



Forum forestier africain

Une plateforme pour les acteurs du secteur forestier africain



Forêts et Adaptation au Changement Climatique

UN RECUEIL DE COURS POUR LA FORMATION TECHNIQUE DANS
LE SECTEUR FORESTIER EN AFRIQUE

10





Forum forestier africain

Une plateforme pour les acteurs du secteur forestier africain

Forêts et Adaptation au Changement Climatique

**UN RECUEIL DE COURS POUR LA FORMATION
TECHNIQUE DANS LE SECTEUR FORESTIER EN AFRIQUE**

Citation correcte : Forum forestier africain 2022. Forêts et adaptation au changement climatique: un recueil de cours pour la formation technique dans le secteur forestier en Afrique

© Forum forestier africain 2022. Tous droits réservés.

Forum forestier africain
United Nations Avenue, Gigiri
B. P, 30677-00100
Nairobi, Kenya

Tél : +254 20 722 4203
Fax : +254 20 722 4001
Site Web : www.afforum.org

ISBN 978-9966-7465-6-6



Photos de couverture : Vergelegen estate, près de Cape Town, Western Cape, Afrique du Sud (Crédit: PhotoSky); Grotte de Tutum avec cascade, sentier Sipi, Mont Elgon, Ouganda, (Crédit: Arjen de Ruiter); Paysage tropical, baobabs et autres types de végétation, Angola (Crédit: Miguel Almeida).

Photo de la couverture arrière : Parc national de l'Akagera, forêt verte, Rwanda (Crédit: Tetyana Dotsenko).

Conception et mise en page : Conrad Mudibo, Ecomedia

Avertissement

Les terminologies utilisées et les données présentées dans cette publication ne sont en aucune manière l'expression d'une opinion quelconque de la part du Forum Forestier Africain sur le statut juridique ou les autorités de quelque pays, territoire ou région que ce soit, ou sur la délimitation de leurs frontières ou les limites de leur système économique ou de leur niveau de développement. Des extraits peuvent être reproduits sans autorisation, à condition que la source soit dûment citée. Les opinions exprimées dans cette publication ne reflètent pas nécessairement celles du Forum Forestier Africain.

Table des Matières

Abréviations et Acronymes	vii
Remerciements	ix
PREFACE	x
Résumé Exécutif	xiv
Chapitre 1. Concepts D'adaptation	05
1.1 Présentation du chapitre.....	05
1.2 Définitions et concepts de l'adaptation au changement climatique	06
1.2.1 Changement climatique et variabilité climatique	06
1.2.2 Changement climatique et variabilité climatique	06
1.2.3 Aléas et risques.....	07
1.2.4 Incertitude	07
1.2.5 La vulnérabilité.....	08
1.2.6 Résilience.....	09
1.2.7 Résolution	10
1.2.8 Adaptation.....	11
1.2.9 Maladaptation	12
Chapitre 2. Aperçu Sur L'impact Du Changement Climatique Et De La Variabilité Du Climat Sur Les Secteurs Du Développement	15
2.1 Introduction	15
2.2 Impacts sectoriels du changement climatique.....	17
2.2.1 Secteur forestier et le changement climatique.....	17
2.2.2 Changement climatique et le secteur agricole.....	18
2.2.3 Changement climatique et le secteur de l'eau.....	19
2.2.4 Changement climatique et le secteur de la santé.....	21
2.2.5 Changement climatique et les infrastructures.....	22
2.2.6 Changement climatique et le secteur des transports et de l'énergie.....	22
2.2.7 Changement climatique et le secteur du tourisme	23
2.3 Vulnérabilité des forêts et des systèmes sociaux au changement climatique.....	26
2.3.1 Évaluation des vulnérabilités	28

2.4	Adaptation aux impacts du changement climatique et de la variabilité du climat	30
2.4.1	Types d'adaptation	30
2.5	Déterminants de l'adaptation	34
2.5.1	Introduction	34
2.5.2	Déterminants socio-économiques de l'adaptation	34
2.6	Caractéristiques du système qui influencent la propension d'un système à s'adapter	37
2.6.1	Introduction	37
2.6.2	Vulnérabilité	37
2.6.3	Résilience	42
2.6.4	Sensibilité au changement climatique et à ses impacts	43
2.6.5	Réactivité	44
2.6.6	Adaptabilité	44
Chapitre 3. Actifs, ressources et capitaux pour l'adaptation		46
3.1	Introduction	46
3.2	Formes de capital	47
3.3	Mécanismes de financement de l'adaptation	49
3.3.1	Financement du secteur privé	50
3.3.2	Financement au niveau national	51
3.3.3	Financement bilatéral	51
3.3.4	Financement multilatéral	52
3.4	Intégration de l'adaptation au changement climatique dans les politiques, plans, programmes et projets de développement	56
3.4.1	Introduction	56
3.4.2	Intégrer l'adaptation au changement climatique dans les processus de développement	56
3.5	Exemples pratiques - Études de cas d'adaptation au changement climatique dans le contexte de la foresterie et d'autres secteurs connexes	61
Chapitre 4. Adaptation au Changement Climatique Basée Sur Les Forêts		63
4.1	Présentation du chapitre	63
4.2	Réponse et résilience ressources forestières et arboricoles au changement climatique	64
4.2.1	Introduction	64
4.2.2	Réponse des ressources forestières et arboricoles au changement climatique	64
4.3	Résilience des ressources forestières et arboricoles au changement climatique	66

4.3.1	Réhabilitation des forêts dégradées	67
4.3.2	Initiatives de restauration des paysages forestiers.....	68
4.3.3.	Mesures d'adaptation dans la gestion des forêts.....	70
4.4	Rôle des forêts et des ressources arboricoles dans l'adaptation des systèmes sociaux au changement climatique	75
4.4.1	Adaptation technologique.....	76
4.4.2	Autres considérations technologiques importantes.....	85
4.5	Adaptation sociale et économique	90
4.5.1	Moyens de subsistance durables et diversifiés basés sur les forêts.....	90
4.5.2	Renforcement des systèmes et réseaux sociaux dans le contexte des ressources forestières et arboricoles.....	92
4.5.3	Genre et adaptations basées sur la forêt	94
4.5.4	Mécanismes et stratégies autochtones de gestion et d'adaptation	96
4.6	Les défis de l'adaptation.....	99
4.6.1	Lacunes et obstacles à l'adaptation	100
4.6.2	Défis politiques	101
4.6.3	Défis techniques et technologiques	101
4.6.4	Défis financiers et économiques	102
4.6.5	Défis sociaux.....	103
4.7	Initiatives d'adaptation en Afrique	105
4.7.1	Contributions déterminées au niveau national	105
4.7.2	Mécanismes des avantages de l'adaptation	106
4.7.3	Initiatives africaines d'adaptation	106
Chapitre 5. Adaptation au Changement Climatique Dans les Secteurs Non Forestiers		110
5.1	Présentation du Chapitre	110
5.2	Secteurs touchés par le changement climatique en dehors de la foresterie	111
5.2.1	Secteur agricole	111
5.2.2	Secteur de l'eau.....	116
5.2.3	Côtes, mer et pêche.....	117
5.2.4	Santé et assainissement.....	119
5.2.5	Environnement bâti et infrastructures.....	121
5.2.6	Secteur des ressources énergétiques.....	122
5.2.7	Secteur des transports	124
5.2.8	Tourisme	126

5.3	Mesures d'adaptation sectorielles.....	128
5.3.1	Adaptation structurelle et physique.....	128
5.3.2	Options technologiques.....	129
5.3.2	Approche de l'adaptation basée sur les écosystèmes	135
5.3.3	Options socio-économiques.....	137
5.4	Gestion des risques de catastrophes.....	142
5.4.1	Buts et objectifs de la gestion des catastrophes.....	142
5.4.2	Types de catastrophes et gestion des catastrophes	143
5.4.3	Cycle de gestion des catastrophes.....	146
5.5	Études de cas sur les stratégies d'adaptation au changement climatique dans le secteur non forestier	148
Chapitre 6. Suivi, Presentation Des Rapports Et Évaluation Des Pratiques D'adaptation.....		150
6.1	Presentation du Chapitre	150
6.2	Concepts et objectif du suivi-évaluation.....	151
6.3	Types de suivi et d'évaluation des pratiques d'adaptation au changement climatique	156
6.3.1	Systèmes de S&E basés sur la communauté.....	156
6.3.2	S&E basé sur les programmes, les projets et les politiques.....	157
6.4	Paramètres de suivi et évaluation	159
6.4.1	Suivi et évaluation de la vulnérabilité	159
6.4.2	S&E de la résilience	159
6.4.3	Suivi et évaluation pour la capacité d'adaptation	160
6.4.4	Indicateurs	160
6.5	Méthodologies de suivi, d'évaluation et de la presentation des rapports	161
6.5.1	Méthodes et cadres pour le S&E	161
6.5.2	Outils de suivi.....	164
6.6	Processus de rédaction de rapports et de feedback.....	167
6.6.1	Utilisation du feedback de S&E (communications nationales, rapports biennaux).....	167
6.6.2	Rapport sur les résultats du suivi et de l'évaluation.....	167
	Références.....	170

Abréviations et Acronymes

AbC	Adaptation Basée sur la Communauté
AbE	Approche Basée sur l'Ecosysteme
ACB	Analyse Coûts et Benefices
ACC	Adaptation au Changement Climatique
ACE	Analyse du rapport coût-efficacité
AFF	Forum Forestier Africain
AMAT	Outil de suivi et d'évaluation de l'adaptation
AVCC	Analyse de la Vulnérabilité Climatique et des Capacités
BAD	Banque Africaine de Developpement
BIRD	Banque internationale pour la reconstruction et le développement
BM	Banque Mondiale
BM	Bilan Mondial
CDN	Contributions Determinees au niveau National
CN	Communication Nationale
CO ₂	Dioxyde de Carbone
CPA	Cadre de Politique d'Adaptation
CPDN	Contributions Prevues Determinees au niveau National
CRiSTAL	Outil d'analyse des risques communautaires pour l'adaptation et les moyens de subsistance
FEM	Fonds pour l'Environnement Mondial
FIC	Fonds d'Investissement pour le Climat
FIC	Fonds International pour le climat
FPMA/FSCC	Fonds pour les Pays les Moins Avancés et Fonds Spécial pour le Changement Climatique
FTP	Fonds pour les Technologies Propres
FVC	Fonds Vert pour le Climat
GAR	Gestion Axée sur les Résultats
GES	Gaz a Effet de Serre
GFDRR	Fonds Global pour la Prévention des Catastrophes et le Relèvement
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GIRE	Gestion Intégrée des Ressources en Eau
GIZ	Organisation allemande pour la coopération internationale
GRC	Gestion des Risques de Catastrophes
ICI	International Climate Initiative
ISP	Initiative du Secteur Prive
MAA	Mécanismes des Avantages de l'Adaptation
MCG	Modèles Climatiques Globaux

OCDE	Organisation de Coopération et de Développement Economique
ODD	Objectifs de Développement Durable
PANAs	Programme d'Action National d'Adaptation
PANs	Plans d'Adaptation Nationaux
PDER	Programme de Développement des Energies Renouvelables
PFNL	Produits Forestiers Non Ligneux
PIF	Programme d'Investissement Forestier
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement
PPP	Partenariat Public-Privé
PPRC	Programme Pilote pour la Résilience au Climat
RB	Rapports Bisannuels
RBA	Rapports Bisannuels d'Avancement
REDD+	Réduction des Emissions dues à la Déforestation et à la Dégradation des forêts
S&E	Suivi-Evaluation
SAP	Système d'Alerte Précoce
SIG	Système d'Information Géographique
TAMD	Tracking Adaptation and Measuring Development
UNFCCC	Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques
VRA	Analyse de Réduction de la Vulnérabilité

Remerciements

Ce recueil a été élaboré dans le cadre d'un processus participatif qui a initialement conduit à l'élaboration de « modules de formation sur l'adaptation au changement climatique, l'atténuation, le commerce du carbone et le paiement pour les autres services environnementaux ». Ces modules ont été développés pour la formation professionnelle et technique, ainsi que pour des cours de courte durée dans les pays d'Afrique subsaharienne. Le recueil contient des notions clés nécessaires pour dérouler de façon efficace la formation envisagée à travers les modules de formation. Nombreuses, sont des personnes et institutions, notamment le gouvernement, la société civile, les universités, les entreprises, le secteur privé et autres parties prenantes, qui ont contribué de diverses façons au processus qui a abouti à l'élaboration du recueil. Nous tenons à les remercier tous collectivement pour leurs contributions inestimables, étant donné qu'il est difficile, dans un texte aussi court, de les mentionner individuellement.

Nous apprécions également le soutien financier du Gouvernement Suisse par l'intermédiaire de l'Agence Suisse pour le Développement et la Coopération (DDC), qui a permis au Forum Forestier Africain (AFF) de mettre en œuvre son projet intitulé « Forêts, Peuples et Changement climatique en Afrique » qui a généré une grande partie des informations qui ont constitué la base de rédaction de ce recueil. L'AFF est également redevable à l'Agence Suédoise de Coopération Internationale pour le Développement (Sida) pour son soutien à un autre projet de l'AFF sur « le Renforcement de la gestion durable des forêts en Afrique » qui a également contribué à la réalisation du recueil. Les questions abordées par les deux projets démontrent l'intérêt des citoyens suisses et suédois pour le secteur forestier Africain et le changement climatique.

Nous remercions également les principaux auteurs, les contributeurs mentionnés dans ce recueil et l'expert pédagogique.

Nous espérons que le recueil contribuera à une manière plus organisée et systématique de dispenser les formations dans le secteur forestier et, à terme, à une meilleure gestion des forêts et arbres hors forêts en Afrique dans le contexte du changement climatique.

PREFACE

Les forêts et les arbres en Afrique soutiennent les secteurs clés des économies de nombreux pays Africains, notamment l'agriculture et l'élevage, l'énergie, la faune et le tourisme, les ressources en eau et les moyens de subsistance. Ils sont essentiels au maintien de la qualité de l'environnement sur le continent, tout en fournissant des biens et services publics internationaux. Les forêts et les arbres fournissent la majeure partie de l'énergie utilisée en Afrique. Les forêts et les arbres sont donc au centre du développement socio-économique et de la protection de l'environnement du continent.

Les forêts et les arbres hors forêts en Afrique sont à bien des égards affectés par le changement climatique, et ils influencent à leur tour le climat. Par conséquent, les forêts et les arbres en Afrique deviennent de plus en plus stratégiques dans la lutte contre le changement climatique. La grande diversité des types de forêts et des conditions en Afrique est à la fois la force et la faiblesse du continent dans l'élaboration de réponses forestières optimales au changement climatique. À cet égard, étant donné le rôle des forêts et des arbres dans le développement socio-économique et la protection de l'environnement, les actions menées pour lutter contre le changement climatique en Afrique doivent simultanément améliorer les moyens de subsistance des populations tributaires des forêts et améliorer la qualité de l'environnement. Il est donc nécessaire que l'Afrique comprenne comment le changement climatique affecte les interrelations entre l'alimentation, l'agriculture, les sources et l'utilisation de l'énergie, les ressources naturelles (y compris les forêts et les formations boisées) et les populations en Afrique tout en intégrant les politiques macro-économiques et les systèmes politiques qui définissent l'environnement opérationnel de ces interrelations. Bien que cela soit extrêmement complexe, la compréhension de la façon dont le changement climatique affecte ces interrelations est primordiale pour influencer le processus, le rythme, l'ampleur et la direction du développement nécessaires au progrès pour améliorer le bien-être des populations et l'environnement dans lequel elles vivent.

Au niveau du secteur forestier, le climat affecte les forêts mais les forêts affectent également le climat. Par exemple, la séquestration du carbone augmente dans les forêts en croissance, un processus qui influence positivement le niveau de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, ce qui, à son tour, peut réduire le réchauffement climatique. En d'autres termes, les forêts, en régulant le cycle du carbone, jouent un rôle vital dans le changement et la variabilité climatiques. Par exemple, le rapport spécial de 2018 du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) sur les impacts d'un réchauffement global de 1,5 °C au-dessus des niveaux préindustriels souligne l'importance du boisement et du reboisement, de la restauration des terres et de la séquestration du carbone dans le sol pour l'élimination du dioxyde de carbone. Plus précisément, dans les perspectives de limitation du réchauffement climatique à 1,5°C, il est projeté avec une confiance moyenne que l'AFAT (Agriculture, Foresterie et autres Utilisations des Terres) pourrait éliminer 0-5, 1-11 et 1-5 GtCO₂ par an respectivement d'ici 2030, 2050 et 2100. Il existe également des co-bénéfices associés aux mesures d'élimination du dioxyde de carbone liées à l'AFAT, tels que l'amélioration de la biodiversité, de la qualité des sols et de la sécurité alimentaire locale. Le climat quant à lui affecte la fonction et la structure des forêts. Il est donc important de bien comprendre la dynamique de cette interaction pour pouvoir développer et mettre en œuvre des stratégies d'atténuation et d'adaptation appropriées pour le secteur forestier.

Entre 2009 et 2011, le Forum Forestier Africain a cherché à comprendre ces relations en rassemblant les informations scientifiques qu'il a pu recueillir sous la forme d'un livre traitant du changement climatique dans le contexte des forêts, des arbres et des ressources fauniques en Afrique. Ce travail, qui a été financé par l'Agence Suédoise de Coopération Internationale pour le Développement (Sida), a révélé des gaps considérables dans la compréhension par l'Afrique du changement climatique dans le secteur forestier, de comment en gérer les défis et les opportunités qu'il présente et la capacité de le faire.

La contrainte la plus flagrante pour l'Afrique à répondre au changement climatique a été identifiée comme le manque de capacité. L'AFF reconnaît que l'établissement et l'opérationnalisation des capacités humaines sont essentiels pour une approche efficace de résolution des diverses questions liées au changement climatique, ainsi que pour améliorer la qualité du transfert des connaissances. Par exemple, les organisations de la société civile, les agents de vulgarisation et les communautés locales sont parties prenantes dans la mise en œuvre des activités d'adaptation et d'atténuation implicites dans de nombreuses stratégies de changement climatique. Par ailleurs, les organisations de la société civile et les agents de vulgarisation sont plus susceptibles de diffuser largement les résultats de recherche pertinents aux communautés locales, qui sont, et seront affectés par les effets néfastes du changement climatique. Il est donc crucial que tous les niveaux de la société soient conscients des mécanismes de réduction de la pauvreté et par leur contribution à la résolution des problèmes environnementaux. La formation et la mise à jour des connaissances des organisations de la société civile, des agents des services de vulgarisation et des communautés locales en est l'une des approches logiques. Le personnel professionnel et technique du secteur forestier et des domaines connexes aurait besoin de connaissances et de compétences dans ces domaines de travail relativement nouveaux.

C'est sur cette base que l'AFF a organisé un atelier sur le renforcement des capacités et le développement des compétences en matière d'adaptation et d'atténuation des changements climatiques basées sur les forêts à Nairobi, au Kenya, en novembre 2012, qui a attiré des participants d'institutions universitaires, de recherche et de la société civile sélectionnées, ainsi que du secteur privé. L'atelier a identifié les besoins de formation sur le changement climatique pour les établissements d'enseignement et de recherche en foresterie aux niveaux professionnel et technique, ainsi bien que les besoins de formation pour les groupes de la société civile et les agents de vulgarisation qui interagissent avec les communautés locales et le secteur privé sur ces questions. Les besoins en formation identifiés lors de l'atelier ont porté sur quatre domaines principaux à savoir : la science du changement climatique, les forêts et l'adaptation au changement climatique, les forêts et l'atténuation du changement climatique, et les marchés et le commerce du carbone. Cela a servi de base aux participants à l'atelier pour développer des modules de formation pour la formation professionnelle et technique, et pour des cours de courte durée pour les agents de vulgarisation et les groupes de la société civile. Le développement des modules de formation a impliqué 115 scientifiques à travers l'Afrique. Les modules de formation fournissent des orientations sur la manière dont la formation pourrait être organisée, mais n'incluaient pas les notions clés et documentation pour une telle formation ; un besoin qui a été présenté à l'AFF par les institutions de formation et les agents concernés.

Entre 2015 et 2018, l'AFF a réuni 50 scientifiques Africains pour élaborer de manière pédagogique les huit recueils à savoir :

1. Science fondamentale du changement climatique : un recueil pour la formation professionnelle dans le secteur forestier Africain 01- <https://afforum.org/publication/basic-science-of-climate-change-a-compendium-for-professional-training-in-african-forestry-01/>
2. Science fondamentale du changement climatique : un recueil pour la formation technique dans le secteur forestier Africain 02-<https://afforum.org/publication/basic-science-of-climate-change-a-compendium-for-technical-training-in-african-forestry-02/>
3. Science fondamentale du changement climatique : un recueil de cours de courte durée dans le secteur forestier Africain 03-<https://afforum.org/publication/basic-science-of-climate-change-a-compendium-for-short-courses-in-african-forestry/>
4. Marchés et commerce du carbone : un recueil pour la formation professionnelle le secteur forestier Africain 04-<https://afforum.org/publication/carbon-markets-and-trade-a-compendium-for-professional-training-in-african-forestry/>

5. Marchés et commerce du carbone : un recueil pour la formation technique dans le secteur forestier Africain 05- <https://afforum.org/publication/carbon-markets-and-trade-a-compendium-for-technical-training-in-african-forestry/>
6. Marchés et commerce du carbone : un recueil de cours de courte durée dans le secteur forestier Africain 06-<https://afforum.org/publication/carbon-markets-and-trade-a-compendium-for-short-courses-in-african-forestry/>
7. Modélisation climatique et élaboration de scénarios : un recueil pour la formation professionnelle dans le secteur forestier Africain 07-<https://afforum.org/publication/climate-modelling-and-scenario-development-a-compendium-for-professional-training-in-african-forestry-07/>
8. Dialogues internationaux, processus et mécanismes sur le changement climatique : recueil pour la formation professionnelle et technique dans le secteur forestier Africain 08- <https://afforum.org/publication/international-dialogues-processes-and-mechanisms-on-climate-change-a-compendium-for-professional-and-technical-training-in-african-forestry-08/>

De 2019 à 2022, l’AFF a mobilisé 75 acteurs du secteur forestier en Afrique pour poursuivre l’élaboration des recueils, notamment en les mettant à jour, en les renforçant et en les contextualisant avec des études de cas, des problèmes nouveaux et émergents en matière de foresterie et de changement climatique afin de produire six nouveaux recueils à savoir :

1. Forêts et adaptation au changement climatique : un recueil pour la formation professionnelle dans le secteur forestier en Afrique
2. Forêts et adaptation au changement climatique : un recueil pour la formation technique dans le secteur forestier en Afrique
3. Forêts et adaptation au changement climatique : un recueil pour la formation de courte durée dans le secteur forestier en Afrique
4. Forêts et atténuation du changement climatique : un recueil pour la formation professionnelle dans le secteur forestier en Afrique
5. Forêts et atténuation du changement climatique : un recueil pour la formation technique dans le secteur forestier en Afrique
6. Forêts et atténuation du changement climatique : un recueil pour la formation de courte durée dans le secteur forestier en Afrique

Ces recueils sont en cours de traduction en français au profit des acteurs forestiers africains francophones.

Une autre contribution notable au cours de la période 2011-2018 a été l’utilisation du module de formation sur « les marchés et le commerce du carbone » dans le renforcement des capacités de 574 formateurs de 16 pays Africains sur l’évaluation rapide du carbone forestier (RaCSA), le développement de Note d’information sur le projet (NIP), du Document descriptif du projet (DDP), l’exposition au commerce et aux marchés du carbone forestier et le financement du carbone, entre autres. Les pays bénéficiaires de la formation sont : Burkina Faso (35), Côte d’Ivoire (31), Éthiopie (35), Guinée Conakry (40), Kenya (54), Libéria (39), Madagascar (42), Niger (34), Nigéria (52), Sierra Leone (35), Soudan (34), Swaziland (30), Tanzanie (29), Togo (33), Zambie (21) et Zimbabwe (30). En outre, le même module a été utilisé pour doter les petites et moyennes entreprises (PME) forestières Africaines de compétences et connaissances sur la façon de développer et s’engager dans le commerce du carbone forestier. À cet égard, 63 formateurs de formateurs ont été formés sur la RaCSA dans les pays Africains suivants : Angola, Bénin, Burkina Faso, Cameroun, Tchad, Côte d’Ivoire, République démocratique du Congo, Éthiopie, Kenya, Gabon, Gambie, Ghana, Guinée Conakry, Lesotho, Libéria, Madagascar, Malawi, Mali, Mauritanie, Mozambique, Niger,

Nigéria, République du Congo, Sénégal, Afrique du Sud, Soudan, Swaziland, Tanzanie, Togo, Ouganda, Zambie et Zimbabwe.

En 2021 et 2022, les recueils de formation validés sur « Forêts et atténuation du changement climatique : recueil de formations de courte durée dans le secteur forestier en Afrique » et sur « Forêts et adaptation au changement climatique : recueil de formations de courte durée dans le secteur forestier en Afrique » ont été utilisés pour former 165 acteurs forestiers dans les domaines de l'administration forestières, du secteur privé, de la société civile et des organisations communautaires de base de 29 pays Africains dont 10 francophones (Algérie, Bénin, Burkina Faso, Tchad, Mali, Mauritanie, Niger, Tunisie, Togo et Sénégal) ; 15 anglophones (Botswana, Égypte, Éthiopie, Kenya, Gambie, Lesotho, Libéria, Malawi, Namibie, Nigéria, Rwanda, Ouganda, Tanzanie, Zambie, Zimbabwe) et 2 d'Afrique lusophone (Angola et Mozambique).

Une évaluation entreprise par l'AFF a confirmé que de nombreux formateurs formés sur la RaCSA font déjà bon usage des connaissances et des compétences acquises de diverses manières, y compris dans le développement de projets de carbone forestier bancables. De plus, de nombreuses parties prenantes ont déjà utilisé les modules de formation et les recueils pour améliorer les programmes de leurs établissements et la manière dont l'éducation et la formation sur le changement climatique sont dispensées.

Ces recueils et ateliers de formation ont été largement financés par l'Agence suisse pour le développement et la coopération (DDC) et avec une contribution de l'Agence suédoise de coopération internationale au développement (Sida).

L'élaboration des recueils est donc un processus évolutif qui a vu le renforcement progressif de la capacité de nombreux scientifiques Africains à développer des modules d'enseignement et de formation pour leurs institutions et le grand public. Cela a suscité l'intérêt au sein de la fraternité forestière Africaine à peaufiner progressivement la capacité à développer de tels textes et éventuellement des livres dans des domaines d'intérêt pour le continent, comme moyen de compléter l'information autrement disponible à partir de diverses sources, avec l'objectif ultime d'améliorer la compréhension de ces questions ainsi que de mieux préparer les générations présentes et futures à y faire face.

Nous encourageons donc une large utilisation de ces recueils, non seulement à des fins éducatives et de formation, mais aussi pour accroître la compréhension des aspects du changement climatique dans le secteur forestier Africain par le grand public.



Macarthy Oyebo

Président du Conseil d'administration du AFF



Godwin Kowero

Secrétaire exécutif du AFF

Résumé Exécutif

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) affirme qu'il existe des preuves sans équivoque que l'atmosphère, l'océan, la cryosphère et la biosphère ont subi des changements rapides et étendus sans précédent au cours des quatre dernières décennies, entraînant des modifications du climat sur la terre. Le changement climatique est un état du climat qui peut être identifié par des changements dans la moyenne et/ou la variabilité de ses propriétés et qui persiste pendant une période prolongée, généralement des décennies ou plus. L'adaptation au changement et à la variabilité climatique qui lui est associée est essentielle à la survie des êtres humains et des écosystèmes forestiers. Ce recueil est basé sur les questions liées à l'adaptation au changement climatique dans les secteurs forestiers et non forestiers. Le document est divisé en six chapitres, commençant par les définitions et concepts de base de l'adaptation et incluant quelques études de cas du continent africain.

Dans le premier chapitre, plusieurs concepts liés au changement climatique et à l'adaptation sont expliqués et discutés en détail. Il s'agit notamment du changement climatique, des événements extrêmes, des aléas et des risques, de la résilience, de la vulnérabilité, de l'adaptation et de la maladaptation. Le chapitre 2 donne un aperçu du changement climatique et de la vulnérabilité climatique dans les secteurs du développement. La relation entre les forêts et les populations, les stratégies d'adaptation basées sur les forêts et les possibilités de financement sont également abordées. Il existe plusieurs types d'adaptation, allant des activités réalisées avant l'événement climatique à celles réalisées après l'événement. Certaines mesures sont à court terme tandis que d'autres sont à long terme. Le chapitre 2 aborde également les déterminants de l'adaptation et les caractéristiques de la capacité d'adaptation d'un système. Le chapitre 3 traite de l'importance et des types d'actifs, de ressources et de capitaux nécessaires pour l'adaptation. Le chapitre 4 traite de la manière dont les ressources forestières et arboricoles réagissent au changement et à la variabilité climatiques, ainsi que des interventions visant à renforcer la résilience des écosystèmes forestiers pour faire face aux impacts du changement et de la variabilité climatique. Ce chapitre souligne également le rôle des forêts dans l'adaptation au changement climatique, les initiatives forestières appropriées qui pourraient aider les forêts et les populations à s'adapter au changement climatique et les interventions d'adaptation au changement climatique basées sur les forêts. Ce chapitre conclut en évaluant les défis de l'adaptation au changement climatique et la manière dont les services des écosystèmes forestiers aident les systèmes sociaux vulnérables à s'adapter. Le chapitre 5 présente aux apprenants les stratégies d'adaptation et les mécanismes connexes en dehors du secteur forestier. Il s'agit notamment du rôle important joué par d'autres secteurs tels que l'agriculture, l'eau, la santé, la pêche et les écosystèmes côtiers, entre autres. Enfin, le chapitre 6 traite des concepts et des méthodes de suivi, de compte rendu et d'évaluation des pratiques d'adaptation dans le secteur forestier, y compris les mesures d'adaptation au changement climatique dans les projets forestiers. Ce chapitre comprend également les méthodes utilisées pour le suivi et l'évaluation des options/projets d'adaptation au changement climatique et à la variabilité climatique non basées sur la forêt.

Présentation du Recueil

Ce recueil vise à fournir une formation technique aux parties prenantes des forêts africaines sur la façon de gérer les forêts de manière à leur permettre de s'adapter au changement climatique. Le changement climatique a de nombreux impacts sur la société et les écosystèmes, notamment l'élévation du niveau des mers, la hausse des températures, la variabilité des précipitations, les sécheresses, les inondations, d'autres événements extrêmes et les intrusions d'eau salée. Ces événements climatiques entraînent l'insécurité alimentaire, l'augmentation des épidémies de parasites et de maladies, la destruction des écosystèmes et des infrastructures, la migration des espèces et la destruction des habitats. Les défis associés au changement et à la variabilité du climat nécessitent des mécanismes d'adaptation appropriés dans les systèmes physiques, écologiques et humains. Ceux-ci comprennent des changements dans les processus sociaux, comportementaux, structurels, physiologiques et environnementaux, les perceptions des risques liés au climat, les pratiques et les fonctions visant à les réduire et à exploiter de nouvelles opportunités. Le changement de comportement est l'un des principaux mécanismes d'adaptation aux vulnérabilités physiques. Les interventions d'adaptation écologique notables comprennent la gestion de la biodiversité et la réduction de la désertification. Parmi les autres mesures d'adaptation humaines/sociales figurent la polyculture, la construction de terrasses, la diversification des cultures, la collecte de l'eau et l'irrigation, les systèmes d'élevage résistant à la sécheresse, l'utilisation de variétés à maturation précoce, les cultures résistant à la sécheresse, la plantation d'arbres, l'ajustement des dates de plantation et les systèmes d'alerte précoce.

Ce recueil aborde spécifiquement les mécanismes d'adaptation forestiers et non forestiers, y compris le rôle des forêts dans l'adaptation au changement climatique, et la manière dont les forêts et les arbres s'adaptent au changement climatique. Il présente aux apprenants le concept d'adaptation au changement climatique, les types d'adaptation, l'évaluation des mécanismes d'adaptation basés sur les forêts, les déterminants de l'adaptation, les options d'adaptation non basées sur les forêts, le suivi et l'évaluation de l'impact (économique, social, biologique) de l'adaptation, ainsi que l'intégration de l'adaptation au changement climatique dans les politiques et plans de développement. Une brève description de chaque chapitre est présentée ci-dessous.

Dans **le premier chapitre**, plusieurs concepts liés au changement climatique et à l'adaptation sont expliqués et discutés en détail. Il s'agit du changement climatique, des événements extrêmes, de l'incertitude, des aléas et des risques, de la résilience, de la vulnérabilité, de l'adaptation et de la maladaptation. La vulnérabilité peut être biophysique (qualité du sol, disponibilité de l'eau, ensoleillement, CO₂, adéquation de la température et dans certains cas, abondance des pollinisateurs) ou sociale (environnement social, politique et économique). La réactivité au changement climatique est un facteur déterminant de la résilience, au même titre que les risques et les ressources, et peut aller au-delà du discours sur le risque, avec trois éléments : l'étendue des gains de connaissances, l'étendue du changement d'attitude et l'étendue de l'action ou de la pratique. Cependant, lorsque les actions d'adaptation entraînent une plus grande vulnérabilité qu'auparavant, directement ou indirectement et/ou en compromettant de manière significative les capacités ou les opportunités d'adaptation actuelles et futures, elles deviennent une maladaptation. En outre, les pays en développement pauvres sont souvent confrontés à un déficit d'adaptation, caractérisé par une incapacité à s'adapter de manière adéquate aux risques climatiques existants.

Dans **le second chapitre** discute de ce que les humains et les écosystèmes exposés aux événements extrêmes sont vulnérables. Le changement climatique et la vulnérabilité climatique dans les secteurs du développement, et de la vulnérabilité des forêts et des systèmes sociaux au changement climatique ont été aussi discutés. La relation entre les forêts et les personnes de même que les stratégies

d'adaptation basées sur les forêts sont mises en évidence. Cependant, la vulnérabilité du système social ou écologique est un complexe de facteurs en interaction et dépend du caractère, de l'ampleur et du rythme du changement et des variations climatiques auxquelles un système est exposé, de sa sensibilité et de sa capacité d'adaptation. Si un système, une communauté ou une société exposée aux aléas peut résister, absorber, s'accommoder, s'adapter, se transformer et se rétablir des effets d'un aléa de manière opportune et efficace, notamment en préservant et en restaurant ses structures de base essentielles, ses rétroactions et ses fonctions grâce à la gestion des risques, on parlera de résilience. L'adaptation peut prendre plusieurs formes, notamment l'adaptation réactive, autonome ou planifiée. L'adaptation peut également être à court ou à long terme. Les principaux déterminants de la capacité d'adaptation sont les niveaux de richesse économique, la technologie, l'information et les compétences, les infrastructures, les institutions et l'équité. L'adaptation aux impacts du changement climatique dépend également du niveau de sensibilisation aux risques climatiques et de la capacité des individus/communautés à s'y adapter. Pour s'adapter, les individus et les communautés sont donc motivés par des facteurs socio-économiques, notamment l'âge, le niveau d'éducation, la taille du ménage, le régime foncier, le fait d'être chef de famille, etc. Parmi les autres facteurs susceptibles d'influencer la capacité d'adaptation figurent les ressources à investir dans l'adaptation, l'accès et la capacité à traiter l'information, la flexibilité d'un système à changer en réponse aux stimuli climatiques, la volonté de changer et de s'adapter, et la capacité des espèces à migrer ou des écosystèmes à s'étendre à de nouvelles zones. La vulnérabilité est un facteur majeur d'adaptation qui est déterminé par la capacité d'adaptation et l'impact potentiel (déterminé par la sensibilité et l'exposition). Les caractéristiques qui influencent la capacité d'adaptation d'un système, telles que la résilience, la susceptibilité, la réactivité et l'adaptabilité, sont également abordées.

Le chapitre 3 aborde comment les systèmes socio-écologiques doivent s'adapter aux événements extrêmes causés par le changement climatique en renforçant leur résilience. Ceci peut être réalisé par l'accumulation d'actifs et de ressources financières. Il existe quatre formes de capital qui peuvent déterminer comment les individus et les communautés peuvent répondre aux impacts du changement climatique, notamment le capital naturel, humain, physique, social et financier. En outre, l'adaptation au changement climatique doit être intégrée dans les politiques, plans, programmes et projets à tous les niveaux. La vulnérabilité des communautés est réduite lorsqu'il y a un engagement et une coordination par divers mécanismes, comme l'octroi de financements, l'intégration de l'adaptation dans les processus de planification du développement et le partage d'informations interdisciplinaires. Le financement de la lutte contre le changement climatique passe normalement par des canaux multilatéraux, dans le cadre (et en dehors) du mécanisme financier de la CCNUCC, et de plus en plus par des canaux bilatéraux, ainsi que par des canaux et des fonds régionaux et nationaux de lutte contre le changement climatique. Les initiatives du secteur privé peuvent également soutenir l'adaptation au changement climatique par le biais de partenariats public-privé.

Le chapitre 4 traite de l'adaptation par le biais des forêts et montre que les forêts et les arbres peuvent répondre de plusieurs manières au changement et à la variabilité climatiques, qui peuvent varier selon le type de forêt et la situation géographique. La température, les précipitations, le dioxyde de carbone sont des facteurs importants pour la croissance et le développement des plantes. Le changement climatique modifie les exigences optimales pour la croissance des plantes, ce qui induit un stress. La diversité génétique contrôle les relations de compétitions interspécifiques qui constituent des déterminants fondamentaux des réponses potentielles des espèces au changement, en conjonction avec les mécanismes de dispersion. Le changement climatique est susceptible d'affecter la dynamique des populations, le moment de la reproduction ou de la migration, et la croissance des composantes des écosystèmes forestiers. Dans un climat changeant, les espèces forestières peuvent soit s'adapter au changement climatique, soit migrer vers des habitats appropriés, soit s'éteindre. Lorsque les conditions climatiques dépassent les seuils physiologiques des espèces, la mortalité peut s'en suivre

à différents niveaux. La résilience des forêts peut également être liée à l'approche du développement durable fondée sur la résilience, dans laquelle les capacités sont renforcées pour faire face à des événements inattendus et les personnes interagissent avec la biosphère (air, eau et terre) comme l'une de ses composantes plutôt que comme des moteurs externes de la dynamique des écosystèmes. Les approches de gestion qui peuvent renforcer la résilience des écosystèmes forestiers comprennent la réhabilitation des forêts dégradées, la restauration des paysages forestiers, la gestion des incendies, la création/expansion et la gestion adaptative des parcs/réserves, les zones protégées, les corridors de biodiversité, les pratiques sylvicoles, la gestion des parasites, la gouvernance forestière, les techniques de pépinière et le contrôle des espèces envahissantes. Les espèces envahissantes menacent la biodiversité en réduisant la diversité des espèces, en provoquant des pertes économiques et en affectant la santé humaine de même que les moyens de subsistance. Les espèces envahissantes peuvent propager des maladies ou libérer des allergènes dans l'air, affectant ainsi la santé humaine. Les actions de gestion forestière doivent être ajustées pour renforcer la résilience des forêts et des arbres aux impacts négatifs du changement climatique en vue de maintenir des paysages résilients. L'adaptation au changement climatique dans les écosystèmes forestiers peut être améliorée en exploitant la diversité génétique inter et intra-cultures pour leur résistance aux stress biotiques et abiotiques résultant de l'évolution des conditions climatiques. Les forêts d'espèces mixtes constituent une option importante pour l'adaptation des forêts à des instabilités futures inconnues, telles que celles liées au changement climatique. Le rôle des ressources forestières et arboricoles est également abordé en donnant quelques exemples d'initiatives d'adaptation technologiques et socio-économiques. Dans ce chapitre, les défis, les lacunes et les obstacles à l'adaptation sont également abordés. Le chapitre se termine avec une description des initiatives d'adaptation sur le continent africain, notamment les contributions déterminées au niveau national (CDN), le mécanisme des avantages de l'adaptation et d'autres initiatives africaines.

Le chapitre 5 traite de l'adaptation non forestière et inclut les secteurs de l'agriculture, de la pêche, de la santé et de l'assainissement, de l'environnement bâti, de l'énergie, du transport, de l'eau et du tourisme. Les initiatives d'adaptation sectorielle sont également mises en évidence. Dans le secteur agricole, les stratégies d'adaptation comprennent la diversification des cultures, l'agroforesterie, la rotation des cultures, le travail minimum du sol, le changement de culture, la collecte des eaux de pluie, l'utilisation de l'irrigation au goutte-à-goutte, etc. Tous les secteurs s'adaptent au changement climatique grâce à des interventions technologiques telles que les systèmes d'alerte précoce, la gestion intégrée des ressources en eau, la conservation des sols et de l'eau, la construction d'établissements dans des zones sûres, l'amélioration de la conception des bâtiments et les approches fondées sur les écosystèmes. Dans d'autres cas, l'adaptation socio-économique se fait par la diversification des moyens de subsistance, l'amélioration de l'accès aux marchés, l'utilisation des connaissances et des pratiques autochtones, les réseaux sociaux et la migration. Aux niveaux national, régional ou international, l'intégration du changement climatique se fait à tous les niveaux. Au niveau national, les pays développent des plans d'adaptation nationaux à mettre en œuvre aux niveaux sectoriels. Les gouvernements coordonnent leurs actions avec celles d'autres agences de développement pour promouvoir l'adaptation à tous les niveaux grâce à des cadres juridiques favorables. Enfin, le chapitre aborde les types et le cycle de gestion des catastrophes et se termine par des études de cas sur l'adaptation non forestière.

Le chapitre 6 aborde les questions de suivi évaluation et de présentation de rapport des pratiques d'adaptation. Le suivi est un processus continu tandis que l'évaluation a lieu à des intervalles définis et utilise les données issues du suivi. Les approches de suivi et d'évaluation (S&E) peuvent être basées sur la communauté ou sur un projet/programme. Le suivi peut porter sur la vulnérabilité, la résilience, la capacité d'adaptation ou autres indicateurs. Les paramètres pris en compte dans les initiatives d'adaptation sont la vulnérabilité, la résilience et la capacité d'adaptation. Plusieurs méthodes sont utilisées pour le suivi et l'évaluation, notamment les indicateurs de performance de l'adaptation du Fonds mondial pour le climat (FMC), le bilan mondial, le suivi et l'évaluation du Fonds pour l'environnement

mondial (FEM) et le cadre d'analyse de la vulnérabilité climatique et des capacités (CAVCC). Les outils de suivi et d'évaluation comprennent l'outil de suivi et d'évaluation de l'adaptation (AMAT) et l'outil de contrôle des risques communautaires pour l'adaptation et les moyens de subsistance (CRISTAL). Les résultats du suivi et de l'évaluation sont rapportés et un feedback est espéré ou obtenu dans le processus.

Résultats d'apprentissage

Doter les apprenants de connaissances et de compétences en matière d'adaptation et leur permettre de concevoir et de mettre en œuvre des stratégies d'adaptation au changement climatique.

Objectifs du recueil

A la fin de ce recueil, les apprenants seront capables de :

- i. Expliquer les concepts et les facteurs de vulnérabilité et de risques liés au changement climatique.
- ii. Décrire les concepts d'adaptation au changement climatique.
- iii. Décrire les différents types d'adaptation au changement climatique.
- iv. Distinguer les mécanismes/stratégies d'adaptation forestière et non forestière.
- v. Expliquer les déterminants de l'adaptation au changement climatique dans le contexte de la foresterie.
- vi. Discuter des politiques et stratégies nationales et internationales d'adaptation au changement climatique.
- vii. Concevoir et évaluer des stratégies d'adaptation au changement climatique basées sur la forêt.
- viii. Décrire les stratégies et initiatives d'adaptation en dehors du secteur forestier et.
- ix. Décrire les approches de suivi et d'évaluation de l'adaptation.

Chapitre 1. Concepts D'adaptation

1.1 Présentation du chapitre

Ce chapitre présente aux apprenants les concepts d'adaptation au changement climatique, la vulnérabilité et les termes associés tels que la résilience et la résistance, les déterminants de l'adaptation, l'adaptation basée sur les forêts, l'évaluation économique de l'adaptation et l'intégration de l'adaptation au changement climatique dans les politiques et plans de développement et le financement de l'adaptation.



Résultats d'apprentissage

A la fin de ce chapitre, l'apprenant devra être capable de :

- i. Définir les termes opérationnels relatifs à l'adaptation au changement climatique.
- ii. Définir l'adaptation au changement climatique.

1.2 Définitions et concepts de l'adaptation au changement climatique

Afin de comprendre les concepts de l'adaptation, il est important de se familiariser avec la signification de certains termes et concepts clés utilisés. Il s'agit notamment du changement climatique et de la variabilité climatique, de la résilience, de l'adaptation, de la vulnérabilité et de la capacité d'adaptation.



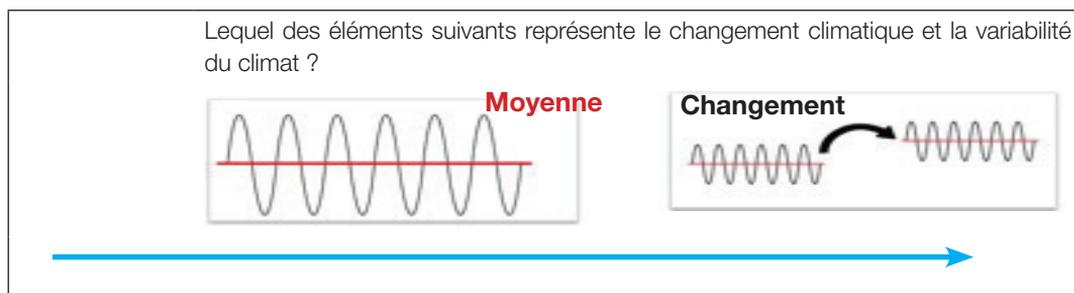
Activité 1.1 Brainstorming (15 Minutes)

Partager un point de vue sur les concepts et les terminologies utilisés pour comprendre l'adaptation au changement climatique.

1.2.1 Changement climatique et variabilité climatique

Le changement climatique désigne un état du climat qui peut être identifié par des changements dans la moyenne et/ou la variabilité de ses propriétés et qui persiste pendant une période prolongée, généralement des décennies ou plus. Le changement climatique peut être dû à des processus internes naturels ou à des forces externes tels que les modulations des cycles solaires, ou à des activités anthropiques persistantes qui affectent la composition de l'atmosphère ou des terres (IPCC 2012). Le changement est présenté comme une caractéristique de l'état moyen.

La variabilité climatique désigne les variations spatiales et temporelles du climat autour d'un état moyen à toutes les échelles spatiales et temporelles au-delà de celle des événements météorologiques individuels. Cette variabilité peut être due à des processus naturels au sein du système climatique (variabilité interne) ou à des stimuli externes naturels ou humains (variabilité externe) (IPCC 2012).



1.2.2 Changement climatique et variabilité climatique

Selon McCarthy et al. (2001) et Sillmann et al. (2021), les événements climatiques extrêmes ou les événements météorologiques extrêmes sont des événements qui sont inhabituels à un endroit et à une période donnée de l'année. Les caractéristiques des phénomènes météorologiques extrêmes peuvent varier d'un endroit à l'autre dans l'absolu. Lorsqu'un schéma de conditions météorologiques extrêmes persiste pendant un certain temps, par exemple une saison, il peut être classé comme extrême, en particulier s'il donne une moyenne ou un total qui est lui-même extrême (par exemple, une sécheresse ou de fortes précipitations sur une saison) (IPCC 2014). Les preuves de l'évolution des phénomènes extrêmes, tels que les vagues de chaleur, les fortes précipitations, les sécheresses et les cyclones tropicaux et en particulier, leur attribution à l'influence humaine sont accablantes et ces extrêmes climatiques ont été observées dans toutes les régions du globe (IPCC 2021).

Les événements extrêmes, tels que les vagues de chaleur et les cyclones, sont souvent intégrés dans des initiatives sectorielles plus larges telles que la planification des ressources en eau, les défenses

côtières et la planification de la gestion des catastrophes afin de faciliter l'adaptation au changement climatique (Noble et al. 2014).

1.2.3 Aléas et risques

Un aléa est l'occurrence potentielle d'un événement ou d'une tendance naturelle (événement ou phénomène physique) ou d'origine humaine ou d'un impact physique qui peut causer des pertes de vie, des blessures ou d'autres impacts sur la santé, ainsi que des dommages et des pertes de biens, d'infrastructures, de moyens de subsistance, de prestations de services, d'écosystèmes et de ressources environnementales (UNISDR 2009). En d'autres termes, un aléa est la perturbation de l'équilibre du système de l'événement naturel (Burton et al. 1993). Dans ce recueil, en plus de la définition donnée ci-dessus, le terme aléa fait référence aux événements ou tendances physiques liés au climat ou à leurs impacts physiques tels qu'utilisés par IPCC (2014). Un aléa climatique est un processus ou un événement physique (phénomènes, variables hydrométéorologiques ou océanographiques) qui peut nuire à la santé humaine, aux moyens de subsistance ou aux ressources naturelles, tandis qu'un aléa géophysique fait référence aux processus et événements naturels terrestres susceptibles de nuire à la santé humaine, aux moyens de subsistance, aux systèmes ou aux ressources naturelles (IPCC 2014, Glantz et Pierce 2021).

Le risque est une situation impliquant une exposition à un aléa. Il fait référence aux conséquences potentielles lorsque quelque chose de valeur humaine (y compris les humains eux-mêmes) est en jeu et que l'issue est incertaine (IPCC 2014). Les risques liés au climat sont créés par une série d'aléas. Certains aléas, tels que les changements de température et de précipitations entraînant des sécheresses ou des pertes agricoles, se manifestent lentement, tandis que d'autres, comme les tempêtes tropicales et les inondations, sont des événements plus soudains (CCNUCC 2020). Le risque émergent fait référence à un risque résultant de l'interaction de phénomènes dans un système complexe, par exemple le risque causé par des déplacements géographiques de la population humaine en réponse au changement climatique entraîne une vulnérabilité et une exposition accrues des populations au risque dans la région réceptrice (IPCC 2014), comme les sécheresses dans la région du Sahel en Afrique.

1.2.4 Incertitude

L'incertitude est une condition caractérisée par l'indétermination et fait référence à ce que l'on ne peut savoir avec certitude en termes de résultats, d'effets ou d'impacts d'un événement particulier dont les probabilités ne peuvent pas être calculées (Walker et al. 2003). Il s'agit d'une condition dans laquelle les connaissances sont limitées, ce qui rend impossible l'explication précise d'une situation existante ou de résultats futurs.

Les incertitudes concernent les situations dans lesquelles il est impossible de décrire exactement l'état des résultats futurs. Dans l'adaptation au changement climatique, les incertitudes proviennent de différentes sources, par exemple les émissions futures, la variabilité naturelle du climat, la modélisation, les réponses socio-économiques, comportementales et technologiques et la dynamique écologique. L'incertitude peut résulter de multiples causes et situations : par exemple, le manque ou l'absence d'informations ou l'abondance d'informations contradictoires, les erreurs de mesure, l'ambiguïté linguistique ou la subjectivité des opinions (econadapt-toolbox.eu).

Elle est utilisée pour prédire des événements futurs, pour vérifier des mesures déjà effectuées ou pour déterminer l'inconnu. Les exemples incluent les incertitudes croissantes autour des températures extrêmes, des modèles de précipitations spatiales et temporelles ainsi que des sécheresses, des cyclones

et des inondations (Mehta et al. 2019). IPCC (2007, 2014) a montré que les projections climatiques sont construites sur une accumulation d'incertitudes quant aux valeurs exactes des principaux paramètres physiques et celles-ci limitent leur précision à certaines fins, notamment la modélisation et la prédiction des réponses d'adaptation. Une série sophistiquée de modèles informatisés a été développée pour aider à comprendre les impacts du changement climatique sur les humains. Il s'agit notamment des modèles climatiques globaux (MCG) qui projettent le climat à une résolution grossière, généralement 2,5° de latitude x 2,5° de longitude (77 000 km² ou plus) et des modèles climatiques régionaux (MCR) ou des méthodes de réduction d'échelle statistique qui zooment sur des zones plus petites (à des résolutions aussi fines que 20 x 20 km), en utilisant les MCG comme données d'entrée. Les modèles sont utilisés pour guider la planification et l'analyse pratiques des projets et des programmes.

La modélisation du climat futur sur la base de la température et des précipitations est confrontée à des problèmes liés à de nombreuses causes d'incertitude, par exemple des erreurs de mesure, une connaissance insuffisante du système climatique et/ou la subjectivité de l'opinion des analystes (ECONADAPT-toolbox.eu).

Il est important de noter que l'excès d'informations ou des informations contradictoires peuvent également conduire à l'incertitude. Trois types d'incertitudes sont généralement considérés (Tröltzsch et al. 2016, Kangas et al. 2018) :

L'incertitude épistémique : lorsque les informations ou les connaissances sont insuffisantes pour caractériser les phénomènes.

Incertain normative : Lorsqu'il n'y a pas d'accord préalable sur le cadrage des problèmes et les moyens de les étudier scientifiquement.

Incertain translationnelle : lorsque les résultats scientifiques sont contradictoires ou incomplets.

Cependant, IPCC (2007) classe les incertitudes en "incertitudes de valeur" et "incertitudes structurelles". Les incertitudes de valeur résultent de la détermination incomplète de valeurs ou de résultats particuliers et sont généralement estimées à l'aide de techniques statistiques et exprimées de manière probabiliste. Les incertitudes structurelles résultent d'une compréhension incomplète des processus qui contrôlent des valeurs ou des résultats particuliers, généralement décrits par un jugement collectif de la confiance des auteurs dans l'exactitude d'un résultat. Dans les deux cas, l'estimation des incertitudes consiste intrinsèquement à décrire les limites de la connaissance et, pour cette raison, implique un jugement d'expert sur l'état de cette connaissance. Les systèmes qui sont de nature chaotique ou qui ne sont pas entièrement déterministes présentent un autre type d'incertitude découlant des capacités limitées à prévoir tous les aspects du changement climatique.

1.2.5 La vulnérabilité

En termes de changement climatique, la vulnérabilité désigne le degré auquel un système est susceptible et incapable de faire face aux effets néfastes du changement climatique, y compris la variabilité du climat et les événements extrêmes. Elle peut également être fonction du caractère, de l'ampleur et du rythme des changements et variations climatiques auxquels un système est exposé, de sa sensibilité et de sa capacité d'adaptation (IPCC 2007a). L'impact du changement climatique est déterminé par les signaux climatiques, auxquels un système est exposé et par sa sensibilité. Les impacts potentiels se réaliseraient si le système n'avait aucun potentiel d'ajustement ou si aucune mesure d'adaptation n'était prise (Fritzsche et al. 2014, Abiodun et al. 2017). L'impact potentiel est donc déterminé par l'exposition et la sensibilité d'un système. La vulnérabilité globale d'un système peut être modérée par la capacité d'adaptation. L'évaluation des impacts potentiels du changement climatique implique l'évaluation de l'ampleur des effets potentiels du changement climatique, strictement dépendante de l'exposition et de la sensibilité (Fellmann 2012).

La vulnérabilité peut être définie comme une vulnérabilité physique ou biophysique (le degré et la sensibilité aux dommages résultant d'incidents ou de catastrophes particulières liées au climat) ou une vulnérabilité sociale (l'incapacité des individus, des organisations et des sociétés à résister aux effets néfastes de facteurs de stress multiples, en raison notamment des caractéristiques inhérentes aux interactions et aux institutions sociales) (Adger et al. 2004, Thomas et al. 2019). La vulnérabilité biophysique est basée sur la nature, la fréquence et l'ampleur de l'événement naturel extrême lui-même et ses impacts sur les ressources d'une société. Elle peut également être considérée comme l'exposition des systèmes humains aux événements naturels extrêmes et, par conséquent, aux aléas (Burton et al. 1993, Kling et al 2020). Les ressources biophysiques comprennent la qualité du sol, la disponibilité de l'eau, la lumière du soleil, le CO₂, l'adéquation de la température et l'abondance des pollinisateurs (Myers et al. 2017). La vulnérabilité sociale est le produit de l'environnement social, politique et économique qui se manifeste par la façon dont il structure la vie de différents groupes de personnes (Blaikie et al. 1994, Otto et al 2017). La vulnérabilité exprime donc l'interaction complexe de différents facteurs qui déterminent la sensibilité d'un système aux impacts du changement climatique (Fritzsche et al. 2014).

Interface entre la vulnérabilité biophysique et la vulnérabilité sociale

La disponibilité des ressources naturelles a toujours été importante pour le bien-être des systèmes humains, car les sociétés tirent la plupart des ressources importantes (y compris la nourriture et l'eau) des écosystèmes forestiers (bois de construction et de chauffage, aliments sauvages, fibres pour les vêtements, plantes médicinales pour les soins de santé et à des fins religieuses, ainsi que des matériaux pour les activités génératrices de revenus). Le changement climatique et les activités anthropiques peuvent entraîner la perte de ces ressources naturelles, ce qui se traduit par un niveau accru de vulnérabilité biophysique (Macchi et al. 2008).

La vulnérabilité des pays et des sociétés aux effets du changement climatique dépend non seulement de l'ampleur du stress climatique, mais aussi de la sensibilité et de la capacité des sociétés touchées à s'adapter ou à faire face à ce stress (OCDE 2009). La vulnérabilité d'une communauté au changement climatique est toutefois déterminée par des facteurs liés aux questions culturelles, à la pauvreté, à l'état de santé, aux questions politiques et institutionnelles, aux conditions et processus environnementaux, y compris la sécurité alimentaire et nutritionnelle (IPCC 2007b, Lavell et al 2012). Ainsi, les systèmes socio-économiques jouent un rôle dans l'amplification ou la modération des impacts du changement climatique (GIEC 2007b). Les facteurs de vulnérabilité comprennent le statut d'un pays (par exemple, le fait d'être un petit État insulaire en développement ou un pays moins avancé (PMA)), le manque de terres, l'isolement, la situation à haut risque, la croissance démographique, la dégradation de la nature et des terres, la pauvreté, les pénuries alimentaires, les mauvaises infrastructures, la concentration des activités ou des populations dans les zones à haut risque, les faibles capacités, la dépendance à l'égard des ressources naturelles (par exemple, les précipitations) ou des secteurs économiques (par exemple, les combustibles fossiles) ou de processus (par exemple, le dessalement de l'eau), et un secteur sanitaire médiocre (CCNUCC 2019).

1.2.6 Résilience

Dans ce recueil, la résilience est définie comme la capacité d'un système à se remettre d'une perturbation. Le bureau de l'ONU pour la réduction des risques de catastrophes (RRC) (2009) a défini la résilience comme "la capacité d'un système, d'une communauté ou d'une société exposée à des aléas à résister, absorber, accommoder, s'adapter, transformer et se remettre des effets d'un aléa de manière opportune et efficace, y compris par la préservation et la restauration de ses structures et fonctions de base essentielles par la gestion des risques". IPCC (2001) a également défini la résilience comme "la capacité

d'un système social ou écologique à absorber les perturbations tout en conservant la même structure de base, les mêmes modes de fonctionnement et la capacité de s'adapter au stress et au changement".

L'échelle est l'étendue et/ou la résolution d'un processus ou d'une analyse, ou le niveau d'organisation d'un phénomène ou d'un processus, par exemple le champ, la ferme, la région ou le pays (ODI 2016). Elle peut également être utilisée comme une dimension analytique d'un système, par exemple les échelles spatiale, temporelle, juridictionnelle (Mock et al. 2015).

Dans un système vulnérable, la résilience diminue à mesure que la vulnérabilité augmente face à des perturbations majeures telles que celles liées au changement climatique. En outre, la résilience d'un individu au sein d'une communauté ou d'un écosystème est influencée par la résilience de la communauté au sens large, qui, à son tour, est influencée par les gouvernements nationaux, les qualités de résilience se manifestant différemment à chaque niveau (ODI 2016). Les processus de résilience, de vulnérabilité et de bien-être doivent donc être analysés dans une "perspective multi-niveaux et multi-échelles" afin d'identifier les boucles de rétroaction et les interactions complexes entre les composantes d'un système (Mock et al. 2015).

Une approche du développement durable fondée sur la résilience met l'accent sur le renforcement des capacités à faire face aux événements inattendus. Cette approche considère que les personnes interagissent avec la biosphère (sphère de l'air, de l'eau et de la terre) comme l'une de ses composantes plutôt que comme des moteurs externes de la dynamique des écosystèmes. Lorsque les gens utilisent divers services écosystémiques tels que la nourriture, l'eau, les valeurs spirituelles ou culturelles, ils démontrent leur dépendance et leur interaction avec la biosphère. Une approche fondée sur la résilience tente d'explorer les meilleures options de gestion pour ces systèmes interdépendants entre l'homme et la nature (systèmes socio-écologiques) afin de garantir une fourniture durable et résiliente des services écosystémiques nécessaires à l'existence humaine (Simonsen et al. 2015).

Pour plus d'information:

Biggs R, Schlüter M, Schoon Ml. (eds). Principles for Building Resilience; Sustaining Ecosystem Services in Social-Ecological Systems. Stockholm Resilience Centre. Cambridge University Press. 978-1-107-08265-6.

Burch SL, Harris SE. 2014. Understanding Climate Change: Science, Policy, and Practice. University of Toronto Press, Scholarly Publishing Division. Chapters 9 and 10.

1.2.7 Résolution

Il s'agit de la réaction à court terme à la variabilité (Mertz et al. 2009, Rabaiotti et Woodroffe 2019). L'acclimatation est une forme d'adaptation qui se produit tout d'un coup par des déterminations autodirigées (FAO 2008).

Il existe plusieurs mesures d'adaptation possibles. Pour les systèmes humains, le processus implique l'engagement et la consultation approfondie de multiples parties prenantes à différents niveaux et dans de multiples secteurs et appelle à l'analyse des menaces actuelles de stress et de chocs climatiques, et à leur modélisation pour prévoir les impacts climatiques futurs (CARE International 2009). Le processus nécessite une compréhension des vulnérabilités existantes des individus, des ménages et des communautés. Certaines des mesures d'adaptation peuvent être préventives, tandis que d'autres répondent à des changements qui se sont déjà produits. Certaines actions adaptatives peuvent être initiées par l'État, d'autres par des groupes privés ou des individus affectés. Certaines activités se déroulent de manière indépendante, tandis que d'autres sont planifiées.

Les stratégies d'adaptation au changement climatique comprennent des activités telles que l'adoption de mesures respectueuses de l'environnement, l'adoption d'une attitude de résolution de problèmes, la restructuration ou le recadrage cognitif, la recherche d'un soutien social, l'attention accrue portée au problème, la résolution expressive. Parmi les autres exemples de mesures de résolution des problèmes, citons la plantation d'arbres et de cultures qui tolèrent les températures élevées ou la sécheresse, la diversification des cultures, la collecte des eaux de pluie (Kihila 2018), le développement des systèmes de communication pour améliorer la gestion des risques, etc. (CCNUCC 2010). La protection des terres forestières, des prairies et des zones humides nécessite des mécanismes de gouvernance pour protéger les zones ayant d'importants stocks de carbone, où les communautés obtiennent des PFNL. En outre, la protection des forêts facilite la conservation des sols et de l'eau et peut améliorer la production agricole. Ceci se traduit par une meilleure résilience au changement et à la variabilité climatiques, renforçant ainsi les mécanismes de résolution des effets négatifs du changement climatique (Jhariya et al. 2019, López-Vicente et Wu 2019).

1.2.8 Adaptation

L'adaptation se produit dans les systèmes naturels et humains. Dans les systèmes humains, il s'agit du processus d'ajustement au climat réel ou prévu et à ses effets, afin de modérer les dommages ou d'exploiter les opportunités bénéfiques. Dans les systèmes naturels, il s'agit du processus d'ajustement au climat réel et à ses effets. L'intervention humaine peut permettre l'ajustement au climat attendu (IPCC 2012) et les sociétés se rendent plus aptes à faire face à un avenir incertain (CCNUCC 2007). L'adaptation se base sur les phénomènes météorologiques extrêmes et lorsque ces phénomènes s'accumulent sur une longue période, ils peuvent, dans certaines circonstances, être qualifiés de phénomènes climatiques extrêmes. Notamment, un événement météorologique qualifié d'extrême dans une région peut être tout à fait normal dans une autre (IPCC 2012).

L'adaptation aux changements climatiques désigne les ajustements des systèmes écologiques, sociaux et économiques en réponse aux effets des changements climatiques (Spittlehouse et Stewart 2003).

L'adaptation au changement climatique couvre toutes les mesures qui permettent de préparer les systèmes naturels et artificiels à survivre aux impacts du changement climatique avec le moins de dommages possibles ou qui sont capables de tirer profit des opportunités potentielles présentées par le changement climatique (IPCC 2001). Il existe un large éventail de mesures d'adaptation possibles.

Le processus d'adaptation des systèmes humains nécessite un engagement important des parties prenantes à plusieurs niveaux et dans plusieurs secteurs, ainsi que l'évaluation de l'exposition actuelle aux chocs et aux contraintes climatiques ; et l'évaluation par modélisation des impacts climatiques futurs (CARE International 2009). L'adaptation exige une compréhension de la vulnérabilité existante des individus, des ménages et des communautés. Certaines mesures d'adaptation sont préventives tandis que d'autres réagissent à des changements qui ont déjà eu lieu. Certaines sont initiées par l'État, d'autres par des organisations privées ou des personnes concernées. Certaines se produisent de manière autonome, d'autres sont planifiées. Citons par exemple l'utilisation de plantes supportant mieux les températures chaudes dans l'agriculture et la sylviculture (par exemple les parcs agroforestiers sahéliens) (Hänke et al. 2016), le développement de systèmes de communication pour améliorer la gestion des risques, etc. Ainsi, s'adapter permet de maintenir ou de renforcer la résilience face aux perturbations actuelles, d'une part, et d'être capable de planifier sur le long terme, d'autre part (Cardona et al. 2012, Zamasiya et al. 2017). Un plan d'adaptation doit évaluer chaque action envisagée en fonction de son potentiel de maladaptation.

1.2.9 Maladaptation

Il s'agit d'un processus au terme duquel la vulnérabilité à la variabilité et au changement climatiques devient plus importante qu'initialement, directement ou indirectement, et/ou compromet considérablement les capacités ou les possibilités d'adaptation actuelles et futures. De nombreuses initiatives qualifiées d'adaptation au changement climatique se sont révélées être une maladaptation, tant dans les pays en développement que dans les pays développés, en raison d'un manque d'ajustement adéquat ou approprié à l'environnement ou aux situations (Magnan 2014). Les cadres permettant d'éviter la maladaptation ont été examinés par Magnan (2014). Voici des exemples de maladaptation tels que décrits par Magnan (2014, 2016) et Chi et al. (2021) :

- » l'adoption des actions qui ignorent les relations locales, les traditions, les connaissances traditionnelles ou les droits de propriété, ce qui conduit à un échec éventuel.
- » des actions d'adaptation ignorant les impacts plus larges.
- » l'adaptation pour un secteur ne tenant pas compte des effets négatifs dans d'autres secteurs ou des valeurs d'autres personnes.
- » des actions d'adaptation bénéfiques à court terme mais qui échouent à long terme, entraînant un risque qui va de pair avec diverses activités à faible risque.
- » négligence des facteurs directs et/ou indirects de vulnérabilité.
- » réduction des incitations à l'adaptation et maintien des réponses traditionnelles qui ne sont plus appropriées.

IPCC (2007) a souligné que les pays les plus pauvres sont souvent confrontés à **un déficit d'adaptation**, caractérisé par une incapacité à s'adapter de manière adéquate aux risques climatiques existants. Pour que les politiques d'adaptation soient efficaces, il est nécessaire d'éviter les déficits d'adaptation. À mesure que le changement climatique s'accélère, le déficit d'adaptation risque d'augmenter considérablement si un programme d'adaptation minutieux n'est pas mis en œuvre.



Activité 1.2 Question sur le texte (5 minutes)

Une adaptation produisant de bons résultats à court terme mais échouant à long terme entraîne un risque qui peut accompagner de nombreuses actions à faibles regrets et constitue une forme de maladaptation. L'affirmation est-elle vraie ou fausse ? Utiliser des exemples pour expliquer la réponse.

Résumé

Dans cette section, les terminologies de base liées à l'adaptation au changement climatique et les termes connexes ont été exposés. Le changement climatique a été défini comme un état du climat qui peut être identifié par des changements dans la moyenne et/ou la variabilité de ses propriétés et qui persiste pendant une période prolongée, généralement des décennies ou plus, tandis que la variabilité climatique montre les variations spatiales et temporelles du climat autour d'un état moyen à toutes les échelles spatiales et temporelles au-delà de celle des événements météorologiques individuels. La vulnérabilité est la probabilité qu'un système ou d'autres éléments, par exemple des individus, des espèces, des écosystèmes, etc. puissent subir des dommages. La vulnérabilité est explicitement l'exposition aux aléas et la sensibilité probable du système exposé à un aléa, à subir des dommages. Un élément qui a le potentiel de causer des dommages est un aléa. L'exposition potentielle à un aléa est appelée risque. Parmi les autres termes abordés figurent les événements extrêmes, l'incertitude, la résilience, la résolution, l'adaptation et la maladaptation. La vulnérabilité peut être biophysique (qualité du sol, disponibilité de l'eau, ensoleillement, CO₂, température, biodiversité) ou sociale (environnement social, politique et économique). Le processus d'ajustement des systèmes écologiques, sociaux et économiques en réponse aux effets des changements climatiques est appelé adaptation au changement climatique. L'évaluation de la vulnérabilité au changement climatique se base sur les espèces, les habitats ou les systèmes d'intérêt et permet d'identifier les plus grands risques liés au changement climatique. Les évaluations peuvent être basées sur les impacts ou sur la vulnérabilité. Un système, une communauté ou une société exposée aux risques est résilient s'il est capable de résister, d'absorber, de s'accommoder, de s'adapter, de se transformer et de se remettre des effets de manière opportune et efficace, notamment par la préservation et la restauration de ses structures et fonctions de base essentielles. Les forêts sont soumises à une variété de perturbations qui sont également fortement influencées par le changement climatique et sont affectées par des changements dans la dynamique des perturbations. Cependant, lorsque les actions d'adaptation entraînent une plus grande vulnérabilité que précédemment, directement ou indirectement et/ou en compromettant considérablement les capacités ou les possibilités d'adaptation actuelles et futures, elles deviennent une maladaptation. En outre, les pays en développement pauvres sont souvent confrontés à un déficit d'adaptation, caractérisé par une incapacité à s'adapter aux risques climatiques existants. En conclusion, la maladaptation se produit lorsque les effets des activités visant à réduire la vulnérabilité à la variabilité et au changement climatiques entraînent des situations pires qu'auparavant, directement ou indirectement et/ou de manière significative, tout en compromettant les capacités ou les possibilités d'adaptation actuelles et futures.

Documentation pour des lectures supplémentaires

IPCC 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis.

Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

African Forest Forum 2019. Basic Science of Climate Change: A Compendium for Short Courses in African Forestry 03. Available at: <https://afforum.org/publication/basic-science-of-climate-change-a-compendium-for-short-courses-in-african-forestry/>

IPCC, 2012. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation.

A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change In: Field CB, Barros V, Stocker TF, Qin D, Dokken DJ, Ebi KL, Mastrandrea MD, Mach JK, Plattner G-K, Allen SK, Tignor M, Midgley PM (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582 pp. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/SREX_Full_Report-1.pdf

Chapitre 2. Aperçu Sur L'impact Du Changement Climatique Et De La Variabilité Du Climat Sur Les Secteurs Du Développement

2.1 Introduction

Les impacts du climat se manifestent sous diverses formes, parmi lesquelles les sécheresses et les inondations qui entraînent l'insécurité alimentaire, la perte des fonctions de l'écosystème et la perte d'éléments biotiques qui risquent de s'aggraver avec le changement climatique. L'Afrique dépend en grande partie des secteurs primaires tels que l'agriculture et la pêche pour l'alimentation, les fibres et les revenus, ce qui rend sa vulnérabilité au changement climatique évidente dans ces secteurs sensibles au climat, car ils sont affectés par l'élévation du niveau de la mer, l'augmentation des températures, les inondations et les précipitations de plus en plus variables (CDKN 2014). Selon AMCEN/UNEP (2002), les précipitations en Afrique pourraient diminuer de 5% en 2050 et peuvent devenir plus variables d'une année à une autre, couplées à d'autres variables climatiques telles que la température le rayonnement et l'humidité. Ceci aura à son tour une incidence directe sur la productivité de l'agriculture, de la pêche et des écosystèmes forestiers, car la croissance végétative, la production animale et leur développement dépendent de conditions climatiques optimales. Il est donc espéré que l'augmentation des températures entraîne une augmentation de l'évapotranspiration potentielle, une diminution du ruissellement et une réduction de l'eau du sol.

D'autre part, les inondations peuvent entraîner l'intrusion d'eau salée et une contamination accrue de l'eau potable, contribuant à une série de problèmes de santé, notamment des maladies d'origine hydrique, comme la diarrhée, les vers intestinaux et le trachome (Muoghalu 2014, Bello et al 2017, Liang et Gong 2017). Le réchauffement climatique entraînera également une élévation du niveau des mers en raison de l'expansion thermique des océans, causée par la hausse des températures océaniques (Conway 2009, Ray et Shaw 2018), ce qui aura un impact sur les activités de pêche, d'aquaculture et d'agriculture côtière. Selon IPCC (2007), le changement climatique peut entraîner une perte de biodiversité dans les forêts tropicales et plusieurs autres écosystèmes, avec une moyenne de 15 à 37% d'espèces susceptibles de disparaître d'ici 2050. Il en résulte une modification de la composition de la végétation, des schémas de floraison et de la répartition des paysages végétaux, ce qui a un impact sur la biodiversité et la productivité alimentaire en raison de ses effets sur les pollinisateurs. La hausse des températures augmente la probabilité, l'intensité, la taille et la fréquence des incendies de forêt, ce qui a un impact sur la biodiversité (Brown et al. 2004, Sultan et al. 2019). Dans le secteur agricole, les modifications du régime des pluies, de la température, du CO₂, des mauvaises herbes, des insectes nuisibles et des maladies animales et végétales associées au réchauffement climatique affectent la quantité et la qualité des aliments produits (Pimentel 1993, Muoghalu 2014, Sylla et al. 2018).

Plusieurs secteurs du développement social et économique sont affectés par le changement climatique et certains d'entre eux ont développé des stratégies de résolution et d'adaptation pour assurer leur survie. Les sections suivantes expliquent comment les secteurs de développement sont affectés par un climat changeant et présentent les mécanismes de résolution ou de gestion associés. Les secteurs concernés sont la foresterie, l'agriculture (cultures et élevage), l'eau, la pêche, les transports, l'énergie, la

santé et l'assainissement, les assurances et les industries du tourisme et des loisirs.



Résultats d'apprentissage

A la fin de ce chapitre, l'apprenant devrait être capable de :

- i. Décrire les facteurs de vulnérabilité et les indicateurs permettant d'évaluer la dynamique des principaux secteurs de développement affectés par le changement climatique.
- ii. Expliquer le concept d'adaptation au changement climatique dans le contexte des forêts et des populations
- iii. Analyser de manière critique les déterminants de l'adaptation au changement climatique.
- iv. Décrire les concepts qui sous-tendent les caractéristiques des systèmes pour s'adapter au changement et à la variabilité climatiques.
- v. Expliquer les composantes de la vulnérabilité.
- vi. Expliquer les facteurs affectant la capacité d'adaptation.



Activité 2.1 Brainstorming (15 Minutes)

Quels sont les facteurs qui déterminent la gravité des impacts du changement climatique sur les individus et les communautés ?

2.2 Impacts sectoriels du changement climatique

2.2.1 Secteur forestier et le changement climatique

Les forêts sont importantes pour les communautés en tant que sources de bois de chauffage, de bois d'œuvre, de ressources médicinales traditionnelles, d'aliments de base et d'urgence en cas de sécheresse, entre autres avantages. Une grande partie de la population africaine vit dans des zones rurales et dépend des forêts pour ses moyens de subsistance (Bélisle 2021, Bottoman 2020). En outre, les forêts, les arbres et les arbustes fournissent des services écosystémiques tels que le stockage de l'eau et la transpiration de l'eau nécessaire aux précipitations, le maintien de la fertilité des sols, la séquestration du carbone et la fourniture d'habitats pour un large éventail d'espèces végétales et animales (Muoghalu 2014, Sannat et al. 2020).

Le secteur forestier est affecté positivement et négativement par le changement climatique en fonction de l'emplacement et des espèces concernées (Singh et al 2020, Kareem et al 2020). Certaines espèces disparaîtront tandis que d'autres vont dominer de nouvelles zones. Dans la plupart des cas, le changement climatique restera un stress supplémentaire pour les habitats, les écosystèmes et les espèces qui sont déjà menacés, notamment en Afrique. Il est probable que cela entraîne la migration des espèces et la réduction des habitats (IPCC 2014). La réduction des habitats et d'autres pressions d'origine humaine exposent jusqu'à 50 % de la biodiversité totale de l'Afrique à des risques (Boko et al. 2007, Buxton 2020, Krumm et al. 2020). La surexploitation des ressources terrestres, notamment les forêts, les sols, la désertification et la dégradation des terres, accroissent les menaces pesant sur la biodiversité (PNUD 2006). En outre, les attaques des forêts par des parasites et des agents pathogènes déclenchées par l'augmentation des températures, l'augmentation de la fréquence des sécheresses, les changements dans les précipitations et l'augmentation des concentrations de CO₂ affectent la productivité. Ces changements façonnent les forêts du monde et le secteur forestier en augmentant les niveaux d'herbivorie des insectes (Curran et al. 2008, Gossner et al. 2021). Il peut y avoir des impacts positifs du changement climatique tels que la sélection naturelle, la succession, l'éclaircissement naturel et les trouées dans la canopée.

Le changement climatique affecte les événements annuels du cycle de vie tels que la migration, la pollinisation, la dispersion, la floraison et la reproduction. La plupart de ces événements sont déclenchés par la température et d'autres changements environnementaux. Par exemple, un changement de température peut induire un événement physiologique, qui peut ne pas être synchronisé avec d'autres activités dans l'écosystème (IPCC 2014), par exemple la floraison et la présence de pollinisateurs. Le changement climatique et les modifications des conditions écologiques peuvent également favoriser la propagation d'agents pathogènes, de parasites et de maladies, avec des effets potentiellement graves sur la santé humaine, l'agriculture et la pêche (EPA 2017). Le tableau 1 donne un aperçu de certains impacts du changement climatique sur les forêts.

Tableau 1: Impacts du changement climatique sur les forêts

Impacts du changement climatique sur les forêts (Prutsch et al. 2014)	
»	Changements dans le cycle de vie des arbres (par exemple, la chute des feuilles, la floraison et la production de graines).
»	Vitalité et productivité des écosystèmes forestiers affectées par la combinaison de la hausse des températures et de la baisse des précipitations
»	L'effet de fertilisation par le CO ₂ et l'allongement des saisons de croissance peuvent avoir un impact positif temporaire sur la croissance du bois (si l'approvisionnement en eau est suffisant) et pourraient affecter la qualité du bois et des fibre

»	Changements dans l'adéquation des sites aux espèces - les espèces d'arbres thermophiles et tolérantes à la sécheresse (en particulier les espèces Sénégalalia et Vachelia) se propageront plus largement
»	Les plantes souffrent d'une augmentation du stress dû à la sécheresse
»	Apparition d'organismes nuisibles non indigènes, tolérants à la sécheresse et à la chaleur
»	Risque accru d'incendies de forêt en raison de l'augmentation des vagues de chaleur et des sécheresses
»	Augmentation potentielle de la fréquence et de l'intensité des tempêtes, entraînant un risque accru de casse due au vent, ce qui réduit la productivité des forêts
»	Les gelées tardives affectent négativement le développement des arbres
»	La diminution de la disponibilité de l'eau en été réduit le taux de survie des jeunes plants
»	L'augmentation du stress climatique peut entraîner la déstabilisation des forêts protégées, ce qui représente une menace pour leur fonctionnalité protectrice.
»	Augmentation de la pression exercée par les ravageurs forestiers (par exemple, les scolytes, les champignons)



Activité 2.2 Brainstorming (15 Minutes)

Discuter de la vulnérabilité spécifique des forêts, des arbres et des populations au changement climatique et à la vulnérabilité.

2.2.2 Changement climatique et le secteur agricole

Le secteur agricole est l'un des secteurs les plus touchés par le changement et la variabilité climatiques. Il s'agit de la principale source de nourriture, de revenus et d'emplois et, par conséquent, les effets du changement et de la variabilité climatiques ont des répercussions sur l'approvisionnement alimentaire mondial. Le secteur agricole assure 80 % des moyens de subsistance de la population dans les zones arides et semi-arides d'Afrique (FAO 2016a). L'homme est principalement lié à la terre, à travers les activités agricoles et forestières, qui ont également un impact significatif sur les systèmes fonctionnels de la Terre. L'agriculture a toujours été un secteur clé ciblé pour les activités d'adaptation et d'atténuation qui répondent aux problèmes de changement climatique tout en assurant la sécurité alimentaire d'une population croissante (Cline 2007, Makate et al. 2019, Ampaire et al. 2020). Le changement climatique affecte la productivité des systèmes agricoles à travers les sécheresses, le gel, les inondations et d'autres événements extrêmes tels que les cyclones qui peuvent altérer les cultures et le bétail. Les impacts du changement climatique sont plus graves pour ceux qui dépendent totalement des activités pluviales (Ludena et Yoon 2015, Pereira 2017, Coulibaly et al. 2020). En outre, le continent africain devrait connaître une augmentation des ravageurs et des maladies des cultures en réponse aux variations de température et de précipitations, en plus de la faible fertilité des sols (FAO 2009).

Le changement climatique est lié aux infestations d'insectes en Afrique de l'Est et cette situation a été aggravée par le manque de préparation, l'instabilité politique chronique et les capacités limitées des pays africains (FAO 2020a, Salih et al. 2020). En 2018, deux cyclones (en mai et octobre) en provenance de l'océan Indien ont créé un terrain propice au développement du criquet pèlerin, et la première vague d'infestations en Afrique de l'Est a eu lieu fin 2019, détruisant 70 000 ha de terres agricoles en Somalie et en Éthiopie (Kennedy 2020). Ainsi, le réchauffement climatique a joué un rôle dans la création des conditions requises pour le développement, l'apparition et la survie des criquets (Meynard et al. 2020).

Il est espéré que la production agricole diminue de 8 à 37 % dans certaines régions d'Afrique, ce qui touchera surtout les petits exploitants (Schlenker et Lobell 2010, Thornton 2011). Les conditions climatiques, telles que les températures et les précipitations extrêmement élevées ou basses, peuvent empêcher les cultures de bien pousser, bien que l'augmentation de la température et du CO₂ puisse entraîner une augmentation des rendements de certaines cultures. Bien que l'augmentation des niveaux de CO₂ puisse favoriser la croissance des plantes, elle peut réduire les valeurs nutritionnelles de la plupart des cultures alimentaires. Par exemple, l'augmentation des niveaux de CO₂ atmosphérique peut réduire les concentrations de protéines et de minéraux essentiels dans certaines espèces de cultures, comme le riz, le blé et le soja (Myers et al. 2014, Zhu et al. 2018). En outre, il existe de nombreux ravageurs, mauvaises herbes et champignons qui prospèrent dans des conditions plus humides, des températures plus chaudes et des niveaux accrus de CO₂ (Ziska et al. 2018).

L'effet de la fertilisation par le CO₂ entraîne une augmentation possible de la croissance des plantes en raison de l'excès de CO₂ atmosphérique, car les plantes utilisent le CO₂ pour leur croissance pendant la photosynthèse. Les types de plantes susceptibles d'en bénéficier sont celles C₃, par exemple le blé et les pommes de terre, tandis que celles C₄, comme le maïs, le manioc et la canne à sucre, n'en bénéficieront pas. L'effet de la fertilisation varie toutefois d'une espèce à l'autre et aussi d'une région à l'autre, car des études ont montré qu'environ 50 à 70 % de la variabilité du rendement était attribuée aux réactions des cultures à l'élévation du CO₂ et au climat (McGrath et Lobell 2013)

Pour s'adapter, les pays en développement ont besoin d'un soutien efficace basé sur une compréhension fondée des véritables moteurs de la marginalisation et de l'insécurité alimentaire. Une étude menée au Kenya par Owino et al. (2020b, c) a montré les contraintes qui pèsent sur l'adaptation des petits exploitants au changement climatique et les sources d'information qui offrent les meilleures chances d'adoption. Une étude menée au Botswana par Moseley (2016) a montré que les efforts internationaux visant à soutenir l'adaptation au changement climatique auront un effet limité sur les moyens de subsistance des petits exploitants agricoles et la sécurité alimentaire rurale, à moins que ces efforts ne prennent en compte les contraintes politiques et économiques.

Il est important de noter qu'en Afrique, l'agriculture et la foresterie sont parmi les principaux contributeurs de GES. Cela signifie qu'en abordant la question de l'adaptation, il faut garder à l'esprit la contribution de l'agriculture, de la foresterie et des autres utilisations des terres (AFAT) au réchauffement de la planète et donc au changement climatique.

2.2.3 Changement climatique et le secteur de l'eau

Le secteur de l'eau sera affecté différemment selon les régions d'Afrique. L'Afrique de l'Est est exposée à un risque plus élevé d'inondations et de dommages connexes aux infrastructures et à la santé, tandis que l'Afrique Australe devrait connaître la plus forte réduction des précipitations, avec des risques de

sécheresse (Serdeczny et al. 2016, Nyiwul 2019). Les ressources en eau sont donc étroitement liées au changement climatique et sont le produit de l'équilibre entre les quantités de pluie et de neige qui tombent dans les bassins versants et qui rechargent les nappes phréatiques, entraînant une modification des nappes ou des niveaux des eaux souterraines (Taylor et al. 2013) et l'eau qui est perdue par évaporation. L'augmentation ou la diminution des précipitations pendant la saison humide affecte d'autres secteurs, ce qui entraîne des impacts économiques importants en raison de la vulnérabilité des cultures/du bétail à la sécheresse ou aux inondations.

L'augmentation de l'évaporation et la diminution des précipitations peuvent entraîner des diminutions de l'humidité du sol disponible pour les plantes, affectant par conséquent les rendements des cultures et la sécurité alimentaire. MacDonald et al. (2012) ont montré que de nombreuses régions rurales d'Afrique subsaharienne dépendent des eaux souterraines comme unique source d'eau potable. L'augmentation de l'évaporation et la variabilité des précipitations impliquent des diminutions de l'humidité du sol disponible pour les plantes et cela affecte par conséquent les rendements des cultures et la sécurité alimentaire. En outre, il y aura une réduction du rendement en eau des sources proches de la surface.

L'excès d'eau sous forme d'inondations rend les populations vulnérables aux risques d'inondation et de pollution (Prutsch et al. 2014, Bai et al. 2018, Okaka 2020). Les inondations peuvent entraîner la contamination de l'eau potable tandis que la hausse des températures peut augmenter la température des eaux de surface qui est associée à la transmission de maladies. En outre, la réduction des précipitations et l'augmentation de l'évaporation peuvent entraîner une réduction du rendement en eau des sources proches de la surface, ce qui affecte le débit des cours d'eau et la disponibilité de l'eau (Zhang 2015, Polley et al 2017, Nkhonjera 2017).

Les impacts du changement climatique sur le continent africain couvriront une augmentation de la pénurie d'eau et du stress hydrique avec une augmentation potentielle des conflits liés à l'eau dans la quasi-totalité de ses 50 bassins fluviaux transfrontaliers (De Wit et Stankiewicz 2006).

Des activités de gestion intégrée des ressources en eau et des bassins versants ont été mises en œuvre en Afrique et elles montrent le lien entre les ressources en eau et d'autres secteurs de développement principalement le secteur forestier où les arbres jouent un rôle déterminant dans la protection des bassins versants comme c'est le cas dans de nombreux châteaux d'eau. Selon PNUD (2018), certaines communautés dans certains pays d'Afrique ont mis en œuvre la réhabilitation et la gestion des bassins versants. Ces pays comprennent l'Éthiopie : par la conservation intégrée des sols et de l'eau, le Rwanda : par la plantation d'arbres sur des pentes non couvertes, la construction de terrasses sur des terrains boueux, la mise en place de barrières de rétention d'eau et l'ouverture de tranchées, et le Zimbabwe : par la construction ou la réhabilitation d'infrastructures adaptatives à faible coût telles que l'agriculture de conservation, la diversification des produits (c'est-à-dire l'aquaculture, l'apiculture), l'amélioration de la gestion de l'eau et de la fertilité des sols, les pâturages confinés, les parcs d'engraissement et l'agroforesterie. Les arbres dans les zones de captage réduisent l'érosion, améliorent l'infiltration et créent un microclimat favorable.

Pour plus d'informations :

1. Nyamwanza AM, Kujinga KK. 2017. Climate change, sustainable water management and institutional adaptation in rural sub-Saharan Africa.
2. de Wit M, Stankiewicz J. 2006. Changes in Surface Water Supply Across Africa with Predicted Climate Change. Science 311(5769): 1917-1921.

2.2.4 Changement climatique et le secteur de la santé

Le secteur de la santé en Afrique est également affecté par le changement et la variabilité climatiques à cause de la vulnérabilité de sa population qui varie selon les régions et les communautés en raison des différences de conditions socio-économiques, de positions géographiques, d'infrastructures sanitaires existantes, de microclimats et d'épidémiologie sous-jacente (UNFCCC 2007, Chersich et Wright 2019, Wright et al. 2021). Les impacts du changement climatique peuvent être directs en raison des températures ou précipitations extrêmes, des cancers et maladies liés aux UV et de la qualité de l'air (UNECA 2011). Les impacts indirects du changement climatique sur la santé humaine sont ceux liés aux systèmes biochimiques ou biologiques non humains, par exemple le rendement des cultures, la distribution des maladies infectieuses ou les impacts sociaux résultant du changement climatique. Le changement climatique provoque également plusieurs maladies sensibles au climat telles que le paludisme, la diarrhée et la tuberculose (Guernier et al. 2004, Mordecai et al. 2020).

La hausse des températures entraîne des changements dans la répartition géographique de certains vecteurs de maladies qui peuvent migrer vers de nouvelles zones et des altitudes plus élevées - par exemple, le moustique migre vers des altitudes plus élevées et expose de nombreuses personnes, notamment dans les zones densément peuplées des hauts plateaux d'Afrique de l'Est (Boko et al. 2007, Bryson et al. 2020). La variabilité climatique attendue interagira avec d'autres vulnérabilités et stress tels que le VIH/SIDA (qui affecte déjà la vie de nombreuses personnes), les guerres et les conflits (Harrus et Baneth 2005), pour augmenter la susceptibilité et le risque de maladies infectieuses (par exemple le choléra) et la malnutrition chez les adultes et les enfants (OMS 2004, Ramirez 2017, Githeko 2021).

Les écosystèmes forestiers riches en biodiversité fournissent des produits comestibles qui contribuent à une alimentation saine, tels que des fruits, des feuilles et des champignons, ainsi qu'un grand nombre de plantes médicinales (FAO 2020b).

Les forêts fournissent des avantages directs et indirects qui sont importants pour la santé et le bien-être de l'homme, en particulier pour les communautés pauvres qui dépendent des aliments sauvages et des plantes médicinales pour leur survie (Dhlamini 2019). La FAO (2020b) a déclaré que même les produits pharmaceutiques commerciaux, y compris les médicaments utilisés pour la prévention du diabète, du paludisme, le traitement du cancer et des affections de la prostate, sont à base de plantes. Bien que certains de ces médicaments soient synthétisés, d'autres sont des médicaments traditionnels. Parmi les médicaments traditionnels, environ 60 % sont collectés dans la nature.

Le PNUE (2016) a montré qu'environ 60 % de toutes les maladies infectieuses humaines sont zoonotiques, c'est-à-dire capables d'infecter d'autres espèces hôtes, et que 75 % de toutes les maladies infectieuses émergentes ont pour origine des animaux. Les chances pour les agents pathogènes de passer des animaux sauvages et domestiques à l'homme ont été amplifiées par les changements mondiaux, notamment le changement d'affectation des terres, l'empiètement de l'homme sur les forêts et autres paysages sauvages, la déforestation et l'érosion de l'habitat, et la mondialisation du commerce des espèces sauvages avec une réglementation inadéquate (FAO 2020c). Ebola, le VIH et le COVID-19 sont liés aux animaux sauvages et proviennent des forêts (Andersen et al. 2020), par exemple, par la perte des habitats des chauves-souris due à la déforestation et à l'expansion agricole (PNUE 2016). Les épidémies d'Ebola en Afrique de l'Ouest ont été liées à la perte de forêts (Olivero et al. 2017). Le PNUE (2020b) a exposé six faits importants concernant les épidémies de maladies infectieuses et a souligné que l'intégrité de l'écosystème sous-tend la santé et le développement de l'homme, car les changements environnementaux induits par l'homme modifient la structure de la population de la faune et réduisent la biodiversité, ce qui entraîne de nouvelles conditions environnementales favorisant les hôtes, les vecteurs et/ou les agents pathogènes.

2.2.5 Changement climatique et les infrastructures

Outre les conflits sociaux et la pollution, l'augmentation de l'occurrence et de l'ampleur des catastrophes météorologiques continue de poser des problèmes dans les établissements, les infrastructures et l'industrie. Les cyclones tropicaux et les inondations peuvent causer de graves dommages et entraîner des pertes et des dégâts matériels (Pudyastuti et Nugraha 2018). En Afrique, la population des zones urbaines est relativement faible (47 %), mais elle est susceptible d'augmenter et de poser davantage de problèmes (Stapleton et al. 2017, Mngumi 2020, Saleh 2021). Cette situation pourrait être aggravée par la migration de personnes des zones rurales vers les zones urbaines à la recherche de meilleurs moyens de subsistance.

Le changement et la variabilité climatiques affecteront également les infrastructures physiques et le secteur du logement en raison de la fréquence plus élevée des cyclones tropicaux et des fortes précipitations qui affecteront les capacités des systèmes d'eaux pluviales et d'eaux usées tels que les gouttières et les stations d'épuration (Pudyastuti et Nugraha 2018, Crick et al. 2018). L'augmentation ou la réduction des températures nécessite des changements dans la conception des logements pour améliorer les systèmes de chauffage et de refroidissement. En outre, il y a des chances que le stress thermique augmente et que les conditions intérieures se détériorent en raison de concentrations plus élevées de polluants à l'intérieur des bâtiments ou de mesures d'étanchéité/isolation. Les infrastructures vertes (par exemple, les toits verts, les parcs urbains et les chaussées poreuses) peuvent améliorer la gestion des eaux pluviales et réduire les risques d'inondation dans les villes, et peuvent modérer l'effet d'îlot de chaleur, ainsi que fournir certains co-bénéfices pour l'atténuation (Noble et al. 2014, Basyouni 2017). La pratique de la foresterie urbaine/sociale peut contribuer fortement à réduire les effets du stress lié aux îlots de chaleur et avoir ainsi un impact positif sur la santé humaine.

2.2.6 Changement climatique et le secteur des transports et de l'énergie

Les systèmes de transport sont essentiels pour assurer la distribution efficace de la nourriture, de l'énergie et du commerce, ainsi que pour faciliter le déplacement des travailleurs et des consommateurs afin qu'ils puissent accéder respectivement à leur emploi et aux marchés (Pudyastuti et Nugraha 2018, Faiyetole 2019). Le secteur des transports englobe les transports routiers, ferroviaires, aériens et maritimes et reste un catalyseur important de la plupart des activités commerciales, car pratiquement tous les autres secteurs dépendent des infrastructures de transport. Les routes, par exemple, représentent un aspect important pour les moyens de subsistance économiques, agricoles et écologiques, ainsi que d'autres avantages indirects tels que l'accès à l'éducation, aux soins de santé, au crédit, à la participation politique, etc. Les routes qui traversent les lieux géographiques peuvent être peu nombreuses, ce qui rend chaque route essentielle pour l'accès aux services et aux autres zones.

Chinowsky et al. (2015) et Feikie et al. (2017) ont montré que les infrastructures routières touchées par le changement climatique au Malawi, au Mozambique, en Afrique du Sud et en Zambie nécessitent plus de 596 millions de dollars US pour l'entretien et la réparation des routes en raison des dommages directement liés aux changements de température et de précipitations du changement climatique potentiel jusqu'en 2050. Les impacts du changement climatique ont causé 151,4 millions de dollars de dommages au Kenya (Njogu 2021). Les routes non revêtues sont sensibles à l'augmentation des précipitations.

Les événements climatiques tels que les températures élevées, les tempêtes, les fortes pluies, les cyclones, les ouragans et l'élévation du niveau de la mer peuvent détruire les infrastructures de transport,

notamment les routes, les ponts, les ports et les aéroports (Pudyastuti et Nugraha 2018, Lane et al. 2020, Njogu 2021). Les événements extrêmes représentent un aléa coûteux pour les infrastructures routières en termes de dégradation, d'entretien nécessaire et de réduction potentielle de la durée de vie des routes résultant des impacts climatiques (Schweikert et al. 2014, Roy et Alam 2020). Des températures plus élevées ramollissent et dilatent les chaussées, créant des ornières et des nids de poule et déformant les voies ferrées. Ainsi, les risques du changement climatique pour les routes entravent le développement, la croissance économique et les avantages socio-économiques de l'expansion des infrastructures (Chinowsky et al. 2015, Nkonya et al. 2018, Chakwizira 2019).

Dans le secteur de l'énergie, les combustibles fossiles, notamment le pétrole, le charbon et le gaz naturel, fournissent entre 70 et 90 % de la consommation énergétique mondiale (Darwishi et al. 2016, York et Bell 2019). Le secteur de l'énergie est parmi les plus grands contributeurs aux émissions par leur combustion, qui libère des GES et d'autres polluants (GIEC 2011, Abdollahi 2020). Cependant, le secteur est également impacté par le changement climatique car l'augmentation ou la diminution de la température entraîne une augmentation des besoins en énergie pour le refroidissement ou le chauffage. La réduction des précipitations affecte la production d'électricité, tandis que des précipitations abondantes sont associées à des interruptions de l'approvisionnement en électricité, par exemple en raison de la chute d'arbres sur les lignes électriques, ce qui crée des perturbations (Pudyastuti et Nugraha 2018, Boadi et Owusu 2019).

2.2.7 Changement climatique et le secteur du tourisme

Le tourisme est un phénomène social, culturel et économique qui implique le déplacement de personnes vers des pays ou des lieux situés en dehors de leur environnement habituel à des fins personnelles ou professionnelles. Les activités du secteur du tourisme prennent la forme de voyages de loisirs et récréatifs, y compris le tourisme côtier et balnéaire (UNWTO 2018). Le changement climatique affecte le secteur du tourisme car les conditions de chaleur, de pluie, de neige ou les événements extrêmes peuvent nuire aux touristes ou les empêcher de visiter. Le changement climatique affecte les actifs touristiques, tels que la biodiversité, les glaciers, les récifs coralliens et les sites du patrimoine culturel, outre le fait que le tourisme lui-même peut entraîner une augmentation de la dégradation des ressources (Lemelin et al. 2012, Pandey 2018, Scott et al. 2019). L'élévation du niveau de la mer et l'acidification des océans représentent des menaces pour infrastructures touristiques côtières et les attractions naturelles. La hausse des températures raccourcira les saisons de sports d'hiver et menacera la viabilité de certaines stations de ski situées en dessous de 1 800 mètres. Le changement climatique entraînera des modifications de la biodiversité en raison du déplacement des zones écologiques qui deviendront soit trop humides, soit trop sèches, ce qui affectera l'écotourisme (Nicholls 2014, Sintayehu 2018). Le changement des précipitations affectera la disponibilité de l'eau de même que les vacances qui sont programmées pour des conditions météorologiques favorables.

Les phénomènes météorologiques extrêmes risquent de devenir plus fréquents, perturbant les déplacements et endommageant les infrastructures et les assurances risquent de devenir plus chères, voire inexistantes (Nicholls 2014)

Le changement climatique affecte la demande et la disponibilité d'énergie et d'eau pour le secteur du tourisme. Cette vulnérabilité des systèmes touristiques face au changement climatique sera ponctuellement renforcée ou limitée selon les stratégies que développeront les touristes, y compris pour maîtriser leurs déplacements. Certaines organisations, comme Conservation International, ont soutenu le développement du tourisme basé sur la nature pour réduire la pauvreté et préserver la biodiversité (Conservation International 2016).



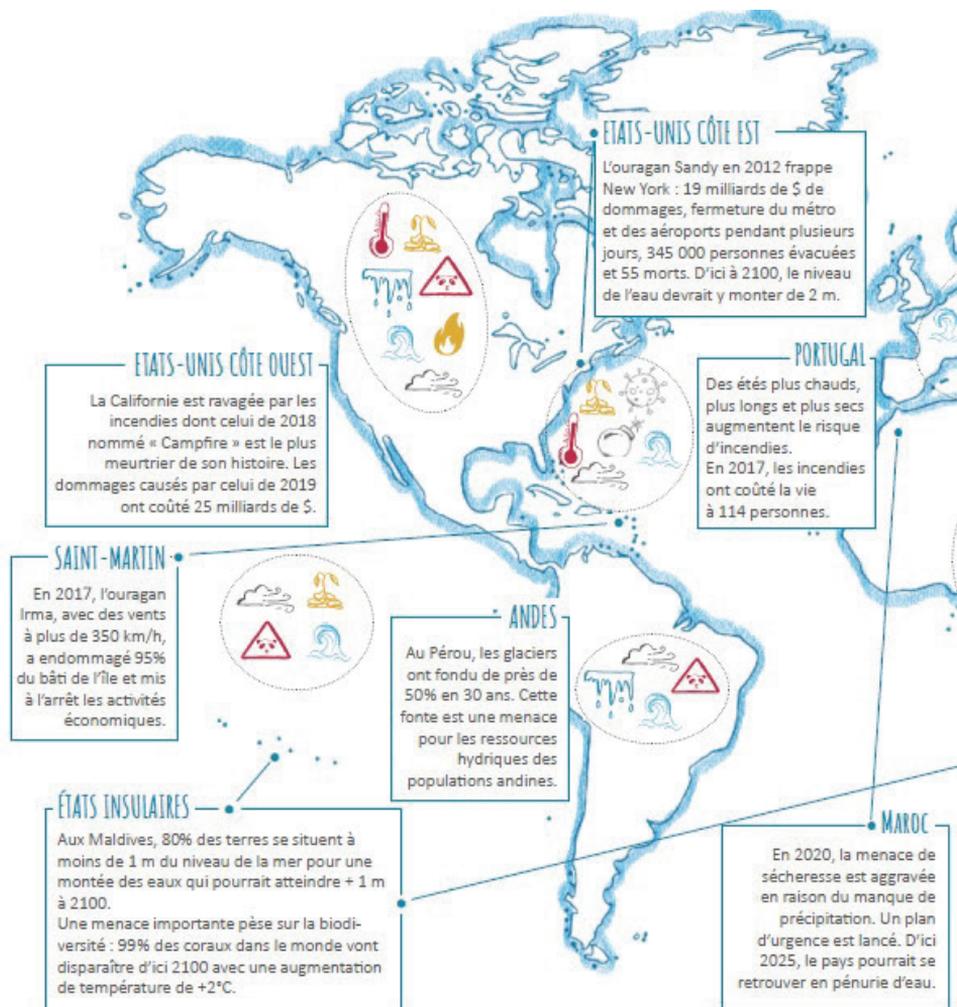
Activité 2.3 Révision

Expliquer comment les impacts du changement climatique affectent les différents secteurs du développement.

Résumé

Dans cette section, tous les secteurs du développement social et économique affectés par le changement climatique et sa variabilité sont appris. Le continent africain dépend de secteurs primaires tels que l'agriculture, la foresterie et la pêche pour la nourriture, les fibres et les revenus, ce qui rend la vulnérabilité au changement climatique évidente en raison de la sensibilité de ces secteurs au changement climatique. Ces secteurs sont affectés par l'élévation du niveau de la mer, l'augmentation des températures, les inondations, les cyclones et les précipitations de plus en plus variables.

La figure 1 résume quelques impacts et risques physiques du changement climatique dans le monde.



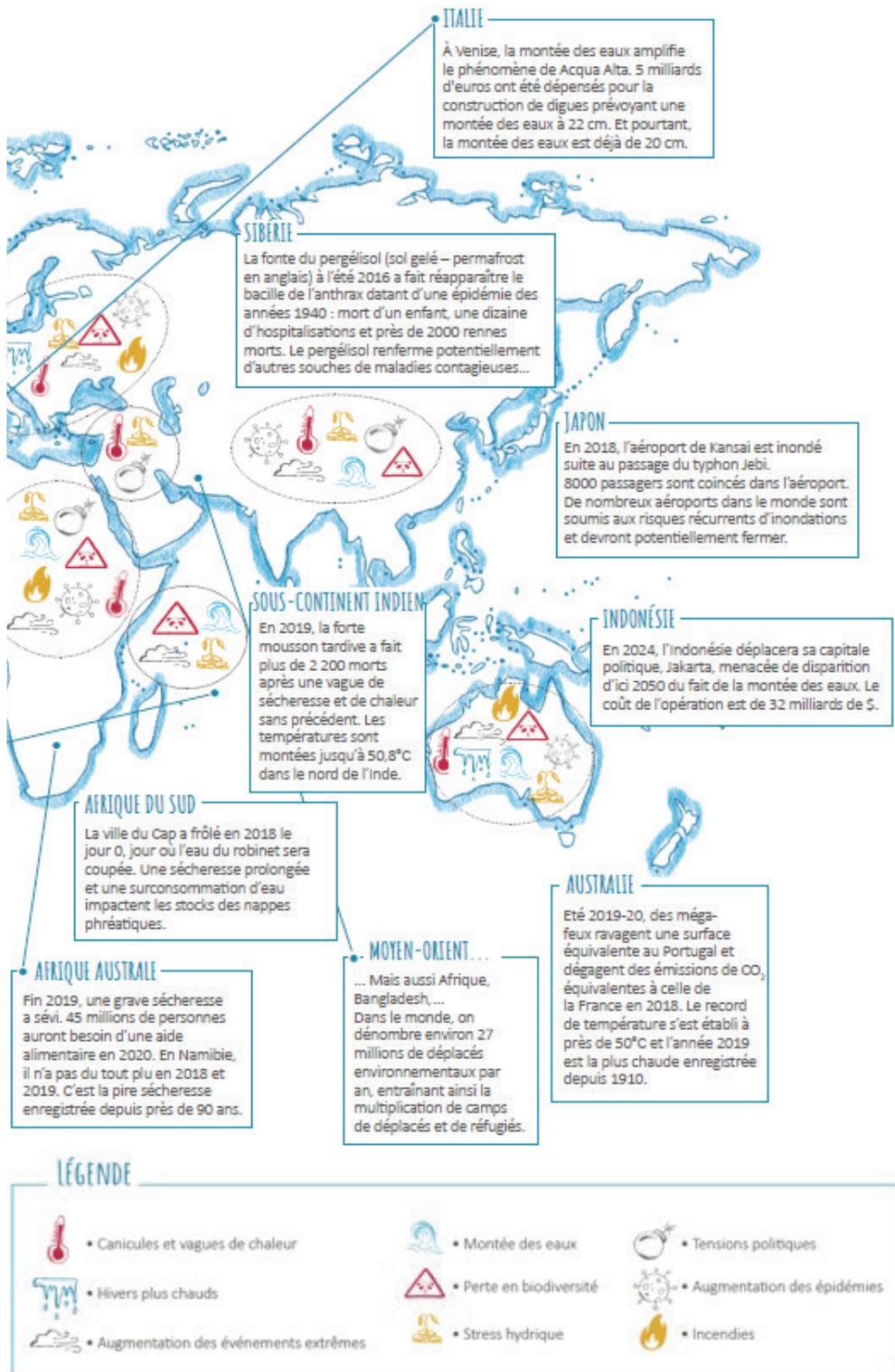


Figure 1 : Principaux impacts et risques physiques dans le monde

Source : Acteurs du Tourisme Durable, 2020.

2.3 Vulnérabilité des forêts et des systèmes sociaux au changement climatique

Les forêts sont vulnérables au changement climatique, mais elles peuvent également jouer un rôle important dans l'adaptation des humains et des écosystèmes à ce changement. Le rôle des forêts dans l'adaptation au changement climatique est démontré lorsque les forêts deviennent un élément clé de l'adaptation des sociétés au changement climatique en fournissant des services écosystémiques, en réduisant la vulnérabilité sociale et en contribuant au bien-être humain (Seppälä et al. 2009, Staal et al. 2020). Les forêts ont une incidence sur l'interception des pluies, l'infiltration, l'évapotranspiration et la recharge des nappes phréatiques. Elles régulent les débits de base pendant les saisons sèches et les débits de pointe pendant les épisodes pluvieux. Elles fournissent des services qui sont importants pour améliorer l'adaptation des populations à la variabilité et au changement climatiques. En outre, les forêts permettent de lutter contre l'érosion et les glissements de terrain en stabilisant les sols et en réduisant davantage les effets négatifs des risques climatiques sur les infrastructures, les ressources en eau et les établissements humains. Les bassins versants forestiers régulent l'eau et protègent les sols pour réduire les impacts climatiques (Pramova et al. 2012, Ellison et al. 2017, Wei et al. 2018). La déforestation et la dégradation des forêts exacerbent les effets du changement climatique.



Résultats d'apprentissage

A la fin de ce chapitre, l'apprenant devrait être capable de :

- i. Décrire les facteurs de vulnérabilité et les indicateurs permettant d'évaluer la dynamique des principaux secteurs affectés par le changement climatique.
- ii. Expliquer le concept d'adaptation au changement climatique dans le contexte des forêts et des populations.



Activité 2.3 Brainstroming (10 Minutes)

Expliquer le lien entre la déforestation et les moyens de subsistance des populations.

Les perturbations liées au climat influencent la structure, la composition et les fonctions des forêts (Dale et al. 2001, Sonwa 2018, Pfeifer et al. 2018). Les modifications de la fonction ou de la structure des forêts naturelles et des forêts plantées, dues à des aléas ou à des événements climatiques, ont un impact négatif sur les fonctions productives des écosystèmes forestiers, qui peuvent ensuite avoir un impact sur les économies locales (Weiskopf et al. 2020). Les forêts sont exposées à plusieurs perturbations qui sont fortement liées au climat et qui devraient accroître la vulnérabilité des forêts, en fonction de leur fréquence, de leur durée, de leur intensité et de leur moment. Le changement climatique modifiera également les schémas de perturbation des insectes nuisibles et des agents pathogènes des forêts indigènes et facilitera l'établissement et la propagation d'espèces nuisibles étrangères.

Les forêts sont par ailleurs affectées par tout changement dans leur dynamique de perturbation (Seppälä et al. 2009, Kulakowski et al. 2017). Les impacts directs du changement climatique sur les arbres dans les écosystèmes forestiers naturels ou plantés comprennent les destructions/morts après une inondation ou un épisode de sécheresse, l'augmentation des charges de combustible (y compris la croissance induite par le carbone), l'allongement des saisons des incendies/la prolongation de la saison sèche et l'augmentation de l'activité des feux de végétation (Mortsch 2006, Luo et al. 2018). Les tempêtes peuvent provoquer des chablis attirant les populations d'insectes nuisibles, par exemple, les épidémies de scolytes (*Ips typographus*) en Europe. Les forêts ont également besoin d'interventions humaines pour réduire les effets négatifs du changement climatique.

Les agents de perturbation des forêts peuvent être abiotiques (feu, sécheresse, vent, neige et glace) ou biotiques (insectes nuisibles et pathogènes). Des conditions plus chaudes et sèches peuvent faciliter les perturbations dues au feu, à la sécheresse et aux insectes, tandis que des conditions plus chaudes et humides peuvent accroître les perturbations dues au vent et aux agents pathogènes. Toutefois, les interactions entre ces agents sont susceptibles d'amplifier les perturbations, tandis que les effets climatiques indirects, tels que les changements de végétation, peuvent atténuer la sensibilité des perturbations à long terme au climat (Seidl et al. 2017).

En outre, lorsque les forêts sont perturbées, la biodiversité l'est aussi. Le stress lié au changement climatique menace la conservation de la biodiversité de plusieurs façons (tableau 2). Les feux de végétation sont susceptibles d'être plus intenses en raison des facteurs mentionnés ci-dessus, mais les impacts écologiques des feux de végétation varient selon les types de forêts, les régions climatiques et géographiques, couplés à d'autres perturbations (agriculture,empiètement ou fragmentation et développement d'infrastructures, pâturage, récolte de bois de chauffage et d'autres produits forestiers non ligneux (PFNL), abattage illicite, espèces envahissantes et de nombreuses autres pressions). La capacité des forêts à résister et à se restaurer des différents stress dépend largement de la façon dont les perturbations sont gérées (Heikkilä et al. 2010, Stevens-Rumann et al. 2018, Piper et Paula 2020).

Tableau 2: Impacts du changement climatique sur la biodiversité

Impacts du changement climatique sur la biodiversité (Prutsch et al. 2014)	
»	Les cycles de vie des plantes et des animaux sont modifiés (par exemple, les comportements de migration et de reproduction, le feuillage, la floraison)
»	Facilitation de l'établissement d'espèces non indigènes
»	Les espèces thermophiles peuvent être propagées
»	Les espèces sensibles au froid et l'humidité peuvent être déplacées
»	Appauvrissement du pool génétique, entraînant une réduction de la capacité d'adaptation
»	Les fonctions des écosystèmes affectées, par exemple les fonctions de protection des forêts
»	Les communautés écologiques aquatiques, en particulier l'écologie des poissons affectées par l'augmentation de la température
»	Altérations de la végétation aquatique causées par l'augmentation des températures
»	Augmentation de la dessiccation des zones humides et des marais
»	Modification de la composition des espèces dans les écosystèmes (par exemple, déplacement prévu des limites de la distribution vers le nord et les hautes altitudes)
»	La capacité d'adaptation limitée menace la biodiversité



Activité 2. 4 Révision (10 minutes)

Décrire la relation entre les humains, les écosystèmes et le climat.

2.3.1 Évaluation des vulnérabilités

L'évaluation de la vulnérabilité est une pratique qui consiste à identifier, mesurer et classer les vulnérabilités d'un système. L'évaluation de la vulnérabilité au changement climatique se base sur les espèces, les habitats ou les systèmes d'intérêt, et permet d'identifier leurs plus grands risques face aux impacts du changement climatique. Les résultats de ces évaluations sont généralement utilisés pour informer les décideurs et pour soutenir les processus d'adaptation. Les mesures d'adaptation recommandées visent à renforcer la capacité à résister ou à éviter les conséquences néfastes du changement climatique (OCDE 2009, Schilling et al 2020). Les unités d'analyse pour les évaluations de la vulnérabilité sont basées sur les lieux, les institutions et les personnes (Figure 2). La préoccupation centrale de l'évaluation de la vulnérabilité est de protéger les personnes des conséquences néfastes des variations climatiques actuelles et futures. Les personnes dépendent des ressources (terre, eau, écosystèmes) et sont organisées en groupes socio-économiques (organisations, secteurs ou institutions).

L'évaluation des systèmes socio-écologiques repose sur deux approches principales : l'approche basée sur les impacts qui commencent par l'évaluation des impacts potentiels du changement climatique sur les forêts ou les populations dépendantes des forêts dans le cadre de différents scénarios climatiques, et l'approche basée sur la vulnérabilité qui commencent par l'évaluation de la sensibilité sociale et de la capacité d'adaptation pour répondre aux stress (Kelly et Adger 2000, Khan et al 2019). Ces informations peuvent être combinées avec les études d'impact.

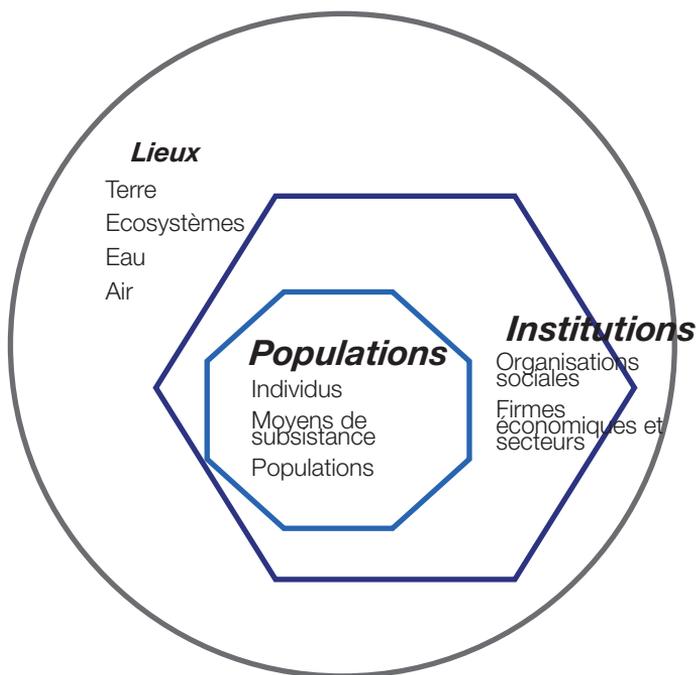


Figure 2. Unités d'analyse pour les évaluations de la vulnérabilité (Downing et Patwardhan 2002).

Les approches basées sur la vulnérabilité déterminent la vulnérabilité sur la base de la capacité d'adaptation existante au lieu d'utiliser les impacts futurs prédits (Ribot 2009, Karimi et al. 2021). Fritzsche et al. (2014) et, Karimi et al. (2021) ont montré que les évaluations de la vulnérabilité remplissent les objectifs suivants :

- » Identification des hotspots actuels et potentiels,
- » Identification des points d'entrée pour une intervention, et
- » Suivi de l'évolution de la vulnérabilité et évaluation de l'adaptation.

Résumé

Les systèmes socio-écologiques doivent s'adapter aux événements extrêmes causés par le changement climatique en faisant face et en renforçant leur résilience. Les êtres humains et les écosystèmes exposés aux événements extrêmes sont vulnérables. La vulnérabilité du système social ou écologique est un ensemble de facteurs en interaction et dépend du caractère, de l'ampleur et du rythme du changement et des variations climatiques auxquels un système est exposé, de sa sensibilité et de sa capacité d'adaptation. Les impacts liés au changement climatique affectent les écosystèmes forestiers et la biodiversité qu'ils contiennent. Les effets sur la biodiversité affecteront également les humains qui dépendent des forêts pour le bois et les produits forestiers non ligneux.

2.4 Adaptation aux impacts du changement climatique et de la variabilité du climat

La section précédente montre que l'adaptation au changement climatique est le processus d'ajustement au changement climatique actuel ou prévu et à ses impacts/effets, ainsi que l'atténuation. Les impacts du changement climatique ont été démontrés par la montée du niveau des mers, l'augmentation des températures, la variabilité des précipitations, les inondations, les sécheresses, l'intrusion d'eau salée, etc. Il y a été montré comment le changement climatique affecte différents secteurs du développement. Pour survivre, les êtres humains et les écosystèmes doivent s'adapter et faire face au changement climatique. L'adaptation montre comment les individus, les communautés et les nations s'efforcent de modérer et de faire face aux impacts d'un climat changeant et de sa variabilité. Dans cette section, il sera abordé les types et les déterminants de l'adaptation, les caractéristiques de la capacité d'adaptation d'un système et les mécanismes de financement correspondants.



Résultats d'apprentissage

A la fin de cette session, l'apprenant devrait être capable de :

- i. Expliquer les déterminants de l'adaptation au changement climatique.
- ii. Décrire les concepts qui sous-tendent les caractéristiques d'un système pour s'adapter au changement et à la variabilité climatiques.
- iii. Rapporter l'adaptation au changement climatique basée sur les forêts dans les politiques et les plans de développement.
- iv. Expliquer les mécanismes de financement de l'adaptation pertinents pour le secteur forestier en Afrique.



Activité 2.5 Brainstorming (10 minutes)

Décrire les approches utilisées pour s'adapter au changement climatique dans le pays de résidence.

2.4.1 Types d'adaptation

L'adaptation peut avoir lieu avant, pendant et après les événements futurs auxquels on peut s'attendre en raison du changement climatique. IPCC (2001) distingue plusieurs types d'adaptation : l'adaptation anticipée et réactive, l'adaptation privée et publique, et l'adaptation autonome et planifiée. Les mesures prises aujourd'hui en prévision du changement climatique sont anticipées, tandis que celles prises en réponse aux événements extrêmes actuels sont réactives. L'adaptation au changement climatique a été décrite comme étant graduelle, progressive et à court terme.

L'Accord de Paris (2015) a établi, pour la première fois, un objectif mondial d'adaptation consistant à "améliorer la capacité d'adaptation, renforcer la résilience et réduire la vulnérabilité au changement climatique, en vue de contribuer au développement durable et d'assurer une réponse d'adaptation adéquate dans le cadre de l'objectif de température". Cet objectif fournit un contexte supplémentaire pour les évaluations de la vulnérabilité et les actions d'adaptation des gouvernements et des autres acteurs. Bien que l'accord de Paris encourage les parties à s'efforcer d'atteindre leurs objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre, comme spécifié dans leurs contributions déterminées au niveau national (CDN), il est évident que les efforts d'adaptation sont également reconnus. Les émissions de GES proviennent principalement des secteurs de l'approvisionnement en énergie, de l'industrie, des transports, des déchets, des bâtiments, de l'agriculture, de l'utilisation des terres et de la foresterie (CCNUCC 2019).

L'article 6 paragraphe 8 de l'accord de Paris stipule que “ les Parties reconnaissent qu'il est important que des approches non marchandes intégrées, holistiques et équilibrées soient mises à leur disposition pour les aider à mettre en œuvre leurs contributions déterminées au niveau national, dans le contexte du développement durable et de l'éradication de la pauvreté, de manière coordonnée et efficace, notamment en renforçant la participation des secteurs public et privé à la mise en œuvre de la contribution déterminée au niveau national et en offrant des possibilités de coordination entre les instruments et les arrangements institutionnels pertinents “ (CCNUCC 2015)..

Tous les secteurs du développement sont censés s'adapter aux impacts du changement climatique, certaines activités étant réalisées avant et d'autres après un événement climatique. Plusieurs types d'adaptation sont mis en œuvre pour faire face aux impacts du changement climatique et seront abordés dans les sections suivantes.

2.4.1.1 Adaptation anticipée

L'adaptation qui a lieu avant que les impacts du changement climatique ne soient observés est décrite comme anticipée, préventive, proactive ou à long terme. L'adaptation anticipée est plus susceptible de réduire les dommages, les risques et la vulnérabilité à long terme dus au changement climatique car elle implique une prise de décision à long terme, ce qui améliore la capacité à faire face aux changements climatiques futurs (GIEC 2007a). Des évaluations périodiques et des stratégies de gestion des risques contribuent à rendre cette réponse plus efficace possible. Les décisions relatives à l'adaptation anticipée intègrent la flexibilité, l'actualisation des coûts et avantages futurs et la projection des conditions futures.

À court terme, les activités se concentrent sur la gestion de la variabilité climatique, tandis qu'à long terme, elles concernent à la fois le présent et l'avenir, par exemple la conservation des écosystèmes (World Bank Group nd). Par exemple, les autorités locales peuvent empêcher la construction de maisons dans les zones sujettes aux inondations à long terme, construire des maisons résistantes aux inondations, élever le niveau du plancher des maisons au-dessus des niveaux d'inondation prévus, utiliser des matériaux de construction résistants aux inondations ou utiliser une combinaison de ces éléments (Cement Concrete & Aggregates Australia 2011). Les autorités forestières peuvent également interdire l'exploitation forestière dans les zones ou sur les pentes fragiles afin de lutter contre les glissements de terrain. L'ensemencement aérien dans les zones difficiles d'accès peut également être effectué pour régénérer les zones dégradées et assurer les fonctions de service des forêts.

Stern (2007), Weitzman (2007) et Zhang et Welch (2021) ont préconisé l'utilisation de taux d'actualisation faibles et décroissants pour évaluer les décisions sensibles au climat qui impliquent des compromis intergénérationnels au niveau mondial. Certains aspects, tels que les investissements ayant un impact sur l'environnement ou la santé, ne sont généralement pas pris en compte dans les cadres de valeur actualisée car ils nécessitent des réponses spontanées.

2.4.2.2 Adaptation autonome

Il s'agit de l'adaptation qui ne constitue pas une réponse aux stimuli climatiques mais qui est déclenchée par des changements écologiques dans les systèmes naturels et par des changements de marché ou de bien-être dans les systèmes humains (Adhikari et al. 2011, Mersha et van Laerhoven 2018). Également appelée adaptation spontanée, elle est généralement une adaptation consécutive non planifiée des systèmes naturels et humains (GIEC 2007a, Malik et al. 2010, Pecl et al. 2019). L'adaptation autonome comprend des initiatives largement considérées par des acteurs privés au lieu des gouvernements, elle est donc liée à l'adaptation privée, et l'adaptation planifiée à l'adaptation publique. L'adaptation autonome est souvent négligée dans les efforts internationaux et nationaux pour gérer les impacts du

changement climatique (Fazey et al. 2010).

L'adaptation autonome est motivée par la façon dont les changements environnementaux et la rareté des ressources présentent des risques pour les moyens de subsistance, et des changements de marché ou de bien-être dans les systèmes humains plutôt que les seuls risques physiques. Elle peut inclure des pratiques telles que la modification des intrants agricoles et des cycles de culture, l'introduction de technologies de gestion de l'eau ou la diversification des activités économiques (Malik et al. 2010, Khalil et al. 2020). Les activités peuvent être basées sur des "activités de gestion des risques ou d'amélioration de la production" préexistantes, mais qui ont un potentiel important pour compenser les impacts négatifs du changement climatique et tirer parti des impacts positifs (Fazey et al. 2010, Singh et al. 2020).

2.4.2.3 Adaptation réactive

Il s'agit d'une adaptation qui a lieu après que les impacts du changement climatique aient été observés et elle est décrite comme corrective. Les événements extrêmes seront une caractéristique du changement climatique dans le futur, ce qui suggère l'importance d'améliorer les réponses à des événements similaires dans le présent. L'adaptation réactive réduit la vulnérabilité, augmente la résilience et renforce la capacité d'adaptation. Les activités d'adaptation réactive, les interventions ou les ajustements peuvent être classés en processus visant à créer ou à améliorer : (i) des résultats résilients et améliorés en matière de moyens de subsistance, (ii) des conditions écosystémiques résilientes et productives, et (iii) des conditions de gouvernance favorables. Par exemple, après la destruction de maisons par un cyclone, toutes les maisons pourraient être mises à niveau selon de nouvelles normes/codes de construction plus solides avec lesquels les populations locales sont familiarisées et/ou reçoivent une formation pratique (Sousa-Silva et al. 2018, Chatiza 2019).

2.4.2.4 Adaptation privée et publique

L'adaptation privée est initiée et mise en œuvre par des individus, des ménages ou des entreprises privées uniquement pour leurs bénéfices. L'adaptation privée répond généralement à l'intérêt personnel rationnel de l'acteur (IPCC 2001, Mitter et al. 2018). Un exemple pourrait être la construction de petits déversoirs par des particuliers pour assurer la disponibilité de l'eau pendant une période de sécheresse. Il existe également une certaine adaptation privée avec un bénéfice public lorsqu'un individu ou une entreprise initie une activité qui est bénéfique à la fois pour cet individu ou cette entreprise mais aussi pour le public plus largement. Par exemple, le contrôle du ruissellement et de l'érosion peut maintenir la viabilité du champ tout en réduisant l'impact sur l'environnement. L'adaptation publique est initiée et mise en œuvre par les gouvernements à tous les niveaux et vise généralement les besoins collectifs (IPCC 2001, Amare 2021).

Les activités de plantation d'arbres sur une petite parcelle individuelle peuvent aider le propriétaire foncier à obtenir des avantages microclimatiques. Cependant, de nombreuses petites exploitations agricoles combinées pratiquant une forme quelconque de foresterie communautaire peuvent avoir un impact important sur l'environnement d'une zone et contribuer ainsi à l'adaptation privée et publique.

2.4.2.5 Adaptation planifiée

L'adaptation planifiée est une adaptation qui résulte d'une décision politique délibérée, fondée sur la prise de conscience que les conditions ont changé ou sont sur le point de changer et qu'une action est nécessaire pour revenir à un état souhaité, le maintenir ou l'atteindre. Elle implique des interventions délibérées et anticipées à différents niveaux et dans différents secteurs (IPCC 2001, Fazey et al. 2010). Selon Füssel (2007), l'adaptation planifiée est l'utilisation d'informations sur le changement climatique actuel et futur pour revoir l'adéquation des pratiques, politiques et infrastructures actuelles et planifiées. Dans le domaine de la foresterie, l'adaptation planifiée peut consister à redéfinir à l'avance les objectifs et les pratiques forestières en fonction des risques et des incertitudes liés au changement climatique. Au niveau communautaire, l'adaptation planifiée peut inclure la diversification des sources de revenus

forestiers et non forestiers, une meilleure gouvernance locale des ressources forestières et le renforcement des capacités de suivi et de résolution d'éventuelles catastrophes d'une ampleur sans précédent. Dans le secteur forestier industriel, l'adaptation prévue peut consister à inclure la bioénergie dans les produits ou à promouvoir les produits du bois pour leur faible empreinte carbone.

Aux niveaux national et mondial, l'adaptation planifiée peut inclure des systèmes de surveillance et de notification en temps opportun et le développement d'outils pour les évaluations de la vulnérabilité et la planification de l'adaptation (IPCC 2001, Mersha et van Laerhoven 2018). Pour faire face aux problèmes environnementaux, les pays adoptent la croissance verte et l'économie circulaire. L'adoption de stratégies et de technologies de croissance verte dans le secteur forestier peut être considérée comme faisant partie de l'adaptation planifiée.



Activité 2.6 Révision

À l'aide d'exemples, expliquer les types d'adaptation.

Résumé

Dans cette section, il a été démontré que les forêts sont importantes pour la fourniture des services écosystémiques. Lorsque les forêts sont perturbées par le changement climatique, elles ne peuvent pas être en mesure de fournir les services qu'elles rendent normalement. Les perturbations causées par le changement climatique affectent la survie des humains et des composants de l'écosystème. Tous les secteurs du développement sont censés s'adapter aux effets du changement climatique, certaines activités étant réalisées avant et d'autres après un événement de changement climatique. Il existe plusieurs types d'adaptation au changement climatique, notamment l'adaptation réactive, autonome, réactive ou planifiée, privée ou publique. L'adaptation peut également être à court ou à long terme. L'adaptation planifiée peut impliquer une redéfinition préalable des objectifs et des pratiques en fonction des risques et des incertitudes liés au changement climatique.

2.5 Déterminants de l'adaptation

2.5.1 Introduction

Dans la section précédente, les types d'adaptation. Les principaux déterminants de la capacité d'adaptation sont les niveaux de richesse économique, la technologie, l'information et les compétences, les infrastructures, les institutions et l'équité ont été développés. L'adaptation aux impacts du changement climatique dépend du niveau de sensibilité aux risques et de la capacité des individus/communautés/écosystèmes à s'y adapter. Elle peut être améliorée en fournissant des informations pertinentes à la population vulnérable sur les risques et les conséquences du changement climatique. Ce dernier point implique des développements techniques et un soutien gouvernemental. Dans cette section, les déterminants socio-économiques de l'adaptation seront analysés.



Résultats d'apprentissage

A la fin de cette session, l'apprenant devrait être capable de :

- i. Analyser de manière critique les déterminants de l'adaptation au changement climatique.
- ii. Décrire les concepts qui sous-tendent les caractéristiques des systèmes d'adaptation au changement et à la variabilité climatiques..



Activité 2.7 Brainstroming (10 Minutes)

Quels sont les facteurs socio-économiques qui déterminent la capacité d'une personne à s'adapter au changement climatique ?

2.5.2 Déterminants socio-économiques de l'adaptation

Les facteurs socio-économiques affectent la capacité et l'efficacité d'une personne à s'adapter. Le déficit d'adaptation se produit lorsqu'il n'y a pas d'adaptation efficace aux risques climatiques existants largement affecté par les déterminants socio-économiques tels que l'âge du chef de ménage, le sexe, le niveau d'éducation, l'accès au crédit, entre autres (Deressa et al. 2009, Othniel et Resurreccion 2013, Ludena et Yoon 2015, Belay et al. 2017, Enimu et Onome 2018, Mequannt et al. 2020). Ils sont expliqués ci-dessous :

Âge du chef de ménage - selon la localité, il existe plusieurs points de vue sur les effets de l'âge du chef de ménage sur l'adaptation. Certaines études ont montré que plus l'âge du chef de famille augmente, plus la volonté d'adopter des stratégies d'adaptation diminue, tandis que d'autres ont trouvé une association positive entre l'âge et l'adaptation aux changements climatiques. Les agriculteurs plus âgés peuvent être plus conservateurs et plus réticents à prendre des risques que les jeunes, ce qui se traduit par une moindre probabilité d'adoption de nouvelles technologies par la génération plus âgée.

Sexe – tout comme l'âge du chef de ménage, le sexe n'a pas de tendance universelle. Au Nigeria, les chefs de ménage masculins ont mieux adopté les mesures d'adaptation que leurs homologues féminins. Cette différence s'explique par le fait que les ménages dirigés par des hommes sont souvent considérés comme plus susceptibles d'obtenir des informations sur les nouvelles technologies et de prendre des risques que les ménages dirigés par des femmes. D'autre part, les ménages dirigés par des femmes sont plus susceptibles d'adopter des méthodes d'adaptation au changement climatique, ce qui peut être attribué à la volonté des femmes de changer leur stratégie de subsistance dans un effort pour soutenir leurs familles.

Taille du ménage - l'augmentation de la taille de la famille et de l'âge du chef de ménage a eu un impact négatif sur la capacité d'adaptation de l'agriculteur. Les agriculteurs sont plus vulnérables lorsque leur

famille est grande car une augmentation unitaire de la taille du ménage réduit la probabilité de répondre au changement climatique. En effet, une famille nombreuse a des besoins de consommation élevés, ce qui met à rude épreuve les faibles ressources disponibles en période de sécheresse. En conséquence, certaines familles peuvent être obligées de transférer une partie de leur force de travail vers des activités non agricoles afin de joindre les deux bouts.

Niveau d'éducation - il existe une forte relation entre le niveau d'éducation du chef de ménage et la probabilité d'adopter des mesures d'adaptation. Cela implique que le nombre d'années passées à l'école par le chef de ménage se traduira par une plus grande probabilité d'adaptation au changement climatique.

Expérience agricole - l'expérience agricole est liée positivement à la probabilité d'adopter des mesures d'adaptation. Plus le nombre d'années d'expérience agricole est important, plus la probabilité d'adopter des mesures d'adaptation est élevée. La plupart des agriculteurs des pays africains ont observé et subi une augmentation à long terme des températures, une diminution et une modification des régimes de précipitations et une augmentation de la fréquence des sécheresses en raison du changement climatique. Il est probable qu'ils développent des systèmes complexes et compliqués basés sur des connaissances de première main sur la variabilité météorologique et climatique, ainsi que sur le changement climatique au fil du temps.

Adhésion à une coopérative - l'appartenance à une coopérative augmente la probabilité d'adopter des mesures d'adaptation, car les membres de ces coopératives sont très conscients des risques climatiques et ont une meilleure capacité d'adaptation. L'adhésion peut également contribuer à sensibiliser les agriculteurs aux moyens de s'adapter aux effets du changement climatique.

Accès au crédit - l'octroi de crédits résout les contraintes financières des agriculteurs, ce qui leur permet d'investir dans les technologies d'adaptation. L'accès au crédit augmente la probabilité que les agriculteurs adoptent des innovations d'adaptation telles que la diversification et l'achat de compléments alimentaires pour le bétail. Dans le cas de la foresterie, les agriculteurs sont susceptibles d'acheter des plants d'arbres améliorés à maturation rapide pour les planter s'ils ont accès au crédit.

Taille de l'exploitation/du troupeau - la taille de l'exploitation détermine la diversité des activités qui peuvent être menées, les grandes exploitations favorisant la diversification. La diversification améliore l'accès au marché et aux aliments de base, ainsi que la résilience aux chocs climatiques par rapport aux agriculteurs qui pratiquent uniquement la culture ou l'élevage. La petite taille des terres et les ressources limitées pour améliorer la diversification rendent les agriculteurs plus vulnérables aux risques climatiques.

Revenu des ménages et pauvreté - les pays développés sont mieux à même de s'adapter que les pays en développement car ils disposent de ressources pour investir et compenser le coût de l'adaptation. La pauvreté réduit la capacité d'adaptation. Il existe une relation positive entre le revenu agricole et l'adoption de pratiques de conservation des sols, l'utilisation de différentes variétés de cultures et l'ajustement de la date de plantation pour lutter contre les effets du changement climatique. La diversification des sources de revenus peut être une bonne stratégie pour réduire la dépendance aux ressources et la vulnérabilité des individus au niveau des ménages, mais elle peut aussi accroître la vulnérabilité en réduisant les spécialités et les innovations entrepreneuriales pour promouvoir les produits en dehors des zones locales en augmentant le coût de production.

Accès aux informations météorologiques et aux services de vulgarisation - la connaissance et la perception des changements des conditions climatiques déterminent les réponses aux risques associés à un climat changeant. La connaissance du changement climatique augmente la probabilité d'adaptation. L'amélioration des services de vulgarisation qui fournissent un soutien technique en matière d'agriculture, de foresterie à la ferme et de services liés au changement climatique réduira considérablement la vulnérabilité au risque climatique. Les agriculteurs doivent être éduqués sur la

vulnérabilité des espèces/cultures spécifiques et le mélange approprié d'espèces/cultures, y compris les races/cultures résistantes à la sécheresse et les arbres appropriés sur l'exploitation afin qu'ils puissent adopter des pratiques appropriées pour minimiser l'impact négatif du changement climatique. Les informations sur les précipitations et la température peuvent avoir un impact positif significatif sur la probabilité d'utiliser les informations pour l'utilisation de différentes variétés de cultures.

Les autres déterminants sont le statut d'occupation, l'accès au marché, l'identité sociale, les actifs fixes, l'ethnicité, le statut social et l'équité.



Activité 2.7 Brainstroming (10 Minutes)

1. Expliquer quatre déterminants socio-économiques de l'adaptation au changement climatique.
2. Discuter comment les facteurs suivants affectent la capacité d'un individu ou d'une communauté à s'adapter au changement climatique :
 - i. l'accès aux marchés,
 - ii. l'identité sociale
 - iii. les actifs fixes,
 - iv. l'appartenance ethnique et le statut social,
 - v. les infrastructures, et
 - vi. les institutions

Résumé

Dans cette section, il a été expliqué qu'il existe plusieurs déterminants socio-économiques de l'adaptation au changement climatique. Les principaux sont les niveaux de richesse économique, la technologie, l'information et les compétences, les infrastructures, les institutions et l'équité. L'adaptation aux impacts du changement climatique dépend également du niveau de sensibilisation aux risques du changement climatique et de la capacité des individus/communautés à s'y adapter. Pour s'adapter, les individus et les communautés ou groupes sont influencés par des facteurs sociaux, notamment l'âge, le niveau d'éducation, la taille du ménage, le régime foncier et le chef de famille. D'autres facteurs peuvent influencer la capacité d'adaptation au niveau sociétal, notamment la disponibilité des ressources à investir dans l'adaptation, l'accès et la capacité à traiter l'information, la flexibilité d'un système à changer en réponse aux stimuli climatiques, la volonté de changer et de s'adapter. En ce qui concerne les espèces non humaines, la capacité d'adaptation comprend la capacité des espèces à migrer ou des écosystèmes à s'étendre à de nouvelles zones.

2.6 Caractéristiques du système qui influencent la propension d'un système à s'adapter

2.6.1 Introduction

La vulnérabilité des pays, des sociétés et des écosystèmes aux effets du changement climatique dépend non seulement de l'ampleur du stress climatique, mais aussi de la sensibilité et de la capacité des sociétés touchées à s'adapter ou à faire face à ce stress, de l'accès aux services de santé et des conditions écologiques existantes. Les systèmes sociaux et naturels présentent des caractéristiques qui les rendent résilients et donc capables de résister à l'impact du changement climatique. Dans les systèmes sociaux, la vulnérabilité est affectée par des facteurs associés à la pauvreté, à la classe sociale et à l'état de santé et aux niveaux nutritionnels (GIEC 2007a, Lavell et al. 2012). Cette section examine en détail certaines de ces caractéristiques, notamment la vulnérabilité et ses composantes d'impact potentiel et de capacité d'adaptation, de résilience, de susceptibilité, de réactivité et d'adaptabilité.



Résultats d'apprentissage

A la fin de cette session, l'apprenant devrait être capable de:

- i. Expliquer les composantes de la vulnérabilité.
- ii. Expliquer les facteurs affectant la capacité d'adaptation.

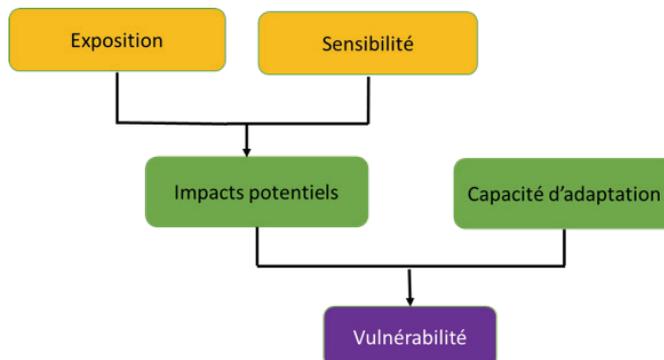


Activité 2.9 Brainstorming (10 minutes)

Expliquer les facteurs qui déterminent la capacité d'un système à s'adapter au changement climatique ?

2.6.2 Vulnérabilité

La vulnérabilité d'une communauté est affectée par les vulnérabilités sociales associées à la pauvreté, la classe sociale et l'état de santé et les niveaux nutritionnels (IPCC 2007a, Lavell et al. 2012, Ofoegbu et al 2017). Smit et Wandel (2006) et Yohannes et al. (2020) ont déclaré que lorsque des événements extrêmes ou une variabilité plus extrême dépassent la capacité de résistance, la capacité d'adaptation peut être dépassée et le système devient menacé. En outre, la vulnérabilité est limitée à la capacité d'adaptation d'un système qui est renforcée ou affaiblie par sa sensibilité et son exposition à l'impact climatique (Figure 3).



Vulnérabilité = impact potentiel (sensibilité x exposition) - capacité d'adaptation

Figure 32. Les composantes de la vulnérabilité (IPCC 2007a, Fellmann 2012)

2.6.2.1 Impacts potentiels

Le changement climatique a des conséquences qui ont un impact sur les systèmes naturels et humains. Les impacts peuvent être des impacts potentiels ou des impacts résiduels, selon la forme d'adaptation. Les impacts potentiels sont les impacts du changement climatique qui affectent les systèmes humains (par exemple, la santé, l'agriculture, le tourisme, etc.) et naturels (par exemple, la biodiversité, les ressources en eau, les sols, etc.). Ce sont tous les impacts qui peuvent se produire dans le cadre d'un changement climatique projeté, sans tenir compte de l'adaptation (McCarthy et al. 2001, Croix-Rouge norvégienne 2019). Ils sont représentés par l'ampleur des dommages causés aux systèmes naturels et humains étant soit directs ou indirects, négatifs ou positifs, tangibles ou intangibles, à long ou à court terme (Usman et al. 2013). L'évaluation des impacts potentiels du changement climatique implique l'évaluation de l'ampleur des effets potentiels, strictement dépendants de l'exposition et de la sensibilité..

Autres formes d'impacts du changement climatique

Les impacts résiduels sont ceux qui se produiraient après l'adaptation.

Les impacts cumulés sont les impacts totaux additionnés dans les secteurs et/ou les régions. L'agrégation des impacts nécessite la connaissance (ou des hypothèses) de l'importance relative des impacts dans les différents secteurs et régions. Les mesures des impacts agrégés comprennent, par exemple, le nombre total de personnes touchées, le changement de la productivité primaire nette, le nombre de systèmes subissant des changements ou les coûts économiques totaux.

Les impacts liés au marché sont ceux qui sont liés aux transactions du marché et qui affectent directement le produit intérieur brut (PIB, comptabilité nationale d'un pays), par exemple, les changements dans l'offre et le prix des produits agricoles.

Les impacts non liés au marché sont des impacts qui affectent les écosystèmes ou le bien-être humain mais qui ne sont pas directement liés à des transactions marchandes - par exemple, un risque accru de décès prématuré.

Source : GIEC 2001

2.6.2.1.1 Exposition

L'exposition à la vulnérabilité climatique est définie comme la présence d'écosystèmes ou d'espèces, de personnes et de ressources (ressources économiques, infrastructurelles, culturelles ou sociales) dans des zones ou des lieux susceptibles d'être affectés par un changement climatique. Les indicateurs d'exposition peuvent consister en des facteurs biophysiques tels que la sécheresse, les fortes pluies, les températures élevées et l'élévation du niveau de la mer. Selon le GIEC, les effets du changement climatique subsisteront tant que la probabilité d'occurrence de phénomènes météorologiques extrêmes dans le temps demeurera (GIEC 2007a, Ayodotun et al. 2019). Un effet indirect peut inclure les dommages causés par l'augmentation de la fréquence des inondations côtières en raison de l'élévation du niveau de la mer.

2.6.2.1.2 Sensibilité

La sensibilité au changement climatique désigne le degré auquel un système ou une espèce est affecté, de manière négative ou positive, par la variabilité ou le changement climatique. Un exemple d'effet direct peut prendre la forme d'une modification du rendement des cultures en réponse à un changement de la moyenne, de la plage ou de la variabilité des températures, tandis que les effets indirects peuvent inclure les dommages causés par une augmentation de la fréquence des inondations côtières due à l'élévation du niveau de la mer. Les effets positifs peuvent inclure une augmentation de la croissance des cultures résultant d'une augmentation des précipitations, tandis que les effets négatifs sont associés à la mort de plantes ou d'animaux suite à une sécheresse (GIEC 2007b). Le degré de sensibilité d'un système aux

aléas climatiques dépend non seulement des conditions géographiques, mais aussi de facteurs socio-économiques tels que la population et les infrastructures (Fronzek et al. 2019 ; UN Task Team on Social Dimensions of Climate Change 2011).

La sensibilité au stress climatique est plus élevée pour les processus et les activités qui dépendent du climat, comme l'agriculture et les ressources côtières. Les composantes de la sensibilité comprennent les changements dans les régimes de perturbation (par exemple, les incendies, les ravageurs et les maladies), dans les processus au niveau des arbres (par exemple, la productivité), dans la répartition des espèces, dans les conditions du site (par exemple, l'état du sol). Les indicateurs de sensibilité peuvent englober les conditions géographiques, l'utilisation des terres, les caractéristiques démographiques et la structure industrielle, comme la dépendance à l'égard de l'agriculture et l'étendue de la diversification industrielle (Ludena et Yoon 2015, Evariste et al. 2018). En foresterie, la sensibilité peut impliquer le degré auquel la croissance, la santé, la structure et la composition de la forêt sont altérées par une variation du climat et des changements dans la structure du peuplement (par exemple, la densité, la hauteur). Cependant, la sensibilité et la réponse des écosystèmes forestiers au changement climatique varient en raison des interactions complexes entre les organismes, les perturbations et les autres facteurs de stress (Malhi et al. 2020).

La sensibilité montre dans quelle mesure une espèce ou un système est affecté positivement ou négativement et directement ou indirectement par le changement ou la variabilité climatique. La modification du rendement des cultures en réponse aux changements ou à la variabilité de la température est un exemple d'effet direct, tandis que les dommages causés par une augmentation de la fréquence des inondations côtières lorsque le niveau de la mer s'élève sont un exemple d'effet indirect. Les effets positifs peuvent inclure une augmentation de la croissance des cultures résultant d'une augmentation des précipitations, tandis que les effets négatifs sont associés à la mort de plantes ou d'animaux à la suite d'une sécheresse (GIEC 2007b). La sensibilité aux effets climatiques augmente avec la dépendance des processus et des activités au climat, par exemple la pêche, l'agriculture, la foresterie et certaines activités côtières qui soutiennent les moyens de subsistance. Un système sensible peut être affecté même par de petites modifications du climat. Ainsi, la sensibilité peut refléter la manière dont le système peut répondre aux effets du climat et la mesure dans laquelle les changements climatiques pourraient affecter le système dans sa forme actuelle (IPCC 2001).

Les conditions géographiques (Fronzek et al. 2019) et les facteurs socio-économiques déterminent la sensibilité d'un système aux aléas liés au climat (Équipe spéciale des Nations unies sur les dimensions sociales du changement climatique 2011). Les indicateurs de sensibilité peuvent inclure les circonstances géographiques, la gestion des terres, la démographie et les activités industrielles/économiques, par exemple l'étendue de la diversification industrielle et la dépendance à l'égard de l'agriculture pluviale (Ludena et Yoon 2015). En foresterie, la sensibilité peut impliquer le degré d'altération de la croissance, de la santé, de la structure et de la composition des forêts par une variation du climat.

2.6.2.3 Capacité d'adaptation

La capacité d'adaptation décrit l'aptitude d'un système à faire face aux extrêmes climatiques et sa capacité à se transformer pour s'adapter au changement climatique, réduire les dommages potentiels, exploiter les opportunités ou gérer les circonstances. Elle comprend l'aptitude des institutions, des humains et des autres organismes à s'adapter aux dommages potentiels, en tirant parti des opportunités, ou à répondre aux conséquences (Évaluation des écosystèmes pour le millénaire 2005, Siders 2018). La capacité d'adaptation au changement climatique dépend des ressources physiques, de l'accès aux technologies et aux informations, des variétés d'infrastructures, de la capacité institutionnelle et de la distribution des ressources. Les indicateurs de la capacité d'adaptation comprennent la capacité économique, l'infrastructure physique, le capital social et la capacité institutionnelle, etc. La capacité économique représente les ressources économiques disponibles pour réduire la vulnérabilité au

changement climatique. La capacité d'adaptation comprend les ressources humaines et les alternatives technologiques (Yohe et Tol 2002, Dube et al. 2020). La capacité d'adaptation au changement climatique dépend d'une multitude de facteurs socio-économiques qui sont généralement complexes dans les pays en développement, notamment dans les communautés rurales. Ces facteurs comprennent le niveau d'éducation, le statut de richesse, l'accès à l'information, la gouvernance, les institutions, la technologie et les compétences, l'accès aux ressources, les infrastructures, l'influence politique et les réseaux de parenté (Smit et Wandel 2006, Ofoegbu et al. 2017). Abdul-Razak et Kruse (2017) et Owino et al. (2020b) ont montré que les ressources économiques, la capacité technologique et la sensibilisation/formation étaient les options d'adaptation les plus importantes et les plus pertinentes pour les petits exploitants agricoles au Ghana.

Dans les systèmes naturels, Beever et al. (2015), Nicotra et al. (2015) et Thurman et al. (2020) ont montré que la capacité d'adaptation des espèces et des populations dans un écosystème est une combinaison de potentiel évolutif, de traits d'histoire de vie, de capacité de dispersion et de plasticité phénotypique, qui sont influencés par des processus comportementaux, génétiques, épigénétiques et d'acclimatation. Cependant, il est également possible d'identifier des organisations capables de gérer des écosystèmes ou de guider les communautés dans la mise en œuvre de projets d'adaptation qui, à terme, réduisent la vulnérabilité aux impacts du changement climatique.

La fourniture de services écosystémiques joue un rôle important en facilitant l'adaptation des systèmes sociaux par la fourniture de services de régulation (régulation de l'eau, du climat et des maladies), de services de soutien (production de biomasse, production d'oxygène atmosphérique, formation et rétention des sols, cycle des nutriments, cycle de l'eau et fourniture d'habitats), de services d'approvisionnement (valeurs d'usage direct et indirect, par exemple nourriture, médicaments) et de services culturels (valeurs de non-usage). Les liens entre les services écosystémiques et la vulnérabilité au changement climatique sont illustrés dans la figure 4.

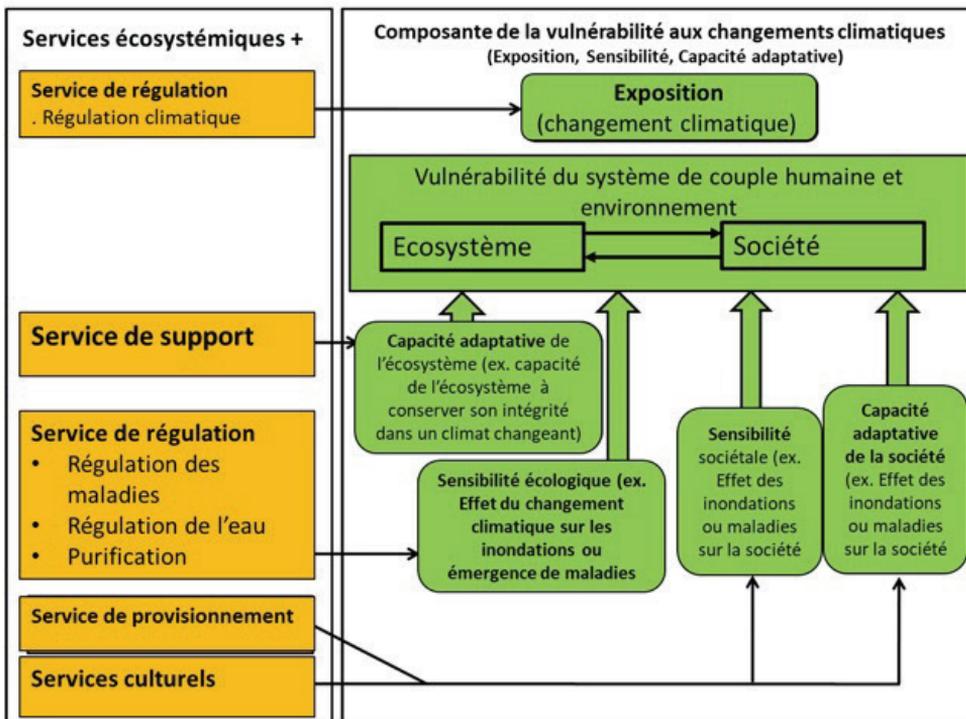


Figure 4. Services écosystémiques et leurs liens avec la vulnérabilité au changement climatique (Locatelli et al. 2008, van de Geest et al. 2019)

En Afrique, la pauvreté rend non seulement les gens vulnérables, mais elle limite également leurs choix, car les catastrophes naturelles telles que les inondations peuvent submerger les ménages pauvres et anéantir leur capacité de résolution. En cas de mauvaises récoltes, les agriculteurs de subsistance n'ont que peu ou pas de moyens alternatifs pour nourrir leurs familles. Les impacts socio-économiques des événements climatiques extrêmes résultent donc de l'interaction entre les conditions naturelles et les facteurs humains tels que les changements d'utilisation et de couverture des sols et la demande et l'utilisation de l'eau. Les prélèvements excessifs d'eau peuvent également exacerber l'impact des événements extrêmes tels que les sécheresses (Tadesse 2010, Anyu et Dzekashu 2020).

En outre, la capacité d'adaptation peut refléter les qualités intrinsèques d'un système qui le rendent plus ou moins capable de s'adapter (par exemple, les relations de coopération entre les espèces dans un écosystème, ou l'abondance relative des parcs ombragés dans les zones urbaines). Dans les systèmes humains, la capacité d'adaptation peut refléter la présence de leaders et d'organiseurs efficaces au sein d'une communauté. Elle peut également refléter les capacités d'une organisation responsable de la gestion des écosystèmes ou de la direction d'une communauté à collecter et à analyser des informations, à communiquer, à planifier et à mettre en œuvre des stratégies d'adaptation qui, au final, réduisent la vulnérabilité aux impacts du changement (Giordano 2014, Ndhleve et al. 2017). Giordano (2014) et Muronzi et Mukarwi (2019) ont ajouté que la capacité d'adaptation peut être affectée par les facteurs suivants :

- » La disponibilité des ressources pour financer l'adaptation.
- » Accès et compétences pour gérer l'information.
- » La flexibilité du système pour s'adapter en réponse à certains stimuli climatiques.
- » Préparation à faire face à s'ajuster et à s'adapter aux risques.
- » Capacité des écosystèmes à s'étendre à de nouvelles zones ou des espèces à migrer.

Les mesures d'adaptation varient selon la manière dont le changement climatique est décrit, le secteur ou l'unité d'exposition qui s'adapte, la manière et le moment de l'adaptation, et la capacité d'adaptation. Il existe potentiellement de nombreuses mesures d'adaptation qui peuvent être adoptées en réponse au changement climatique (Smit et al. 2001, Sharifi 2020). Les mesures de vulnérabilité locales doivent tenir compte de l'échelle, de la dynamique et de la diversité des sociétés afin de transmettre des informations sur des environnements naturels divers et une structure socio-économique hétérogène à plusieurs échelles. Les trois aspects (échelle, dynamique et diversité) sont élucidés ci-dessous.

L'échelle fait référence à l'analyse critique de l'ampleur relative de la référence comme l'échelle locale, nationale, régionale ou mondiale (Ludeña et al. 2015, Crane et al. 2017). L'évaluation à l'échelle locale devient d'une importance critique non seulement en raison des différences environnementales biophysiques des lieux, mais aussi en raison des différences contextuelles socio-économiques au niveau local. En outre, au sein d'un pays ou d'une région, l'hétérogénéité des contextes socio-économiques tels que les institutions, la population, les réseaux sociaux et la culture, peut affecter la vulnérabilité locale au changement climatique (Carina et Keskitalo 2008, Segnon et al. 2020). La dynamique considère l'évaluation d'un point de vue dynamique (Frank et al. 2011, Nyairo et al. 2020). Les études de vulnérabilité globale au changement climatique utilisant des variables de substitution statiques telles que le PIB annuel peuvent ignorer la capacité de résolution dynamique à l'échelle locale sur une période donnée. La perception individuelle et les connaissances accumulées sur le changement climatique qui évoluent dans le temps résultent de l'apprentissage à travers les expériences passées de la réponse des ménages au changement climatique, leurs attitudes, leurs valeurs et leurs normes culturelles (Ludeña et al. 2015, Crane et al. 2017). La diversité envisage de traiter des unités d'analyse de niveau micro, comme l'écosystème des ménages ou des communautés, où il devient possible de saisir la diversité de l'environnement naturel des communautés et leur hétérogénéité socio-économique (Acosta-Michlik et Espaldon 2008, Segnon et al 2020).

2.6.3 Résilience

Les communautés deviennent résilientes lorsqu'elles peuvent efficacement et dans le temps, absorber, résister et se remettre des impacts des aléas tout en préservant ou en restaurant l'identité, les structures de base critiques, les rétroactions et les fonctions (UNISDR 2009). Un écosystème résilient a la capacité de résister aux perturbations et de se restructurer tout en passant par le changement pour rester fondamentalement dans le même état, d'une manière qui permet la persistance des fonctions du système (Walker et Salt 2006, Fentaa et al 2019). La résilience peut être une "résilience technique" ou une "résilience écologique". La résilience technique est associée à la capacité d'un système à revenir à un état plus ou moins antérieur à la perturbation en supposant un seul état stable connu sous le nom de dynamique d'équilibre (Holling 1996, Yousefpour et al 2020). Par exemple, en cas d'augmentation des conditions de sécheresse, les composantes résilients de l'écosystème forestier peuvent se remettre du stress de la sécheresse, avec peu ou pas d'altérations de la composition des espèces. La résilience écologique est la capacité d'un système à absorber les impacts avant d'atteindre un seuil où le système est modifié dans un état différent. De tels systèmes ont plus d'un état stable où la résilience devient la mesure de la capacité de l'écosystème forestier à tolérer le stress (par exemple, une sécheresse prolongée) avant d'être converti en un écosystème végétal différent tel que la brousse ou la prairie. Cependant, les systèmes peuvent connaître plusieurs autres états forestiers différents mais stables où les nouvelles compositions d'espèces, fournissent la plupart ou tous les biens et services qui étaient fournis par l'état initial (Holling 1996, Hart et al 2019).

En Afrique australe, l'expansion des buissons dans les zones forestières devrait augmenter en raison de l'augmentation des concentrations de CO₂ atmosphérique qui est associée à l'augmentation de la couverture végétale ligneuse (Archer et al. 2011). Cela s'explique par le fait que les concentrations élevées de CO₂ atmosphérique réduisent les taux de transpiration des plantes, ce qui augmente la disponibilité de l'eau dans le sol ainsi que la dominance concurrentielle et la productivité des plantes à racines profondes, telles que les arbres et les arbustes (Bond et Midgley, 2000).

Biggs et al. (2015) et Salgueiro-Otero et Ojea (2020) ont identifié sept principes de résilience essentiels pour favoriser la résilience des systèmes socio-écologiques :

- i. maintien de la diversité et de la redondance ;
- ii. gestion de la connectivité;
- iii. gestion des variables et rétroactions lentes ;
- iv. promotion de la réflexion sur les systèmes adaptatifs complexes ;
- v. promotion de l'apprentissage;
- vi. élargissement de la participation ; et
- vii. promotion de systèmes de gouvernance polycentriques.

Un écosystème forestier résilient peut supporter (absorber) des pressions externes et revenir à son état antérieur à la perturbation au fil du temps si les perturbations sont réduites. L'écosystème conserve sa composition taxonomique, sa structure écologique et ses processus. Toutefois, les ressources biologiques et écologiques de l'écosystème influent sur sa résilience et comprennent notamment (i) la diversité des espèces (ii) la variabilité génétique au sein des espèces, et (iii) les pools régionaux d'espèces et d'écosystèmes. La taille des écosystèmes forestiers (généralement, plus ils sont grands et moins ils sont fragmentés, mieux c'est), ainsi que l'état et le caractère du paysage environnant, ont également une incidence sur leur résilience (Thompson et al. 2011, Albrich et al. 2020).

Par conséquent, le maintien et la restauration de la biodiversité forestière augmentent la résilience des forêts aux pressions anthropiques et deviennent une "police d'assurance" essentielle et un filet de sécurité contre les impacts anticipés du changement climatique (Thompson et al. 2011). La diversité au niveau moléculaire au sein d'une espèce, au sein d'une communauté forestière, ou à travers un paysage

et une biorégion représentent des manifestations de la diversité biologique à diverses échelles. Ainsi, les initiatives en matière de biodiversité doivent être envisagées à toutes les échelles (peuplement, paysage, écosystème, biorégion) et inclure tous les éléments (gènes, espèces et communautés). Lorsque la biodiversité augmente dans les forêts plantées et semi-naturelles, la capacité de résilience est renforcée et souvent aussi la productivité (Walker 1995, Bodin et Wimen 2007, Sayer et al. 2017).

Lorsque les écosystèmes résilients répondent à une perturbation, ils suivent une voie de succession, qui ramène l'écosystème à son état structurel et fonctionnel d'avant la perturbation. Cela se produit généralement dans les forêts qui sont dominées par des perturbations à petite échelle. Une perturbation peut être suffisamment grave pour restructurer un écosystème sur une courte période (c'est-à-dire des décennies) ou sur le long terme (c'est-à-dire des siècles). Les forêts peuvent également résister à certaines variations environnementales, par exemple les régimes climatiques au fil du temps. Il est possible d'avoir des écosystèmes très résilients qui ont une faible résistance à une perturbation particulière. Cependant, la plupart des forêts bien développées, en particulier les forêts primaires anciennes, sont à la fois résilientes et résistantes aux changements (Holling 1973, Levin 2015, Behera et al. 2018).

Des facteurs tels que la redondance (chevauchement des niches entre les espèces) et la modularité (interconnexion des composants d'un système) sont également importants pour déterminer la résilience d'un écosystème (Levin 2015, Aquilué et al. 2020). Il y a résistance lorsque la capacité d'un écosystème le rend capable d'absorber des perturbations et de rester largement inchangé (Isling 2016). Le concept de résistance est lié au concept de stabilité car un écosystème forestier reste dans une plage de variation autour d'un état d'écosystème spécifié en réponse à des perturbations mineures. La stabilité montre la capacité à maintenir un équilibre dynamique dans le temps tout en résistant à l'altération vers un état différent. Un écosystème stable persiste lorsqu'il a la capacité d'absorber les perturbations et de rester largement non affecté sur de longues périodes (Thompson et al. 2009, Albrich et al. 2020). La présence de plusieurs espèces dans une communauté végétale peut stabiliser les processus de l'écosystème si les espèces varient dans leurs réponses aux fluctuations environnementales. Si l'abondance d'une espèce augmente, elle peut compenser la diminution de l'abondance d'une autre.

La résilience est démontrée lorsque les écosystèmes peuvent se modifier considérablement par rapport à leur état précédent et revenir malgré tout aux conditions antérieures à la perturbation.

La résistance se manifeste dans les écosystèmes qui résistent mieux au changement que les autres, et qui présentent donc une résistance élevée (Isling 2016).

Les communautés biologiquement diversifiées sont également plus susceptibles de contenir des espèces qui confèrent de la résilience à cet écosystème, car au fur et à mesure qu'une communauté accumule des espèces, il y a plus de chances que chacune d'entre elles possède des traits qui lui permettent de s'adapter à un environnement changeant (Cleland 2011, Lister et al. 2019).

2.6.4 Sensibilité au changement climatique et à ses impacts

Le maintien de la biodiversité des espèces d'arbres dans une zone réduit la sensibilité de cette zone aux maladies. Par exemple, les chênes sclérophylles à feuilles persistantes (par exemple, le chêne vert/*Quercus ilex*, le chêne-liège/*Q. suber*, *Q. coccifera*) ont développé des traits morphologiques qui réduisent leur sensibilité aux incendies de forêt en termes de résistance accrue par opposition à une résilience accrue comme mécanisme de survie alternatif. L'écorce épaisse du chêne-liège protège la couche cambiale des feux d'intensité modérée, ce qui augmente la probabilité de survie de l'arbre. Si l'incendie est suffisamment intense pour brûler la végétation aérienne, les bourgeons dormants seront activés et régénéreront de nouvelles pousses et de nouveaux germes après l'incendie (Thompson et al. 2009, Rainsford et al. 2020).

2.6.5 Réactivité

La réactivité au changement climatique est un facteur déterminant de la résilience, au même titre que les risques et les ressources. La réactivité peut aller au-delà du dialogue sur les risques et comporte trois éléments : l'ampleur des gains de connaissances, l'ampleur du changement d'attitude et l'ampleur de l'action ou de la pratique. Les réponses au changement climatique sont principalement l'atténuation des GES ou l'adaptation. Les activités d'atténuation et d'adaptation améliorent la résilience des systèmes vulnérables et réduisent les dommages potentiels qui peuvent résulter du changement climatique et de la variabilité du climat (GIEC 2014, Sharifi 2020). Le National Research Council (2010) a énuméré plusieurs options et stratégies pour répondre au changement climatique. Il s'agit de :

- » Limiter les émissions de gaz à effet de serre (GES) pour ralentir le rythme et l'ampleur du changement climatique.
- » Prendre des initiatives d'adaptation qui réduisent les dommages potentiels des impacts du changement climatique.
- » Développer la recherche et le développement afin de proposer de meilleures options à faible émission de carbone pour l'économie nationale et mondiale.
- » Améliorer la compréhension scientifique du changement climatique et de ses effets afin de permettre une prise de décision plus éclairée.
- » Réduire les émissions de GES.
- » Réduction de la vulnérabilité à court et à long terme au changement climatique.
- » Réduire les coûts énergétiques et l'exposition à la volatilité des coûts énergétiques.
- » Faciliter la réponse future aux réglementations gouvernementales ou autres visant à réduire les émissions de GES.
- » Établir un leadership économique et promouvoir le développement économique dans les secteurs des technologies vertes.
- » Promotion du statut de leader environnemental.
- » Investissements régionaux, nationaux et mondiaux dans les technologies à faible émission de carbone.
- » Partage des meilleures pratiques en matière d'adaptation au changement climatique.

2.6.6 Adaptabilité

L'adaptabilité est une caractéristique d'un système ou d'un processus qui montre la capacité des acteurs à influencer la résilience. En écologie, l'adaptabilité reflète la capacité à faire face à des perturbations environnementales inattendues. Elle est largement fonction de la composante sociale constituée d'individus et de groupes qui agissent pour gérer le système (Berkes et al. 2003, Dardonville et al. 2020). Elle se mesure par la capacité à contrôler la trajectoire du système (précarité du changement), à modifier les processus en réponse à des dynamiques à d'autres échelles ou à modifier la topologie du paysage de stabilité (latitude et résistance). L'adaptabilité est caractérisée par la volatilité, l'incertitude, la complexité et l'ambiguïté (VICA) (Mack et Khare 2016). Elle peut se situer au niveau individuel, interpersonnel ou de l'équipe/du groupe.

L'adaptabilité individuelle se traduit par un changement de comportement aboutissant à une amélioration des résultats. La motivation est un facteur important pour l'adaptation des individus, car ceux qui cherchent constamment des moyens d'améliorer leurs performances deviennent plus adaptables. L'adaptabilité interpersonnelle est le fruit d'une initiative personnelle et n'est pas imposée de l'extérieur par les exigences de l'environnement ou par un événement extérieur inattendu. L'adaptabilité de l'équipe est émergente et évolue dans le temps, sa dynamique étant influencée par la complexité de la tâche

à accomplir. L'adaptabilité de l'équipe peut être continue, incrémentielle, prévisible, ou imprévisible et perturbatrice. Dans le processus, il peut s'agir de modifications cognitives, affectives, motivationnelles ou comportementales (National Academy of Engineering 2018).

La 'transformabilité' est la capacité de définir et de créer de nouveaux paysages de stabilité en introduisant de nouveaux composants et de nouvelles façons de faire des moyens de subsistance, changeant ainsi les variables de l'état, et parfois de l'échelle, définissant le système.



Activité 2.10 Révision (10 Minutes)

1. Expliquer certaines caractéristiques d'un écosystème hautement résilient.
2. Lister les ressources biologiques et écologiques qui affectent la résilience d'un système.
3. Expliquer les liens entre la capacité d'adaptation des systèmes sociaux et les services écosystémiques.

Résumé

Dans cette section, les caractéristiques/facteurs qui influencent la capacité d'un système à s'adapter au changement et à la variabilité climatiques ont été discutés. La vulnérabilité d'un système aux impacts climatiques est le produit des impacts potentiels (sensibilité et exposition) et de la capacité d'adaptation. La résilience est la capacité d'un système socio-écologique à supporter (absorber) des pressions externes et à revenir, au fil du temps, à son état antérieur à la perturbation, tandis que la résistance est la capacité d'un écosystème à rester inchangé lorsqu'il est soumis à une perturbation. Les systèmes socio-écologiques deviennent résilients lorsqu'ils sont capables d'absorber, de résister et de se rétablir rapidement et efficacement des impacts des risques tout en préservant ou en restaurant l'identité, les structures de base essentielles, les rétroactions et les fonctions. La résilience d'un écosystème est affectée par ses ressources biologiques et écologiques telles que la diversité des espèces, la variabilité génétique au sein des espèces et les pools régionaux d'espèces et d'écosystèmes. La réactivité au changement climatique est un facteur déterminant de la résilience, au même titre que les risques et les ressources au-delà du risque. La réactivité comporte trois éléments basés sur l'étendue des gains de connaissances, l'étendue du changement d'attitude et l'étendue de l'action ou de la pratique. Le changement climatique devrait accroître la sensibilité des forêts aux perturbations, ainsi que la fréquence, l'intensité, la durée et le moment des perturbations. La présence de multiples espèces dans une communauté végétale peut stabiliser les processus de l'écosystème si les espèces varient dans leurs réponses aux fluctuations environnementales. L'adaptabilité est une caractéristique d'un système ou d'un processus qui montre la capacité des acteurs à influencer la résilience. En écologie, l'adaptabilité reflète la capacité à faire face à des perturbations environnementales inattendues, tandis que dans les systèmes sociaux, l'adaptabilité est largement fonction de la composante sociale constituée d'individus et de groupes qui agissent pour gérer le système. L'adaptabilité est essentiellement une situation caractérisée par la volatilité, l'incertitude, la complexité et l'ambiguïté.

Chapitre 3. Actifs, ressources et capitaux pour l'adaptation

3.1 Introduction

La vulnérabilité des communautés est limitée lorsqu'il y a engagement et coordination à l'aide de divers mécanismes, tels que l'octroi de financements, l'intégration de l'adaptation dans les processus de planification du développement et le partage d'informations interdisciplinaires (Groupe d'experts des pays les moins avancés (LDCEG) 2012).



Résultats d'apprentissage

A la fin de cette session, l'apprenant devrait être capable de :

- i. Décrire les atouts et les ressources pour l'adaptation au changement climatique. Appliquer différents outils pour hiérarchiser les options d'adaptation.
- ii. Expliquer les considérations relatives à la prise en compte de l'adaptation au changement climatique.
- iii. Rapporter l'adaptation au changement climatique basée sur les forêts aux politiques et plans de développement.
- iv. Expliquer les mécanismes pertinents de financement de l'adaptation pour le secteur forestier en Afrique.



Activité 3.1 Brainstorming (10 minutes)

Quelle est la relation entre le statut de richesse et la capacité d'adaptation ?

Le succès de l'adaptation dépend de l'agilité de l'agriculteur individuel à répondre aux pressions, fluctuations et stress extérieurs. Le concept de dur-agilité définit les activités qui permettent à l'agilité de l'individu d'être soutenue. Ce concept vient s'ajouter à la durabilité car les deux déterminent si les systèmes existants peuvent survivre ou non. La durabilité à n'importe quel niveau de complexité (par exemple, du système agricole à celui des moyens de subsistance) peut être liée à la dur-agilité des composantes individuelles ou à l'agilité pour trouver et intégrer de nouvelles composantes.

La dur-agilité est "les propriétés et les atouts d'un système qui soutiennent la capacité (agilité) des agents à s'adapter et à répondre à leurs besoins de nouvelles façons" (Jackson et al. 2010).

3.2. Formes de capital

Carney (1998) et Gott et al. (2019) ont montré que la base de ressources pour la dur-agilité peut être considérée à la lumière des cinq types de capital, avec des options partielles mais incomplètes d'échange entre les types de capital : naturel, social, physique, financier et humain (van Noordwijk et al. 2001, Godwin 2003) (Figure 5). Bailey et al. (2019) ont étudié les communautés d'Eswatini et ont constaté qu'en période de sécheresse, le capital social et naturel augmentait l'accès des communautés à d'autres ressources et opportunités qui facilitaient l'adaptation.

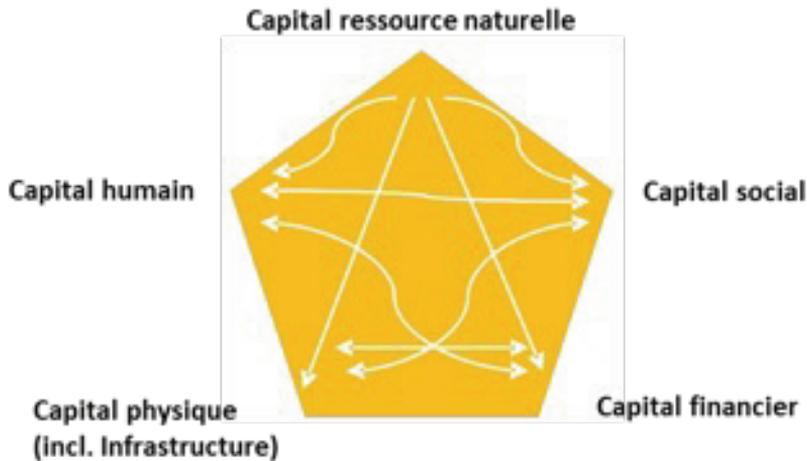


Figure 5. Types de capitaux affectant le développement et la capacité d'adaptation (van Noordwijk et al. 2001).

Les cinq formes de capital sont directement ou indirectement influencées par le changement climatique. Outre le capital, l'adaptation dans les agroécosystèmes affecte la dur-agilité et la durabilité en plus d'autres mécanismes internes et externes liés au capital (Jackson et al. 2010). Il est donc important de renforcer les cinq capitaux afin d'augmenter les capacités de résolution des événements climatiques variables et extrêmes tout en améliorant de manière holistique les moyens de subsistance des communautés (Carney et al. 1998, Gott et al. 2019).

Le capital naturel peut être défini comme les stocks d'actifs naturels du monde, notamment la géologie, le sol, l'air, l'eau et tous les êtres vivants. Il est important pour réduire la vulnérabilité des communautés. La plupart des communautés africaines dépendent des ressources naturelles pour leurs ressources essentielles, ce qui les rend plus vulnérables aux chocs et stress climatiques, tels que la sécheresse, que celles qui ne dépendent pas de l'environnement (Guerry et al. 2015). Dans la plupart des cas, les ressources sont facilement disponibles et ne nécessitent pas de connaissances ou de formations approfondies pour les exploiter (Belay et al. 2017).

Le capital humain comprend les compétences, les connaissances et les expériences possédées par un individu ou une population, considérées en termes de valeur ou de coût pour une organisation ou un pays. Il peut être renforcé en améliorant l'éducation et les compétences pour élargir les opportunités de moyens de subsistance rentables et stables.

Le capital social est essentiel pour renforcer les stratégies de moyens de subsistance en élargissant les opportunités et en réduisant l'écart entre le soutien des groupes externes et celui des liens internes. Wuepper et al. (2018) ont constaté que les petits exploitants agricoles en Éthiopie utilisaient le capital social

et la diversification des revenus comme substituts dans leur gestion des risques. Cependant, le capital social peut être affecté par les réseaux sociaux et politiques, les barrières sociales à la communication au sein et entre les communautés nécessitant un capital physique, tel que l'infrastructure de base de l'électricité, des routes, des ponts et des moyens de communication. Ceci facilite un meilleur accès aux ressources et aux réseaux, transformant les communautés et améliorant leur bien-être (Mbukwa 2014).

Encadré 3.1 Études de cas en Afrique

En Éthiopie, les petits exploitants agricoles s'adaptent au changement climatique en recourant à plusieurs mesures telles que la mise en place de cultures de substitution reconnues pour leur résistance à la chaleur ou à la sécheresse (Bailey et al. 2017). En outre, le capital social et les réseaux communautaires opèrent de diverses manières pour servir de ressources essentielles à l'adaptation à la sécheresse. Wuepper et al. (2017) ont également montré que les ménages ayant un plus grand capital social ont tendance à être plus spécialisés, ce qui implique que la diversification et l'assurance informelle étaient des substituts dans l'atténuation des risques en Éthiopie. Dans une autre étude, Paul et al. (2016) ont constaté que le capital social et la capacité à gérer collectivement l'adaptation au changement climatique étaient positivement associés.

En Afrique australe, les personnes et les communautés se sont toujours adaptées aux variations climatiques à travers des actions d'adaptation liées à leurs ressources et à leurs connaissances et expériences accumulées des schémas météorologiques passés les rendant capables de réagir et de se remettre des extrêmes climatiques, tels que les inondations, les sécheresses et les ouragans (Armitage et Plummer 2010). Les initiatives de gestion communautaire des ressources naturelles ont contribué à renforcer les mesures d'adaptation au changement climatique prises par les communautés au Malawi (par exemple, le projet communautaire Kam'mwamba de gestion et d'utilisation intégrées des ressources naturelles au Malawi), au Mozambique (par exemple, Tchuma Tchato), en Namibie (par exemple, le Mayuni Conservancy) et au Zimbabwe (par exemple, le programme Masoka CAMPFIRE) (Chishakwe et al. 2012).

Tibesigwa et al. (2014) ajoutent que les actions d'adaptation créées par le capital social sont souvent plus réalisables et plus réussies que celles impulsées par d'autres types de capital. Le capital social peut être créé par des programmes de nature participative, comme la gestion participative des forêts ou la gestion communautaire des ressources naturelles. Ainsi, le capital social permet d'obtenir des moyens de subsistance plus diversifiés qui ont une plus grande capacité à résister aux stress et permettent un meilleur accès à d'autres types de capital (Cassidy et Barnes 2012). L'encadré 3.1 présente des exemples d'avantages du capital social et naturel.

En économie, le capital physique représente l'un des trois principaux facteurs de production, car il s'agit de l'appareil utilisé pour produire des biens et des services. Le capital physique représente les biens tangibles fabriqués par l'homme qui aident et soutiennent le processus de production. Il s'agit de l'accès aux infrastructures et aux biens physiques locaux et de leur qualité, et il est positivement associé à la sécurité alimentaire et à l'adaptation agricole (Mbukwa 2014).

Le capital financier repose sur la régularité, le niveau et la diversité des revenus des ménages. Pour les stratégies d'adaptation, la diversification des revenus facilite l'engagement ou l'investissement dans d'autres activités de subsistance. Les ménages disposant d'un capital financier plus important ont un meilleur accès aux informations et aux opportunités et sont souvent moins enclins à prendre des risques, ce qui favorise l'adaptation (Deressa et al. 2009). Les activités qui peuvent réduire la vulnérabilité comprennent la gestion des sols et de l'eau pour réduire l'érosion et l'engorgement des sols, l'amélioration des rendements et la diversification des cultures et des animaux pour combler les lacunes saisonnières dans l'approvisionnement alimentaire, le boisement et la restauration/conservation des forêts et la diversification des revenus par l'utilisation des produits forestiers non ligneux disponibles et d'autres emplois (FAO 2004).



Activité 3.2 Révision

Expliquer la différence entre le capital naturel et le capital physique

Résumé

Au cours de cette session, il a été démontré que le succès de l'adaptation dépend de l'agilité des individus à répondre aux pressions, fluctuations et stress extérieurs et s'articule autour de cinq types de capital qui ont des options d'échange partielles mais incomplètes entre eux, à savoir : naturel, social, physique, financier et humain. Ces cinq formes de capital sont directement ou indirectement influencées par le changement climatique. La vulnérabilité des communautés est atténuée lorsqu'il y a engagement et coordination à l'aide de divers mécanismes, tels que l'octroi de fonds, l'intégration de l'adaptation dans les processus de planification du développement et le partage d'informations interdisciplinaires.

Pour plus d'information : Chishakwe N, Murray L, Chambwera M. 2012. Building climate change adaptation on community experiences: Lessons from community-based natural resource management in southern Africa. IIED London. Available at : 22073490 (osti.gov)

3.3 Mécanismes de financement de l'adaptation

Le financement de l'adaptation peut passer par des mécanismes individuels ou du secteur privé, nationaux, bilatéraux ou multilatéraux. Les fonds pour le climat passent normalement par des canaux multilatéraux, au sein et en dehors du mécanisme financier de la CCNUCC, et de plus en plus par des canaux bilatéraux, ainsi que par des canaux et fonds régionaux et nationaux pour le changement climatique (Bird et al. 2017). Bird et al. (2017) ont ajouté que l'architecture du financement pour le climat est complexe et évolue constamment pour soutenir l'atténuation et/ou l'adaptation. Il s'agit notamment du Fonds d'adaptation (FA), du Programme d'investissement forestier (PIF), du Fonds de partenariat pour le carbone forestier (FPCF), du Fonds pour les technologies propres (FTC), du Fonds pour l'environnement mondial (FEM), du Fonds pour les pays les moins avancés (FPMA), du Programme pilote sur la résilience climatique (PPCR), du Programme de développement des énergies renouvelables (PDER) et du Fonds spécial pour le changement climatique (FSCC). La mise en œuvre se fait par le biais de partenariats publics, privés ou public/privé et est réalisée par des agences des Nations Unies ou des banques multilatérales de développement (BMD) ou en tant qu'agences multilatérales de mise en œuvre ou entités nationales de mise en œuvre accréditées.



Résultats d'apprentissage

A la fin de cette session, l'apprenant devrait être capable de :

- i. Décrire quelques types de mécanismes de financement pour les projets d'adaptation
- ii. Décrire les modalités de mise en œuvre des finances climatiques.



Activité 3.3 Brainstorming (10 minutes)

Décrire les formes de financement de l'adaptation bien connu.

3.3.1 Financement du secteur privé

Le changement climatique pose plusieurs problèmes aux communautés et aux entreprises vulnérables dans le monde entier. Le secteur privé a des motifs différents de ceux du secteur public pour investir dans l'adaptation et ils agissent souvent sans aucun soutien public, mais ils peuvent accompagner les activités publiques d'adaptation sur le terrain, notamment dans les secteurs prioritaires tels que l'eau et l'agriculture.

Un partenariat public-privé est "un contrat à long terme entre une partie privée et une entité gouvernementale, pour la fourniture d'un actif ou d'un service public, dans lequel la partie privée assume un risque et une responsabilité de gestion significatifs" (Carter et al. 2014).

Des partenariats public-privés plus solides peuvent servir de vecteur important pour renforcer la résilience climatique tout en créant des opportunités commerciales. En plus du financement du secteur privé, la CCNUCC dispose d'une plateforme centralisée pour soutenir les investissements du secteur privé dans les activités d'adaptation, appelée Initiative du secteur privé (ISP), qui est soutenue par le Programme de travail de Nairobi (PTN) et se focalise sur les impacts, la vulnérabilité et l'adaptation au changement climatique. Les initiatives représentent des interventions privées d'adaptation dans le monde entier et couvrent une variété d'entreprises et de secteurs tels que : l'eau, les assurances, l'alimentation et l'agriculture, le conseil, la gestion de l'environnement, les infrastructures et les transports, le tourisme et le secteur financier (Biagina et Millaer 2013, Ng'Andwe et al. 2017, Popoola et al. 2020). Les entreprises privées mettent en œuvre des actions visant à réduire les risques pour leurs activités commerciales, ainsi qu'à investir dans des mesures d'adaptation dans les régions vulnérables de manière durable et rentable (CCNUCC 2012). Les initiatives comprennent :

- » Recherche de nouvelles opportunités de marché et expansion ;
- » Développement de biens et de services respectueux du climat ;
- » Initiatives de réduction des coûts ;
- » Mesures de réduction des risques, y compris les opérations physiques ;
- » Protection climatique de la chaîne d'approvisionnement ;
- » Renforcement de leur responsabilité sociale d'entreprise.

L'initiative offre une plateforme permettant aux entreprises de contribuer à une riposte forte et efficace, de manière durable et rentable, à la fois dans le cadre de leurs propres efforts d'adaptation et, surtout, dans celui des pays et communautés plus vulnérables dans le monde. L'ISP combine la capacité du secteur privé à innover et à produire de nouvelles technologies d'adaptation, et son levier financier pour former une partie importante des partenariats multisectoriels nécessaires entre les acteurs gouvernementaux, privés et non gouvernementaux. Certaines initiatives sont mises en œuvre par des multinationales (par exemple Allianz, Anglo American, Nestlé, GlaxoSmithKline et Siemens), d'autres par des petites et moyennes entreprises (par exemple Banka Biolo, Ignita), des instituts de recherche (Acclimatise, Ecofys), des organisations à but non lucratif (EWW, Fonkoze) et des entreprises publiques (Network Rail, ÖBB). Par exemple, en Égypte, Allianz a travaillé en collaboration avec Planet Finance, Surety Fund et un certain nombre de réassureurs européens pour développer un projet pilote offrant une assurance décès et invalidité à plus de 30 000 clients. Ces projets fonctionnent dans le monde entier, avec quelques projets pilotes impliquant le secteur privé en Afrique (CCNUCC 2020a). Les compagnies d'assurance internationales sont également impliquées dans une certaine mesure dans le financement du climat en Afrique. Les partenariats public-privé (PPP) sont initiés et cofinancés par des organisations multilatérales ou bilatérales telles que la Banque mondiale, GIZ, (DfID) ou USAID (Troilo 2011).

3.3.2 Financement au niveau national

Certains gouvernements en Afrique financent l'adaptation et les technologies d'adaptation, comme l'approvisionnement en eau, la recherche, les interventions agricoles ou la construction de barrages. Souvent, ces activités ne sont pas allouées à l'adaptation mais font partie du budget gouvernemental plus large pour les secteurs de l'agriculture, de la biodiversité ou de la foresterie. Certains pays, comme le Bénin, l'Éthiopie, le Mali, le Rwanda et l'Afrique du Sud, disposent de fonds nationaux dédiés au changement climatique, certains programmes d'action climatique étant partiellement financés par les budgets nationaux, tandis que d'autres ont proposé des fonds climatiques nationaux dans leurs stratégies et plans d'action sur le changement climatique (Bird et al. 2017).

- » Le Fonds vert du Rwanda (FONERWA) investit dans la création de richesses durables et la réduction de la pauvreté en fournissant un financement stratégique qui accélère l'engagement du Rwanda à construire une économie forte, résiliente au climat et verte.
- » Le Fonds a levé environ 40 millions USD pour des investissements stratégiques en matière de résilience climatique et a permis de créer plus de 137 500 emplois verts, de fournir à plus de 57 500 ménages un meilleur accès à une énergie propre hors réseau et de protéger 19 500 ha de terres contre l'érosion des sols.
- » Les propositions de financement sont approuvées sur la base d'une évaluation minutieuse afin de s'assurer que leur retour sur investissement contribue à la résilience climatique du Rwanda.

Source : CCNUCC (2021).

L'un des premiers fonds d'investissement nationaux pour l'environnement et le changement climatique en Afrique est le Fonds vert du Rwanda (FONERWA) qui investit dans des projets publics et privés qui entraînent des changements transformateurs (UNFCCC 2021).

3.3.3 Financement bilatéral

Les gouvernements donateurs bilatéraux et leurs agences ont contribué à hauteur de 2,4 milliards USD supplémentaires, en moyenne, en 2015-16 pour le financement de l'adaptation. Certains acteurs bilatéraux clés ont mis en place des initiatives dédiées au climat pour soutenir le développement et la mise en œuvre d'activités d'atténuation et d'adaptation au changement climatique à l'échelle internationale. D'autres, comme le gouvernement français, ont intégré des sous-programmes connexes dans des initiatives existantes consacrées au climat ou à l'environnement (Tippmann et al. 2013).

Le Programme d'adaptation pour l'Afrique (PAA) a été lancé en 2008 par le PNUD en partenariat avec l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (ONUDI), le Fonds des Nations Unies pour l'enfance (UNICEF) et le Programme alimentaire mondial (PAM) et avec un soutien de 92,1 millions de dollars US du gouvernement du Japon. Le PAA a été établi au titre du Cadre conjoint Japon-PNUD pour la mise en place d'un partenariat visant à lutter contre le changement climatique en Afrique, qui a été fondé lors de la quatrième Conférence internationale de Tokyo sur le développement de l'Afrique (TICAD) en mai 2008. Un soutien a été accordé sur une période de trois ans pour renforcer la capacité d'adaptation des 20 pays du PAA, en encourageant une action d'adaptation précoce et en jetant les bases d'un investissement à long terme pour accroître la résilience au changement climatique sur l'ensemble du continent africain (Helmre 2013)

La plupart d'entre eux appliquent des critères de sélection des projets climatiques/environnementaux spécifiques et dédiés, ainsi que des critères d'investissement généraux. Ces critères comprennent le cofinancement, l'expertise, la gestion et les capacités financières des organisations chargées de la mise en œuvre. Les principaux programmes et initiatives bilatéraux sur le climat sont :

- » International Climate Initiative (ICI), Allemagne ;
- » Fonds français pour l'environnement mondial (FFEM), France ;
- » Fonds international pour le climat (FIC), Royaume-Uni ;
- » Initiative Hatoyama/Financement rapide (FSF), Japon ;
- » Fonds pour l'adaptation en Afrique (Japon-PNUD).

3.3.4 Financement multilatéral

Il existe douze entités multilatérales exécutives, dont seulement trois sont en Afrique, à savoir la Banque africaine de développement (BAD), le PNUD et le PNUE. Les institutions multilatérales de financement du développement fournissent un financement public mondial pour l'adaptation, avec environ 8 milliards de dollars US, soit 36 % du financement total de l'adaptation suivi en 2015/2016. À la fin de 2018, le mécanisme de développement propre (MDP) avait également fourni environ 200 millions de dollars US au Fonds d'adaptation sur toute sa période de fonctionnement (Micale et al. 2018).

Le Fonds vert pour le climat (FVC) de la CCNUCC est considéré comme le principal mécanisme potentiel de financement international du climat. Il vient en complément aux nombreux fonds multilatéraux existants, tels que le Fonds pour l'environnement mondial (FEM), le Fonds d'adaptation (FA) et les Fonds d'investissement climatique (FIC). L'appui du FVC à la foresterie vise à accroître la résilience et à renforcer les moyens de subsistance des personnes, des communautés et des régions les plus vulnérables, à améliorer la santé et le bien-être des populations, à renforcer la sécurité alimentaire et hydrique et à améliorer la résilience et les services des écosystèmes. Le fonds soutient également la formulation de PAN dans les pays en développement et aide à la création de capacités techniques et au renforcement des cadres institutionnels. En outre, le FVC soutient les projets qui favorisent les changements de paradigme visant à un équilibre 50/50 entre le financement de l'atténuation et de l'adaptation (Fonds vert pour le climat 2020).

Le FEM a établi la Priorité Stratégique d'Adaptation (PSA) en 2001, avec 50 millions de dollars US au titre de la PSA, dont 5 millions de dollars US ont été consacrés au pilotage d'initiatives d'adaptation communautaires par le biais du Programme de Petites Subventions (PPS). La Caisse du FEM et sa PSA soutiennent les activités visant l'adaptation tout en générant des avantages pour l'environnement mondial. Le Fonds spécial comprend le Fonds pour les pays les moins avancés (FPMA) et le Fonds spécial pour le changement climatique (FSCC), le FSCC étant en partie conçu pour financer des activités d'adaptation qui renforcent la résistance aux effets du changement climatique et se concentrant sur les mesures d'adaptation principalement dans les secteurs des ressources en eau, de l'agriculture, des terres, de la santé, du développement des infrastructures, de la préparation aux catastrophes, des écosystèmes fragiles et des zones côtières (CCNUCC 2007). Le FEM soutient les besoins et les priorités des pays, en offrant une certaine flexibilité pour combiner l'assistance technique et le renforcement des capacités des PAN avec le financement des PANA ciblant les investissements d'adaptation réels pour la mise en œuvre. Par le seul biais du FPMA, un total de 41,7 millions de dollars américains a été approuvé pour les PAN des PMA au 30 juin 2017. Depuis la création du FEM en 1991, 343 projets d'adaptation ont été financés avec plus de 1,6 milliard USD de subventions fournies par le biais du FPMA, du FSCC et du programme SPA, tandis que plus de 7 milliards USD ont été mobilisés auprès d'autres sources (CCNUCC 2019). En juillet 2017, environ 80 % du financement de l'adaptation avait ciblé les PMA, les petits États insulaires en développement (PEID) et les États africains. L'encadré 3.2 présente des exemples de projets financés par le fonds d'adaptation en Afrique

Le Fonds d'investissement pour le Climat (FIC) a été créé en 2008. Il s'agit de l'un des plus grands instruments au niveau mondial de financement accéléré de la lutte contre le changement climatique,

avec 7,6 milliards de dollars approuvés pour accorder des subventions, des prêts concessionnels, des instruments d'atténuation des risques et des fonds propres dans 72 pays en développement et à revenu intermédiaire, en mobilisant des financements importants du secteur privé, des banques multilatérales de développement (BMD) et d'autres sources. Cinq BMD notamment la Banque africaine de développement (BAD), la Banque européenne pour la reconstruction et le développement (BERD), la Banque asiatique de développement (BAD), la

Encadré 3.2 Exemples de projets financés par des fonds d'adaptation en Afrique

Au total, 27 projets dans 29 pays africains ont été financés par le biais du fonds d'adaptation depuis juin 2010 avec une allocation totale de subventions de 204,5 dollars US, dont 45,5 millions de dollars US alloués à la sécurité alimentaire, 39,9 millions de dollars US à des projets de gestion de l'eau et 36,3 millions de dollars US. millions pour des projets agricoles, sans cibler la foresterie. Parmi les projets financés par le fonds d'adaptation, il faut citer entre autres :

- » Intégrer la gestion des crues et des sécheresses et l'alerte précoce pour l'adaptation au changement climatique dans le bassin de la Volta », mis en œuvre par l'OMM au Bénin, au Burkina Faso, en Côte d'Ivoire, au Ghana, au Mali et au Togo.
- » Promouvoir une agriculture intelligente face au climat en Afrique de l'Ouest, mise en œuvre par la Banque ouest-africaine de développement pour réduire la vulnérabilité des agriculteurs et des éleveurs à l'augmentation du risque climatique, qui compromet le niveau de sécurité alimentaire, la génération de revenus et les services écosystémiques de soutien des communautés pauvres au Bénin, au Burkina Faso, au Ghana, au Niger et au Togo.
- » Restaurer les services écosystémiques marins en réhabilitant les récifs coralliens pour répondre à un avenir climatique changeant, mis en œuvre par le PNUD à Maurice et aux Seychelles.
- » Adaptation à l'érosion côtière dans les zones vulnérables mise en œuvre par le Centre de Suivi Ecologique au Sénégal et réduction de la vulnérabilité et augmentation de la résilience des communautés côtières dans les îles du Saloum (Pandy et Rogerson 2021).
- » Réduire la vulnérabilité au changement climatique au Rwanda grâce à des initiatives communautaires mises en œuvre par le ministère de l'Environnement du Rwanda.
- » Usines pilotes de dessalement en milieu rural utilisant l'énergie renouvelable et la technologie membranaire mises en œuvre par la Desert Research Foundation of Namibia (DRFN) en Namibie (5 millions de dollars US).

Les autres pays financés sont l'Éthiopie, le Ghana, la Guinée-Bissau, le Kenya, le Lesotho, le Mali, Maurice, le Maroc, la Sierra Leone, l'Afrique du Sud et 17 autres (Adaptation Fund 2019).

Banque interaméricaine de développement (BID) et le Groupe de la Banque mondiale (GBM)- soutiennent la mise en œuvre des projets et programmes financés par le FIC. Le FIC comprend deux programmes clés : le Fonds pour les technologies propres (FTP) et le Fonds stratégique pour le climat (FSC) (FIC 2019).

Le Fonds pour les technologies propres (FTP) (environ 4,9 milliards de dollars pour 85 projets) favorise le financement à grande échelle de la démonstration, de la distribution et du transfert de technologies à faible émission de carbone qui présentent un potentiel important de réduction à long terme des émissions de GES. Les projets soutenus relèvent principalement de trois secteurs : L'électricité (réduction de l'intensité de carbone grâce aux énergies renouvelables et aux technologies hautement efficaces), les transports (efficacité et transfert modal) et l'efficacité énergétique dans l'industrie, les bâtiments et l'agriculture. Le fonds est administré par la Banque mondiale et finance un programme régional et 12 programmes nationaux (FIC 2018).

Les investissements du secteur privé dans la lutte contre le changement climatique peuvent également être soutenus par le FIC. Depuis 2009, le FIC a alloué 2,3 milliards de dollars à des projets du secteur privé dans des programmes de technologies propres, de résilience climatique, de foresterie durable et d'accès à l'énergie dans les pays du FIC. Les fonds sont décaissés par le biais de plans d'investissement nationaux et régionaux dans le cadre de deux mécanismes de financement dédiés, les programmes dédiés au secteur privé et la mise en réserve du secteur privé (FIC 2018).

Le Fonds stratégique pour le climat (FSC) soutient trois programmes :

- » Le Programme d'Investissement Forestier (PIF), qui fournit un financement à grande échelle pour les réformes de préparation et les investissements publics et privés afin de soutenir les efforts des pays en développement pour réduire les émissions dues à la déforestation et à la dégradation des forêts, avec environ 740 millions de dollars. Il finance également des programmes s'attaquant aux causes sous-jacentes de la déforestation et de la dégradation des forêts et permet de surmonter les problèmes qui ont entravé les progrès des efforts passés. Les pays africains qui ont bénéficié de ce fonds sont notamment le Burkina Faso, le Cameroun, la République du Congo, la Côte d'Ivoire, le Ghana, le Mozambique, le Rwanda, la Tunisie et la Zambie (FIC 2019).
- » Le Programme Pilote sur la Résilience au Climat (PPRC) est devenu le premier programme opérationnel du FSC en 2008, visant à initier et à démontrer les moyens d'intégrer le risque climatique et la résilience dans la planification principale du développement et à renforcer d'autres initiatives en cours. Le PPRC aide quatorze pays en développement à faire progresser leurs actions de transformation climatique. Environ 1,2 milliard de dollars ont été investis dans des programmes pilotes (ibid).
- » Le programme de développement des énergies renouvelables (PDER) investit environ 740 millions de dollars pour démontrer la faisabilité économique, sociale et environnementale des voies de développement à faible émission de carbone dans le secteur énergétique des pays en développement. Il crée de nouvelles opportunités économiques et améliore l'accès à l'énergie en produisant et en utilisant des énergies renouvelables. Par exemple, la stratégie de développement à faible émission de carbone du Guyana de 2009, qui était axée sur les paiements pour la préservation de sa forêt tropicale par le biais du mécanisme REDD+, prévoyait que les paiements serviraient à financer des énergies propres (en particulier l'hydroélectricité), à développer les économies villageoises, à soutenir l'adaptation aux inondations et à renforcer les soins de santé et l'éducation (Pharo 2015). Les pays africains qui ont bénéficié du PDER sont le Bénin, l'Éthiopie, le Ghana, le Kenya, le Lesotho, le Liberia, Madagascar, le Malawi, le Mali, la Sierra Leone, la Tanzanie, l'Ouganda et la Zambie (FIC 2019).



Activité 3.4 Révision

1. Décrire certains des mécanismes de financement de l'adaptation qui peuvent être appliqués au niveau régional.
2. Donner des exemples de mécanismes de financement bilatéraux et multilatéraux.

Résumé

Dans cette section, le financement de la lutte contre le changement climatique passe normalement par des canaux multilatéraux, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur du mécanisme financier de la CCNUCC, et de plus en plus par des canaux bilatéraux, ainsi que par des canaux et fonds régionaux et nationaux de lutte contre le changement climatique a été décrit. Les initiatives du secteur privé peuvent également soutenir l'adaptation au changement climatique par le biais de partenariats public-privé. Les fonds multilatéraux comprennent les fonds verts pour le climat, les fonds d'investissement climatique et les fonds stratégiques pour le climat. Le FVC complète un grand nombre des fonds multilatéraux existants pour le changement climatique, tels que le Fonds pour l'environnement mondial (FEM), le Fonds d'adaptation (FA) et les Fonds d'investissement climatique (FIC). Le Fonds climatique stratégique soutient trois programmes : Programme d'investissement forestier, Programme pilote de résilience climatique et Programme de mise à l'échelle des énergies renouvelables. Dans le cadre du FIC, il y a le Fonds pour les technologies propres et le Fonds stratégique pour le climat..

3.4 Intégration de l'adaptation au changement climatique dans les politiques, plans, programmes et projets de développement

3.4.1 Introduction

Dans la section précédente, il a été expliqué qu'il existe différentes manières de financer les initiatives d'adaptation. Le financement suit des processus et des procédures stipulées et ils exigent l'alignement des activités sur les programmes de développement nationaux. Alors que toutes les sociétés, dans une certaine mesure, se sont adaptées ou sont en train de s'adapter aux effets négatifs du changement climatique, dans la plupart des cas, les capacités d'adaptation aux variabilités émergentes et aux changements rapides sont significativement différentes, ce qui entraîne un besoin de soutien politique pour les besoins d'adaptation (PNUD-PNUE 2011). La réalisation des objectifs nationaux de développement est largement influencée par le changement climatique à travers ses impacts sur la santé, les moyens de subsistance et le développement économique. Les politiques ou stratégies d'adaptation doivent donc être intégrées dans des politiques de développement plus larges, car le changement climatique est une question transversale. Dans cette section, les questions liées à l'intégration de l'adaptation au changement climatique dans les activités de développement seront abordées.



Résultats d'apprentissage

À la fin de cette section, l'apprenant devrait être capable de :

- i. Expliquer les considérations relatives à la prise en compte de l'adaptation au changement climatique.
- ii. Expliquer les approches utilisées pour intégrer l'adaptation au changement climatique dans le développement.
- iii. Expliquer les caractéristiques des bonnes approches politiques.
- iv. Décrire les objectifs des initiatives d'adaptation basées sur les forêts.



Activité 3.5 Discussion en groupe (10 minutes)

Que traduit l'intégration de l'adaptation au changement climatique?.

3.4.2 Intégrer l'adaptation au changement climatique dans les processus de développement

L'intégration de l'adaptation au changement climatique est un processus qui prend en compte les conséquences des risques climatiques dans tous les domaines du développement national et comprend l'intégration des considérations d'adaptation dans les processus d'élaboration des politiques, de budgétisation et de mise en œuvre aux niveaux national, sectoriel et infranational (PNUD 2004, PNUD-PNUE 2011). Les processus de développement doivent être ajustés pour prendre en compte les mesures de préparation aux catastrophes/changement climatique, d'atténuation, d'évitement, de réponse et de récupération pour faire face aux risques climatiques. Ainsi, l'adaptation s'inscrit dans les résolutions de multiples secteurs en fonction de la nature de l'intervention, de ses échelles temporelles et spatiales et de son contexte institutionnel. La coordination et l'engagement à travers les multiples niveaux sont souvent essentiels pour renforcer les efforts d'adaptation et offrir des opportunités pour promouvoir un changement transformationnel. L'intégration peut se faire à tous les niveaux à savoir local, sectoriel, national, régional ou international.

Les décideurs et les planificateurs ou gestionnaires responsables de secteurs tels que l'agriculture, les ressources en eau et les zones côtières, qui sont les plus touchés par les catastrophes liées au changement climatique, doivent anticiper et intégrer les futurs impacts du changement climatique dans leurs plans sectoriels (Groupe d'experts des pays les moins avancés, 2012). Au niveau national, les décideurs politiques doivent prendre en compte les impacts potentiels dans les différents secteurs et prendre des décisions politiques entre les secteurs. L'élaboration des politiques nationales prend en compte toutes les politiques (et actions) existantes, de sorte qu'au final, les vulnérabilités au changement climatique n'augmentent pas, ce qui élimine les problèmes de maladaptation au changement climatique. En outre, les manques d'adaptation doivent également être traités (Niang et al. 2014). Par exemple, si le secteur agricole néglige les efforts de développement et de gestion des ressources naturelles dans les zones marginales, ou s'il n'existe pas de marchés pour les produits agricoles, la conséquence peut être par exemple la déforestation et la dégradation des forêts.

Il existe d'autres secteurs où l'intégration peut être nécessaire au niveau régional. On peut citer les bassins fluviaux tels que la vallée du Zambèze et le Nil ou les principales zones sujettes à la sécheresse telles que le Sahel. Les programmes peuvent se concentrer sur les initiatives les plus appropriées au niveau régional, par exemple en Afrique de l'Est, en Afrique de l'Ouest, en Afrique australe ou en Asie du Sud. Le niveau régional est également la plus petite échelle (du moins à l'heure actuelle) à laquelle les impacts potentiels du changement climatique selon différents scénarios peuvent être modélisés efficacement (Christensen et al. 2007, Nursey-Bray et al. 2020).

Au niveau mondial, les actions de lutte contre le changement climatique nécessitent la coopération de la communauté mondiale des nations pour agir ensemble dans le cadre de la CCNUCC, ainsi que d'autres efforts axés sur le développement. Par exemple, la réalisation de nombreux ODD peut être compromise par les événements climatiques et les capacités socio-écologiques d'adaptation (Ansuategi et al. 2015). La coopération internationale est également indispensable pour développer des mécanismes de financement innovants. Les réponses politiques internationales et les financements créés dans le cadre de la CCNUCC et du Protocole de Kyoto aident les nations plus vulnérables qui n'ont pas la capacité adéquate pour s'adapter au changement climatique. Les politiques internationales facilitent la conformité des parties et sont intégrées dans les politiques régionales et nationales appropriées (groupe d'experts des pays les moins avancés 2012), par exemple en matière de gestion durable des forêts, d'adaptation au changement climatique et d'atténuation de ses effets et de conservation de la biodiversité.

Les mesures d'adaptation varient en fonction des circonstances, bien qu'une approche de planification et de financement de l'adaptation basée sur des projets risque de ne pas donner des résultats à l'échelle nécessaire pour une adaptation à long terme. La meilleure solution pourrait être la formulation de politiques nationales d'adaptation ou de stratégies de lutte contre le changement climatique en utilisant des approches politiques transversales et intégrées. Vij et al. (2017) ont analysé les approches politiques d'adaptation au climat et leurs caractéristiques, et ont identifié cinq approches et quatre caractéristiques clés des politiques d'adaptation. Les approches comprennent les scénarios, la planification (spatiale) stratégique, la prise de décision rigoureuse (RDM), les voies d'adaptation et la gouvernance adaptative. Ces approches facilitent la prise en compte du changement climatique dans le développement. Le tableau 3 décrit les cinq approches de la CCNUCC et leurs caractéristiques. Ces approches comprennent la méthode de l'adaptation par pathway, l'adaptation basée sur les écosystèmes (AbE), l'adaptation basée sur les communautés (AbC), les moyens de subsistance et la diversification économique ainsi que les approches basées sur les risques.

Les bonnes approches politiques d'adaptation doivent présenter les caractéristiques suivantes :

- » flexibles ;
- » évolutives ;
- » prise en compte des incertitudes ;
- » résilientes ;

- » changement progressif ou graduel ;
- » orienté vers le temps ;
- » échelle locale, nationale ou internationale ;
- » expérimental et réactif.

Tableau 3. Approches politiques pour l'adaptation.

Approches	Description
Méthode de l'adaptation par pathway	<ul style="list-style-type: none"> » donne la priorité à la gestion des risques existants » élabore un ensemble de voies d'adaptation à long terme parmi lesquelles choisir » peut utiliser des modèles
L'adaptation basée sur les écosystèmes (AbE)	<ul style="list-style-type: none"> » solution naturelle qui utilise les services écosystémiques pour réduire la vulnérabilité » implique une série de parties prenantes en harmonisant leurs besoins avec les résultats de la planification et » forge des partenariats pour la mise en œuvre.
L'adaptation basée sur les communautés (AbC)	<ul style="list-style-type: none"> » souligne l'importance d'impliquer les communautés locales, en particulier les groupes et les personnes vulnérables, dans le processus d'adaptation
Moyens de subsistance et diversification économique	<ul style="list-style-type: none"> » »créé un environnement permettant aux populations de se tourner vers des sources de revenus supplémentaires tout en maintenant un certain niveau de qualité de vie
Approches basées sur les risques	<ul style="list-style-type: none"> » se concentre sur la réduction des risques et de la vulnérabilité identifiés. » L'approche comprend quatre étapes : 1. Identification des risques pertinents; 2. Caractérisation de ces risques; 3. Sélection des options politiques pour faire face aux risques ; 4. Retour d'information pour répondre aux risques en développement.

(Source : CCNUCC 2019)

Les cadres utilisés par les pays en développement pour planifier et mettre en œuvre leur adaptation réactive comprennent le programme d'action national d'adaptation (PANA), l'approche d'adaptation à base communautaire (AbC), le cadre de politique d'adaptation (CPA) et l'approche d'adaptation basée sur les écosystèmes (AbE) (UN climate change secretariat 2019). Une adaptation efficace au changement climatique doit donc intégrer les impacts potentiels dans les stratégies et plans en cours aux niveaux sectoriel et national (Huq et al. 2003, Yoseph-Paulus et Hindmarsh 2018). Lorsque les planificateurs et les gestionnaires sont équipés de méthodologies et d'outils appropriés, ils devraient être en mesure d'intégrer les questions liées au changement climatique dans leur planification normale à des coûts minimaux.

Les réponses nationales d'adaptation devraient être formulées dans le cadre de politiques de développement plus larges, y compris dans des domaines qui ne sont pas exactement liés au changement climatique. L'intégration des plans d'adaptation nationaux dans les processus et stratégies de planification du développement national contribuera à réduire la vulnérabilité aux effets néfastes du changement climatique (secrétariat des Nations unies sur le changement climatique, 2019). Le processus d'intégration de l'adaptation au changement climatique est un processus itératif pluriannuel et multipartite intégrant le changement climatique dans les processus d'élaboration des politiques, de budgétisation, de mise en œuvre et de suivi à tous les niveaux (national, sectoriel et infranational). Cela implique de collaborer et de travailler en réseau avec les acteurs gouvernementaux et non gouvernementaux, afin d'inclure les impacts du changement climatique sur le bien-être humain, la croissance économique favorable aux pauvres et la réalisation des ODD (PNUD-PNUE 2011).

L'intégration de l'adaptation dans le développement nécessite donc que les principaux acteurs du développement (gouvernements, agences internationales de financement du développement, ONG, communautés locales, etc.) sensibilisent davantage sur les impacts potentiels du changement climatique et les intègrent dans leurs activités normales. Le cadre de l'intégration se compose de trois éléments où les parties prenantes sont importantes tout au long du processus.

Cadre pour l'intégration de l'adaptation au changement climatique

1. Préparation du contexte pour l'intégration de l'adaptation par une bonne compréhension des liens entre le changement climatique et les priorités nationales de développement et par une bonne compréhension des contextes gouvernementaux, institutionnels et politiques qui influencent les efforts visant à définir des résultats d'adaptation favorables aux pauvres. Trouver des points d'entrée dans la planification du développement et plaider en faveur de la prise en compte de l'adaptation.
2. Intégration de l'adaptation au changement climatique dans les processus politiques par son intégration dans les processus politiques en cours, tels que la planification du développement national ou les stratégies sectorielles, sur la base de données spécifiques au pays (c'est-à-dire les évaluations de la vulnérabilité, de l'impact et de l'adaptation, les enquêtes socio-économiques et les projets pilotes).
3. Relevement de défi de la mise en œuvre en veillant à ce que l'adaptation au changement climatique soit intégrée dans la planification budgétaire et le financement, la mise en œuvre et le suivi, l'intégration devant être une pratique standard.

(Source : PNUD-PNUE 2011)

Les politiques nationales visant à promouvoir l'adaptation des forêts au changement climatique devraient être fondées sur divers objectifs tels que :

- Réduire les menaces non climatiques pesant sur les forêts, telles que la fragmentation, le changement d'affectation des terres ou la dégradation due à des pratiques d'exploitation non durables. Éliminer les politiques de maladaptation en identifiant les autres instruments politiques qui augmentent la vulnérabilité des forêts, par exemple les incitations aux biocarburants ou à d'autres cultures en concurrence avec les terres forestières.
- Concevoir des politiques qui encouragent la prise de décision à grande échelle pour la gestion des forêts ou, plus généralement, de la biodiversité. Il peut être préférable d'envisager des approches basées sur les paysages lors de la conception et de la mise en œuvre de mesures d'adaptation des forêts (Spathelf et al. 2018).
- Le changement climatique devrait être explicitement considéré comme un facteur de changement pour les politiques de conservation (Killeen et Solórzano 2008, Scarano 2017). Par exemple, la conception de systèmes nationaux pour les zones protégées et les corridors biologiques doit tenir compte de la vulnérabilité de l'écosystème protégé et du rôle des corridors pour faciliter la migration des espèces dans différents scénarios de changement climatique (UICN et al. 2004). En outre, les politiques devraient promouvoir le partage d'informations sur l'adaptation des forêts et créer des systèmes de suivi pour évaluer les impacts du changement climatique sur les forêts. Les communautés devraient être les principaux acteurs visés par les campagnes de sensibilisation et la diffusion d'informations.
- Les politiques forestières devraient stimuler les partenariats dans le secteur forestier (populations locales, secteur privé, agences gouvernementales, scientifiques des sciences naturelles et sociales, ONG de conservation et de développement, agences forestières internationales).

- Les capacités financières et institutionnelles limitent les options d'adaptation à l'échelle locale (Agrawal 2008, van Diemen 2019, Gbегbelegbe et al. 2018), et les politiques devraient donc inclure le renforcement des institutions locales par le biais de financements et de renforcement des capacités.

Pour plus d'information

UNCC secretariat 2019. Various approaches to long-term adaptation planning. Adaptation Committee. Bonn. Available at : [variousapproaches .pdf \(unfccc.int\)](#)



Activité 3. 6 Discussion de groupe (10 minutes)

Dans le pays de résidence, comment l'adaptation au changement climatique est-elle intégrée dans les politiques nationales, sectorielles et infranationales et dans les politiques forestières régionales ?

3.5 Exemples pratiques - Études de cas d'adaptation au changement climatique dans le contexte de la foresterie et d'autres secteurs connexes

Projet SCRALA 2018-2025 de la Zambie

La Zambie a obtenu un financement de 137 millions de dollars américains (2018-2025) du Fonds vert pour le climat (GCF), sous l'égide du PNUD et de ses partenaires (FAO et PAM), pour répondre à l'un des principaux résultats du septième plan de développement national du gouvernement zambien, axé sur la réduction de la pauvreté et de la vulnérabilité tout en contribuant à la diversification économique et à la création d'emplois pour renforcer la sécurité alimentaire résiliente au climat pour 3 millions de petits exploitants agricoles, principalement des femmes, des jeunes et des groupes marginalisés. Le projet de renforcement de la résilience climatique des moyens de subsistance agricoles dans les régions agro-écologiques I et II de la Zambie (SCRALA) porte sur l'ensemble de la chaîne de valeur et permet aux agriculteurs pauvres et vulnérables de passer à une trajectoire résiliente pour leurs moyens de subsistance agricoles. Le projet répond également aux stratégies de la Zambie en matière de changement climatique et aux contributions déterminées au niveau national - engagements à réduire les émissions de GES et à renforcer la résilience au changement climatique (www.adaptation-undp.org).

Bénin- Mali - agroforesterie soutenue par le PNUD

Le projet a impliqué 210 femmes au Bénin, soutenu par le FPMA, et vise à améliorer la fertilité des sols. Environ 108 380 arbres/arbustes ont été plantés sur 160 ha de parcelles agroforestières. Au Mali, le FPMA a également soutenu l'agroforesterie dans le but d'améliorer la fertilité des sols et les pratiques de gestion de l'érosion des sols en utilisant la méthode Zai et les digues en pierre (PNUD 2018).

Éthiopie et Zimbabwe

Le financement du CSCF a également soutenu des projets de gestion des bassins versants en Éthiopie et au Zimbabwe. Les activités comprenaient la conservation des sols et de l'eau, l'agriculture de conservation, la construction/réhabilitation d'infrastructures adaptatives à faible coût, la collecte des eaux de pluie, la diversification des produits (par exemple, l'apiculture), l'intensification, les cultures résistantes à la sécheresse, les pâturages confinés, les parcs d'engraissement, l'amélioration de l'alimentation du bétail, l'irrigation au goutte-à-goutte, la gestion intégrée des parasites et des mauvaises herbes (ibid).



Activité 3.7 Révision (10 minutes)

1. Quelles sont quelques-unes des considérations relatives à l'intégration de l'adaptation au changement climatique ?
2. Expliquer les approches utilisées pour intégrer l'adaptation au changement climatique dans le développement.
3. Énumérer les caractéristiques des bonnes approches politiques.
4. Décrire les objectifs des initiatives d'adaptation basées sur les forêts

Résumé

Dans cette section, il a été expliqué que l'adaptation au changement climatique doit être intégrée dans les activités de développement. L'intégration de l'adaptation au changement climatique peut se faire à tous les niveaux : local, sectoriel, national, régional ou international. Au niveau global, les actions de lutte contre le changement climatique nécessitent la coopération de la communauté internationale des nations pour agir ensemble dans le cadre de la CCNUCC, ainsi que d'autres efforts axés sur le développement. Par exemple, la réalisation d'un grand nombre d'objectifs de développement durable peut être affectée par les événements climatiques et les capacités d'adaptation socio-écologiques. Les décideurs et les planificateurs/gestionnaires responsables de secteurs tels que l'agriculture, les ressources en eau, l'énergie, les infrastructures et les zones côtières doivent anticiper et intégrer les futurs impacts du changement climatique dans leurs plans sectoriels, car ceux-ci sont les plus touchés par les catastrophes liées au changement climatique. Les forêts sont vulnérables au changement climatique, mais elles peuvent également jouer un rôle important dans l'adaptation des populations et des écosystèmes au changement climatique. Les politiques ou stratégies d'adaptation doivent donc être intégrées dans des politiques de développement plus larges, car le changement climatique est une question transversale. Les approches politiques à long terme dans le cadre de la CCNUCC peuvent être planifiées pour utiliser l'une des cinq approches: méthode de l'adaptation par pathway, l'adaptation basée sur les écosystèmes, l'adaptation basée sur les communautés, les moyens de subsistance et la diversification économique ainsi que les approches basées sur les risques. La présente section souligne quelques études de cas du continent africain.

Pour plus d'informations :

African strategy on climate change 2014. Draft African Union strategy on climate change. AMCEN-15-REF-11. Available at:

https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/20579/AMCEN_15_REF_11_Draft_African_Union_strategy_on_climate_change_English.pdf?sequence=1&%3BisAllowed=

UN Climate Change secretariat 2019a. Various approaches to long-term adaptation planning Adaptation Committee. Bonn. Available at: [variousapproaches .pdf \(unfccc.int\)](#).

Chapitre 4. Adaptation au Changement Climatique Basée Sur Les Forêts

4.1 Présentation du chapitre

Bien que les forêts soient affectées par le changement climatique, elles jouent également un rôle clé dans l'adaptation à ce changement. Les forêts aident les espèces à s'adapter à l'évolution du climat et aux événements climatiques soudains, par exemple en leur offrant un refuge et des couloirs de migration. Elles aident indirectement les économies à s'adapter au changement climatique en réduisant les coûts des impacts négatifs liés au climat. Les écosystèmes forestiers fournissent également des biens et des services lors d'événements extrêmes (sécheresses et inondations) et constituent des atouts essentiels pour réduire la vulnérabilité aux effets du changement climatique. Ce chapitre introduit les apprenants aux réponses des forêts au changement climatique, au rôle des forêts dans l'adaptation au changement climatique, à la résilience des forêts et des populations au changement climatique, aux mécanismes et stratégies d'adaptation basés sur les forêts, à l'adaptation basée sur les écosystèmes, aux forêts et aux moyens de subsistance, aux mécanismes et stratégies autochtones de résolution et d'adaptation, et aux défis de l'adaptation au changement climatique. Par exemple, la plantation d'arbres et la gestion durable des forêts (GDF) peuvent contribuer à la protection des sols et des terres contre les effets néfastes des inondations. Les forêts peuvent également servir à réhabiliter les terres dégradées et à préserver la qualité de l'eau en piégeant les sédiments, en absorbant les nutriments et en immobilisant les substances toxiques. Les stratégies d'adaptation qui encouragent la GDF et une meilleure gestion communautaire des forêts peuvent non seulement protéger les terres et les personnes de certains effets néfastes de la hausse des températures mondiales, mais aussi offrir des possibilités de développement rural plus important et plus durable et de réduction de la pauvreté par la création de revenus et d'emplois. Le chapitre se termine par un aperçu des défis et des obstacles à l'adaptation basée sur les forêts.



Résultats d'apprentissage

A la fin de ce chapitre, l'apprenant devrait être capable de :

- i. Expliquer comment les forêts et les ressources arborées réagissent au changement climatique et à la variabilité du climat.
- ii. Discuter des interventions visant à renforcer la résilience des écosystèmes forestiers pour faire face aux impacts du changement et de la variabilité climatiques.
- iii. Décrire le rôle des forêts dans l'adaptation au changement climatique.
- iv. Identifier les initiatives forestières appropriées qui pourraient aider les forêts et les populations à s'adapter au changement climatique.
- v. Concevoir et développer des interventions d'adaptation au changement climatique basées sur les forêts.
- vi. Évaluer les défis et les obstacles à l'adaptation au changement climatique.
- vii. Décrire le rôle des services écosystémiques forestiers dans l'adaptation des systèmes sociaux vulnérables.



Activité 4.1 Brainstorming (10 Minutes)

Comment le changement climatique affecte-t-il les écosystèmes forestiers ?

4.2 Réponse et résilience ressources forestières et arboricoles au changement climatique

4.2.1 Introduction

Le développement de la résilience des forêts peut être interne ou externe. La capacité interne comprend les réponses physiologiques et autres de la plante aux conditions climatiques changeantes. La capacité externe comprend les activités de gestion qui conservent et maintiennent les services des écosystèmes forestiers. Les approches de gestion visant à renforcer la résilience des écosystèmes forestiers comprennent la réhabilitation des terres dégradées, la restauration des paysages forestiers guidée par six principes de restauration du paysage, les actions de GDF visant à prévenir la dégradation et la disparition des forêts guidées par sept éléments thématiques. Dans cette section, nous découvrons les réponses et la résilience des forêts et des ressources forestières face au changement climatique.



Résultats d'apprentissage

A la fin de cette session/ce cours, l'apprenant devrait être capable de :

- i. Expliquer comment les ressources forestières et arboricoles répondent au changement climatique et à la variabilité du climat.
- ii. Discuter des interventions qui améliorent la résilience de l'écosystème forestier pour faire face aux impacts du changement et de la variabilité climatiques.
- iii. Expliquer les principes directeurs de la restauration du paysage.
- iv. Analyser l'applicabilité des éléments thématiques de la GDF.



Activité 4.2. Brainstorming (15 minutes)

Discuter de la manière dont les ressources forestières et arboricoles répondent aux impacts du changement et de la variabilité climatiques

4.2.2 Réponse des ressources forestières et arboricoles au changement climatique

Les forêts et les arbres réagissent de plusieurs manières aux changement et variabilité climatiques, qui varient selon le type de forêt et la situation géographique. Nous avons appris que la diversité biologique dans les écosystèmes forestiers peut stabiliser les fonctions de l'écosystème en cas de fluctuations environnementales. Il existe une variation entre les réponses des espèces à ces fluctuations, ce qui est une condition essentielle à la stabilité de l'écosystème, en raison de la présence d'espèces qui peuvent compenser la fonction des espèces qui sont perdues (Cleland 2011). En répondant au changement climatique, les forêts et les arbres ajustent leurs taux de photosynthèse et de respiration, leur phénologie, leur tolérance au gel et à la sécheresse, la matière organique du sol et les taux de minéralisation et certaines espèces migrent ou s'éteignent (Saxe et al. 2002, Lézine et al. 2019). Les impacts du stress hydrique dépendent des caractéristiques de conservation de l'eau qui protègent le système de transport vulnérable du xylème et qui dictent les modèles de présentation des feuilles dans les forêts tropicales saisonnièrement sèches (Vinya et al. 2019).

Les températures plus chaudes augmentent les taux de tous les processus chimiques et biochimiques dans les plantes et les sols de manière similaire si les substrats sont disponibles, jusqu'à un point où les enzymes se désintègrent. La température affecte les processus photosynthétiques associés à la lumière en modifiant la teneur en pigments, le rendement quantique apparent ou l'efficacité photochimique du système photo II et la photo inhibition (Saxe et al. 2002, Smith et al. 2020). Korner et Basler (2010) et Avtar et al. (2020) ont montré que la phénologie de la végétation est un indicateur sensible des réponses

des écosystèmes au changement climatique. La phénologie de la végétation est considérée comme plus contrainte par les régimes de température minimale plutôt que maximale dans différents écosystèmes (Jolly et al. 2005, Daham et al. 2019). Cela s'explique par le fait que les températures minimales au printemps et à l'automne sont des facteurs particulièrement importants pour l'augmentation de la période de croissance et la croissance ultérieure de la végétation (Hwang et al. 2018). L'augmentation prévue des températures aura des répercussions importantes sur les taux de décomposition du carbone organique du sol (SOC) et améliorera la minéralisation et la disponibilité des nutriments (Saxe et al. 2001, Biswas et al. 2021).



Activité 4.3 Révision (10 minutes)

Expliquer comment les ressources forestières et arboricoles répondent aux impacts du changement et de la variabilité climatiques.

Pour plus d'informations :

Saxe H, Cannell MGR, Johnsen Ø, Ryan MG, Vourlitis G. 2001. Tree and forest functioning in response to global warming. *New Phytologist* 149: 369-399.

<https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2001.00057.x>

Biswas DR, Ghosh A, Ramachandran S, Basak BB, Bhattacharyya R, Biswas SS, Moharana PC. 2021. Decay kinetics of enzymes as influenced by manuring under varying hydrothermal regimes in a wheat-maize cropping system of subtropical cambisols in India. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 21(2): 908-921.

4.3 Résilience des ressources forestières et arboricoles au changement climatique

Nous avons appris les impacts du changement et de la variabilité climatiques sur le secteur forestier, et comment les ressources forestières et arboricoles répondent au changement climatique. Dans cette section, nous nous concentrons sur comment renforcer la résilience des écosystèmes forestiers face au changement climatique. La résilience des écosystèmes forestiers peut être renforcée par des interventions humaines mises en œuvre au niveau local ou du paysage tout en tenant compte du système socio-écologique. La gestion forestière est essentielle pour soutenir les mécanismes de récupération des écosystèmes forestiers (Thompson 2011, Ibáñez et al. 2019). De nombreuses initiatives internationales ont été créées pour lancer rapidement la restauration des forêts, y compris la réhabilitation des forêts dégradées (par exemple, le Défi de Bonn, AFRI100, etc.) par la restauration des paysages forestiers, et les actions d'adaptation dans la gestion forestière, y compris l'application de la GDF et de la gestion forestière participative.



Résultats d'apprentissage

A la fin de cette session, l'apprenant devrait être capable de :

- i. Expliquer les facteurs qui facilitent la résilience des forêts et des arbres.
- ii. Comprendre les initiatives internationales pour la réhabilitation et la restauration des terres dégradées.
- iii. Décrire les activités qui favorisent la restauration des paysages forestiers.
- iv. Décrire les actions d'adaptation dans la gestion des forêts



Activité 4.4. Brainstorming (10 minutes)

Expliquer comment on peut restaurer la résilience des écosystèmes forestiers pour répondre aux impacts du changement climatique..

Les mesures d'adaptation en foresterie dépendent d'une variété de facteurs connexes, tels que le type de forêt, les objectifs de gestion, les menaces climatiques et les pressions non climatiques. Les écosystèmes forestiers peuvent être altérés par les changements climatiques mondiaux, car les taux biophysiques et les tolérances physiologiques des espèces sont susceptibles d'être dépassés (Thompson et al. 2009, Bravo-Oviedo et al. 2018). Il est donc nécessaire de restaurer ou de maintenir la résilience d'une forêt en manipulant les ressources biologiques et écologiques comme une mesure sociétale importante d'adaptation au changement climatique.

Les ressources biologiques et écologiques qui déterminent la résilience d'un écosystème forestier face à des conditions environnementales changeantes sont les suivantes :

- » la diversité des espèces, y compris celle des micro-organismes,
- » la diversité des traits génétiques au sein des populations d'espèces et du pool d'espèces et d'écosystèmes au niveau régional, et,
- » l'étendue des couvertures des écosystèmes forestiers, les plus grandes et les moins fragmentées étant préférables aux petites et aux fragmentées, en plus du caractère et de l'état des paysages voisins.

(Thompson et al. 2009)

Il existe différentes méthodes ou interventions réalisées à l'échelle globale pour renforcer la résilience de l'écosystème forestier afin de répondre aux défis du changement climatique et de la variabilité du climat.

Certaines d'entre elles incluent, sans s'y limiter, les éléments suivants :

- d) Réhabilitation des forêts dégradées ;
- e) La restauration des paysages forestiers ;
- f) Les actions d'adaptation dans la gestion forestière ;
- g) La foresterie urbaine ;
- h) Gestion des bassins versants.

Les sous-sections suivantes mettent en évidence la manière dont chacune des interventions, méthodes et mesures identifiées contribue à la résilience de l'écosystème forestier face aux impacts du changement et de la variabilité climatiques.

4.3.1 Réhabilitation des forêts dégradées

Des modèles de développement qui améliorent le bien-être humain sans porter atteinte à l'environnement sont nécessaires pour juguler les problèmes liés à la déforestation, à la fragmentation, à la désertification, aux pénuries d'eau, à la perte de biodiversité et au changement climatique, entre autres (Besseau et al. 2018). Un environnement de gouvernance internationale comprenant des lois internationales est également nécessaire. Les activités sont soutenues par le droit international, notamment dans les accords scellés lors du Sommet de la Terre des Nations unies à Rio de Janeiro (1992), la Convention sur la diversité biologique (UNCBD), la Convention des Nations unies sur la lutte contre la désertification (UNCCD) et la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC), ainsi que les objectifs de développement durable (ODD) 15 (protection, restauration et promotion de l'utilisation durable des écosystèmes terrestres, forêts gérées de manière durable, lutte contre la désertification, et arrêt et inversion de la dégradation des terres et arrêt de la perte de biodiversité) (ONU 2015).

Parmi les cadres de développement existants, figurent le Conseil mondial des entreprises pour le développement durable (WBCSD) et le Forum Global des Paysages (FGP). D'autres encore incluent la Grande Muraille Verte ("GMV") et l'Initiative pour la Restauration des Paysages Forestiers Africains ("AFRI100"). Le WBCSD plaide pour la neutralité de la dégradation des terres et encourage un argumentaire commercial pour mettre fin à la dégradation des terres (WBCSD 2015). Le FGP est la principale plateforme internationale axée sur les connaissances en matière d'utilisation intégrée des terres, qui vise l'atteinte des ODD et de l'Accord de Paris sur le climat grâce à une approche holistique pour la création de paysages productifs, prospères, équitables et résilients (Besseau et al. 2018). Les activités du FGP s'articulent autour de cinq thèmes cohérents : initiatives en matière d'alimentation et de moyens de subsistance, restauration des paysages, droits, financement et mesure des avancées. Les paysages dégradés affectent les moyens de subsistance et le bien-être de 3,2 milliards de personnes dans le monde, ce qui coûte 10 % de l'économie mondiale (IPBES 2018). La communauté mondiale s'est fixé pour objectif de restaurer plus de 2 milliards d'hectares de terres dégradées dans le monde, soit une superficie supérieure à celle de l'Amérique du Sud (WBCSD 2015). L'initiative nécessite un investissement annuel des secteurs privé et public pouvant atteindre 350 milliards de dollars (WRI 2014).

Un objectif a été fixé par les dirigeants mondiaux pour intensifier les efforts de restauration en soutenant la plus grande initiative de restauration au monde, qui vise à restaurer 150 millions d'hectares de paysages dégradés d'ici 2020 (le Défi de Bonn). Les dirigeants réunis à New York en 2014 ont appelé à la restauration de 200 millions d'hectares supplémentaires d'ici 2030, un objectif qui a été intégré au Défi de Bonn (Besseau et al. 2018). Cet objectif a été soutenu par la Déclaration de New York sur les forêts, qui a défini d'autres objectifs ambitieux, notamment l'élimination de la déforestation des chaînes d'approvisionnement en produits agricoles et le renforcement de la gouvernance forestière. L'initiative de la GMV au Sahel et au Sahara a reçu au moins 14 milliards de dollars US en 2020 pour accélérer les efforts visant à restaurer les terres dégradées, sauver la diversité biologique, créer des emplois verts et renforcer la résilience des populations sahéliennes (UNCCD 2020). La GMV couvre jusqu'à 156 Mha

dans 11 pays africains (Burkina Faso, Tchad, Djibouti, Erythrée, Ethiopie, Mali, Mauritanie, Niger, Nigeria, Sénégal et Soudan).

Parmi les autres initiatives, citons l'AFRI100, ou Initiative pour la restauration des paysages forestiers africains, qui vise à restaurer 100 millions d'hectares de paysages dégradés d'ici 2030 (FAO 2020a, Mansourian et Berrahmouni 2021). Vingt-neuf pays se sont engagés à restaurer environ 125 millions d'ha depuis le lancement de l'effort en 2015. Sept des engagements de restauration des pays ont des superficies supérieures à 5 millions d'ha chacun, notamment l'Éthiopie (15), le Soudan (14,6), le Cameroun (12), le Mali (10), la RDC (8), la Tanzanie (5,2) et le Kenya (5,1). Les autres pays comprennent : (Bénin (0,5), Burkina Faso (5), Burundi (2), Tchad (3,5), République centrafricaine (1,4), Côte d'Ivoire (5), Ghana (2), Guinée (2), Liberia (1), Madagascar (4), Malawi (4,5), Mozambique (1), Niger (3,2), Nigeria (4), République du Congo (2), Rwanda (2), Sénégal (2), Afrique du Sud (3,6), Eswatini (0,5), Togo (1,4), Ouganda (2,5) et Zimbabwe (2). Les autres pays avaient des zones cibles inférieures à 5 millions d'hectares (AUDA-NEPAD 2020).

L'initiative est soutenue par neuf partenaires financiers et douze partenaires techniques. Le soutien comprend le plan d'affaires climatique de l'Afrique de la Banque mondiale (1 milliard de dollars) et près de 540 millions de dollars d'investisseurs privés (WRI 2015). Les dialogues continentaux visant à soutenir l'initiative ont fait l'objet de chroniques à travers la Déclaration de Kigali de 2016 sur la restauration des paysages forestiers en Afrique ; l'Appel à l'action de Lilongwe de 2017 ; et la Stratégie de financement conjointe de 2018 pour les pays de la Commission des forêts d'Afrique centrale (UICN 2020).

Pour plus d'information

Mansourian S, Berrahmouni N. 2021. Review of forest and landscape restoration in Africa. Accra. FAO and AUDA-NEPAD. <https://doi.org/10.4060/cb6111en>. Available at: [Review of forest and landscape restoration in Africa 2021 \(reliefweb.int\)](https://reliefweb.int/)

4.3.2 Initiatives de restauration des paysages forestiers

La restauration des paysages forestiers (RPF) a été lancée en 2003, par le Partenariat Mondial des gouvernements, des organisations, des instituts de recherche, des communautés et des individus visant à restaurer les forêts dégradées et les paysages qui les entourent. La restauration des forêts et des paysages vise à inverser la dégradation des sols, des zones agricoles, des forêts et des bassins versants afin de retrouver leur fonctionnalité écologique. La RPF est définie comme un processus visant à rétablir la fonctionnalité écologique et à améliorer le bien-être humain dans les paysages terrestres déboisés ou dégradés. La restauration des paysages forestiers contribue aux ODD 1 ("élimination de pauvreté"), 6 ("eau potable et assainissement") et 15 ("vie sur terre") tout en englobant les engagements convenus au niveau international sur les forêts, la biodiversité, le changement climatique et la désertification (ONU 2015). Le Global Restoration Council soutient les efforts du Partenariat en obtenant des engagements forts et à long terme. La RPF est apparue comme un élément clé des stratégies visant à relever ce défi, englobant les efforts en matière de gestion des terres, de conservation de la biodiversité et de changement climatique. Par le biais des ODD et d'autres accords, la communauté internationale s'est engagée à gérer le capital naturel de la terre dans une voie plus durable. Il est nécessaire d'accroître l'ambition mondiale en matière de restauration des écosystèmes (IIDD 2018).

La restauration peut se faire en prenant des mesures délibérées pour intégrer un plus grand nombre et une plus grande variété d'espèces d'arbres dans les jardins, les fermes, les champs et les forêts, ou en permettant la régénération naturelle d'écosystèmes surpâturés, pollués ou autrement surutilisés (Besseau et al. 2018). La restauration des paysages forestiers vise à rétablir l'intégrité écologique et à améliorer la productivité et la valeur économique des paysages forestiers dégradés, qui peuvent comprendre d'autres utilisations des terres en plus des forêts. Essentiellement, il s'agit d'un processus visant à améliorer la productivité et la capacité des paysages à répondre aux besoins variés et changeants de la

société. La RPF restaure des biens et services importants tout en améliorant les moyens de subsistance des populations locales. C'est également un outil permettant d'atteindre divers objectifs paysagers en développant des mosaïques d'utilisations complémentaires et productives des terres (Winterbottom 2014).

Environ 2 milliards d'hectares de forêts ont été déboisés depuis 1990 et la plupart des terres déboisées et dégradées offrent des possibilités de "restauration en mosaïque" - où les ressources forestières et arboricoles sont combinées avec l'agriculture, les voies navigables, les zones protégées et les établissements à l'échelle du paysage. Le Partenariat mondial a mis au point une approche intégrée, souple et efficace de la restauration des forêts et des paysages, des mangroves côtières et des chaînes de montagnes aux zones humides d'eau douce et aux zones agraires cultivées intensivement (Besseau et al. 2018). Les membres du partenariat bénéficient d'un soutien pour le renforcement des capacités, d'un appui technique pour la planification, la mise en œuvre et le suivi, par exemple par le biais du baromètre du défi de Bonn (Dave et al. 2017). Les engagements de restauration sont de plus en plus alignés sur les objectifs des politiques nationales et infranationales en matière de climat, de biodiversité et de désertification.

Dans les forêts, la restauration peut signifier l'amélioration de la disponibilité des produits forestiers, du bois au gibier, la stabilisation de l'approvisionnement en eau potable pour les villes en plein essor et la lutte contre la perte de biodiversité. Les systèmes arboricoles peuvent également améliorer la sécurité alimentaire et la nutrition dans un contexte de changement climatique (Oeba et Abdourahamane 2019). En agriculture, la restauration peut impliquer l'adoption de l'agroforesterie. Les principes de la restauration des forêts et des paysages incluent l'engagement des parties prenantes et le soutien à la gouvernance participative. Une liste est présentée dans le tableau 4.

Les avantages de la restauration sont les suivants :

- » Avantages environnementaux et sociaux de l'eau potable et de la sécurité alimentaire ;
- » Conservation de la biodiversité et atténuation et adaptation au changement climatique ;
- » Avantages économiques directs et indirects, par exemple, des emplois peuvent être créés dans les entreprises de pépinières, sur le terrain, dans les exploitations agricoles et dans les industries du bois ;
- » Atténuation des coûts de réparation des dommages causés par les inondations aux infrastructures, le dragage des lacs et des rivières pour enlever le limon ;
- » Pas de filtration de l'eau potable ;
- » Engagement et responsabilisation des parties prenantes ;
- » Construit le capital social et facilite l'obtention des compromis nécessaires pour garantir un soutien à long terme ;
- » Rend les paysages plus favorables aux espèces menacées et plus résistants au changement climatique.

Tableau 4: Principe de la restauration des paysages forestiers

Principes	Description
Se focaliser sur les paysages	La RPF a lieu au sein et à travers des paysages entiers, et non des sites individuels, représentant des mosaïques d'utilisations des terres et de pratiques de gestion en interaction sous différents systèmes de tenure et de gouvernance. C'est à cette échelle que les priorités écologiques, sociales et économiques peuvent être équilibrées.
Engager toutes les parties prenantes et soutenir la gouvernance participative	La RPF engage activement les parties prenantes à différentes échelles, y compris les groupes vulnérables, dans la planification et la prise de décision concernant l'utilisation des terres, les objectifs et stratégies de restauration, les méthodes de mise en œuvre, le partage des bénéfices, le suivi et les processus de révision.
Restaurer des fonctions multiples pour des bénéfices multiples	Les interventions de RPF visent à restaurer de multiples fonctions écologiques, sociales et économiques dans un paysage et à générer une gamme de biens et services écosystémiques qui bénéficient à de multiples groupes d'acteurs.
Maintenir et améliorer les écosystèmes naturels au sein des paysages	La RPF n'entraîne pas la conversion ou la destruction de forêts naturelles ou d'autres écosystèmes. Elle améliore la conservation, la récupération et la gestion durable des forêts et d'autres écosystèmes.
S'adapter au contexte local en utilisant une variété d'approches	La RPF utilise une variété d'approches qui sont adaptées aux valeurs sociales, culturelles, économiques et écologiques locales, aux besoins et à l'histoire du paysage. Elle s'appuie sur les dernières données scientifiques et les meilleures pratiques, ainsi que sur les connaissances traditionnelles et autochtones, et applique les informations dans le contexte des capacités locales et des structures de gouvernance existantes ou nouvelles.
Gérer de manière adaptative pour une résilience à long terme	La RPF renforce la résilience des paysages forestiers et de leurs acteurs à moyen et long terme. Les approches de restauration doivent renforcer la diversité des espèces et la diversité génétique et être ajustées au fil du temps pour refléter les changements du climat et des autres conditions environnementales, des connaissances, des capacités, des besoins des parties prenantes et des valeurs sociétales. Au fur et à mesure que la restauration progresse, les informations issues des activités de surveillance, de la recherche et des conseils des parties prenantes doivent être intégrées dans les plans de gestion.

Source : IUCN 2021. <https://www.iucn.org/theme/forests/our-work/forest-landscape-restoration>

4.3.3. Mesures d'adaptation dans la gestion des forêts

4.3.3.1 Gestion forestière adaptative

La meilleure pratique de gestion des écosystèmes forestiers serait de les laisser intacts. Cette solution n'est ni pratique ni réalisable compte tenu de l'augmentation rapide de la population humaine et de la demande de produits forestiers qui en découle. Une certaine forme de gestion est inévitable pour éviter la disparition totale des forêts. Les activités pouvant favoriser certaines améliorations des systèmes de gestion forestière reposent principalement sur le contrôle de la déforestation, le reboisement et le boisement (Thompson 2011, Basnet et Karki 2020). L'adaptation de la gestion forestière au changement climatique implique d'anticiper et de surveiller les changements et de prendre des mesures pour prévenir

les circonstances négatives ou les avantages des bénéfices potentiels de ces variations (Levina et Tirpak 2006, Williamson et Nelson 2017, Ofoegbu et Speranza 2021). En outre, le stock forestier doit être correctement mesuré, suivi et rapporté.

La gestion forestière adaptative comprend plusieurs mesures sylvicoles telles que la modification de la composition des espèces en convertissant les monocultures en forêts mixtes, la manipulation de la structure forestière (par exemple, passer d'une forêt équienne à une forêt inéquienne ou d'un taillis à une forêt haute), l'intensification des éclaircies ou la réduction de l'âge de rotation (Yousefpour et al. 2017, Coşofreţ et Bouriaud 2019). L'éclaircie est une opération sylvicole qui vise à stimuler la croissance des grands arbres restants, à améliorer la résistance à la sécheresse et à offrir une plus grande résilience aux futurs stress liés au climat (Kerhoulas et al. 2013). La réduction de la période de rotation des cultures arboricoles peut diminuer leur temps d'exposition au risque et réduit également le risque de projection du vent en limitant la hauteur des arbres. Ces techniques de gestion adaptative réduisent généralement l'incertitude et permettent de replanter des espèces mieux adaptées (Coşofreţ et Bouriaud 2019).

Dans la gestion forestière adaptative, les ajustements ou interventions d'adaptation sont des processus qui créent ou améliorent les éléments suivants :

- résilience et amélioration des moyens de subsistance,
- résilience et amélioration de la productivité des écosystèmes, et
- gouvernance durable - par exemple, réglementaire, institutionnelle, éducationnelle (Lim et al. 2004).

Par exemple, après qu'un cyclone ait détruit les infrastructures de logement, toutes les nouvelles maisons qui doivent être construites seront soumises à de nouvelles normes de construction qui leur permettront d'être beaucoup plus solides. Dans le domaine de la sylviculture, les industries forestières peuvent procéder à des récoltes de récupération après un cyclone.

Nyika (2021) a proposé un plan de mise en œuvre en cinq étapes pour la gestion durable des écosystèmes, basé sur la gestion adaptative et la prise en compte holistique des ressources écologiques.

4.3.3.2 Gestion durable des forêts

La GDF implique la conception et la mise en œuvre de l'entretien et de l'utilisation des forêts et autres terres boisées pour atteindre des objectifs économiques, socioculturels et environnementaux.

Il existe plusieurs objectifs de gestion forestière : protection des services écosystémiques, production de bois, PFNL, protection des ressources génétiques, tourisme, valeurs esthétiques ou culturelles. Certains objectifs peuvent être combinés alors que d'autres ne le peuvent pas, par exemple la production commerciale durable de bois et la conservation de la biodiversité ne peuvent coexister, alors que la gestion pour la préservation des écosystèmes et des ressources génétiques peut coexister par la conservation de la biodiversité et la fourniture de biens et de services environnementaux.

La gestion durable des forêts peut contribuer à l'adaptation au climat et inverser les effets du changement climatique sur la dégradation des terres (GIEC 2019).

L'application des principes et des pratiques de la GDF constitue une base solide pour relever les défis du changement climatique. Sept éléments thématiques sont conçus comme un instrument juridiquement non contraignant pour la GDF (FAO/ITTO/INAB 2003) (Tableau 5).

Tableau 5: Domaines thématiques pour la gestion durable des forêts

Domaine thématique	Description
Étendue des ressources forestières	Suivre l'étendue et les caractéristiques des ressources forestières afin de comprendre et de réduire la déforestation non planifiée, de restaurer et de réhabiliter les paysages forestiers dégradés, d'évaluer le piégeage du carbone dans les forêts, les autres terres boisées et les arbres hors forêt, et d'affecter les forêts à différentes fins.
Diversité biologique des forêts	Couvre les diverses formes de vie, la diversité génétique et les rôles écologiques des espèces. La diversité biologique dans les écosystèmes forestiers permet aux espèces d'évoluer et de s'adapter aux conditions environnementales changeantes (y compris le climat), de maintenir le potentiel de sélection et d'amélioration des arbres (pour répondre aux besoins humains en biens et services et aux exigences changeantes en matière d'utilisation finale) et de soutenir leurs fonctions écosystémiques.
Santé et vitalité des forêts	La santé et la vitalité des forêts sont affectées par plusieurs facteurs, notamment les insectes/ravageurs, les maladies, les incendies (feux de forêt et incendies planifiés), d'autres facteurs biotiques tels que le broutage par la faune, le pâturage et les dommages physiques causés par les animaux, des facteurs abiotiques tels que la pollution atmosphérique, le vent, la neige, la glace, les inondations, les glissements de terrain, les tempêtes tropicales, la sécheresse et les tsunamis, ainsi que les espèces envahissantes. Le changement climatique devrait intensifier l'apparition d'organismes nuisibles dans de nouveaux endroits et aggraver l'impact des organismes nuisibles indigènes et introduits.
Fonctions productives des ressources forestières	Rôle des forêts et des arbres hors forêt dans la fourniture de produits forestiers ligneux et non ligneux. Approvisionnement durable en produits forestiers primaires, tout en garantissant que la production et la récolte ne compromettent pas les options de gestion des générations futures.
Fonctions protectrices des ressources forestières	Rôle des forêts et des arbres hors forêt dans la modération des systèmes pédologiques, hydrologiques et aquatiques, le maintien d'une eau propre (y compris des populations de poissons en bonne santé) et la réduction des risques et des impacts des inondations, des avalanches, de l'érosion et de la sécheresse. Efforts de conservation des écosystèmes et avantages associés pour l'agriculture et les moyens de subsistance ruraux.
Fonctions socio-économiques des ressources forestières	Contributions des ressources forestières à l'économie globale et accueil et protection des sites et paysages de grande valeur culturelle, spirituelle ou récréative, y compris le régime foncier, les connaissances traditionnelles et les systèmes de gestion autochtones et communautaires.
Cadre juridique, politique et institutionnel	Comprend les dispositions juridiques, politiques et institutionnelles nécessaires pour soutenir les six autres thèmes et devrait inclure la prise de décision participative, la gouvernance et l'application de la loi, l'utilisation juste et équitable des ressources forestières, l'éducation et la recherche scientifique, les dispositions en matière d'infrastructure pour soutenir le secteur forestier, le transfert de technologie, le renforcement des capacités, l'information et la communication publiques, et le suivi et l'évaluation des progrès.

La gestion des forêts basée sur le concept de la GDF est dynamique et évolutive et vise à maintenir et à améliorer les quatre piliers de la durabilité (valeurs sociales, économiques, culturelles et environnementales) dans tous les types de forêts, au profit de toutes les générations. Elle implique la réalisation de toutes les activités liées aux activités économiques, administratives, juridiques, techniques, sociales et scientifiques dans les forêts naturelles et plantées. Les activités de gestion comprennent la protection et le maintien des fonctions de l'écosystème, ainsi que des espèces ou groupes d'espèces spécifiques ayant une valeur sociale ou économique, afin d'améliorer la productivité. Ainsi, la GDF implique les interventions humaines favorisant l'utilisation durable et la protection des ressources forestières afin de maintenir et d'améliorer leurs multiples usages. La GDF est également considérée comme un élément de la conservation de la diversité biologique et de l'action climatique.

Le changement climatique peut affecter les écosystèmes forestiers, les communautés et les infrastructures, augmentant ainsi la vulnérabilité des communautés dépendantes des forêts. Cela souligne la nécessité d'une politique et d'une action visant à accroître la résilience par les forêts (FAO 2020b). Toutefois, les initiatives de GDF doivent être conciliées avec les intérêts de la gestion forestière locale si l'on veut garantir des résultats durables pour les forêts. Les initiatives doivent mettre l'accent sur le contrôle et la gestion locaux des ressources forestières existantes, sur les rôles multiples des arbres dans les systèmes agricoles et sur l'importance de passer par les institutions locales pour parvenir à une gestion durable des forêts (FAO 2016c). À mesure que les GES atmosphériques augmentent, la séquestration du carbone forestier devient une mesure d'atténuation importante qui peut accroître la capacité d'adaptation des communautés. La productivité des forêts gérées est essentielle, pour éviter davantage le défrichement de forêts vierges. La GDF dans les forêts naturelles et plantées peut contribuer à la réduction de la pauvreté, à la réduction de la déforestation, à l'arrêt de la perte de biodiversité dans les forêts et à la réduction de la dégradation des terres et des ressources, tout en réduisant le risque de changement climatique (Sim et al. 2004, Commission de l'Union africaine 2020).

Études de cas - Gestion durable des forêts

1. Gestion des zones côtières en Guinée. L'adaptation est favorisée par la gestion de 200 ruches réalisée par une association communautaire, faisant de la ressource commune une ressource fermée. Ils ont également utilisé un four efficace pour la production de charbon de bois, appelé la meule casamancaise, qui a été expérimenté pour la première fois en Casamance (sud du Sénégal). En outre, huit hectares ont été reboisés afin de concentrer l'exploitation du bois pour la production de charbon de bois dans des zones aménagées. Le plan d'AFD définit les zones d'exploitation forestière, réglemente l'accès à ces zones et spécifie le rendement durable de l'exploitation. Le projet prévoyait également l'utilisation de fours de cuisson améliorés, avec une efficacité accrue de 35 % (PNUD 2018). Dans ces communautés, les capitaux humains, sociaux et financiers affectent grandement l'obtention de résultats positifs liés aux interventions planifiées (Ceci et al. 2018).
2. Au Malawi, une approche de gestion communautaire des ressources naturelles utilisée à Mwanza, a montré que les revenus provenant des PFNL et des activités connexes peuvent renforcer les stratégies de subsistance des ménages en augmentant les revenus et les sources de nourriture des populations locales, et peuvent assurer un développement durable général. L'intervention, à son tour, a encouragé les communautés à conserver et à gérer leurs ressources naturelles de façon durable en raison de la valeur directe inhérente des PFNL (Mauambeta 1999).



Activité 4.5 (15 Minutes) Brainstorming

Dans le pays de résidence, quelles sont les autres méthodes ou interventions visant à renforcer la résilience de l'écosystème forestier face aux défis du changement et de la variabilité climatiques.

Résumé

Il existe diverses façons pour les forêts et les arbres de réagir au changement et à la variabilité climatiques. Celles-ci peuvent être différentes selon le type de forêt et la situation géographique. La température, les précipitations et le CO₂ sont des facteurs importants pour la croissance et le développement des plantes. Le changement climatique modifie les exigences optimales pour la croissance des plantes, induisant un stress. En général, la diversité biologique dans les écosystèmes forestiers stabilise le fonctionnement des écosystèmes. La diversité génétique contrôle les relations de compétition interspécifiques qui constituent des déterminants fondamentaux des réponses potentielles des espèces au changement, en conjonction avec les mécanismes de dispersion. Le changement climatique est susceptible d'affecter la dynamique des populations, le moment de la reproduction ou de la migration, et la croissance des composants des écosystèmes forestiers. Dans un climat changeant, les espèces forestières peuvent soit s'adapter au changement climatique, soit s'éteindre. Un écosystème forestier sain maintient ses processus, sa fonction, sa structure, sa productivité, sa composition et sa résilience dans le temps et l'espace. Lorsque les conditions climatiques dépassent les seuils physiologiques des espèces ou si les conditions climatiques déclenchent des épidémies d'insectes nuisibles, la mortalité des arbres peut se produire à différents niveaux. La résilience des forêts peut également être liée à l'approche du développement durable axée sur la résilience, dans laquelle les capacités sont renforcées pour faire face à des événements inattendus et les personnes interagissent avec la biosphère (air, eau et terre) comme l'un de ses composants plutôt que comme des moteurs externes de la dynamique des écosystèmes. Si un système est plus vulnérable, sa résilience diminue car la vulnérabilité augmente face à des perturbations majeures telles que celles liées au changement climatique. Les approches de gestion qui peuvent renforcer la résilience des écosystèmes forestiers comprennent la réhabilitation des forêts dégradées, la restauration des paysages forestiers, la gestion des incendies et la création/expansion et la gestion adaptative des parcs/réserves. D'autres sont la mise en place des zones protégées et les corridors de biodiversité, la gestion des incendies, les manipulations sylvicoles, la gestion des ravageurs, la gouvernance forestière, les techniques de pépinière et le contrôle des espèces envahissantes. Les actions de gestion forestière doivent être ajustées pour renforcer la résilience des forêts et des arbres aux impacts négatifs du changement climatique et pour construire et maintenir des paysages résilients.

Pour plus d'information

Mansourian S, Berrahmouni N. 2021. Review of forest and landscape restoration in Africa. Accra. FAO and AUDA-NEPAD. <https://doi.org/10.4060/cb6111en>. Available at: Review of forest and landscape restoration in Africa 2021 (reliefweb.int).

4.4 Rôle des forêts et des ressources arboricoles dans l'adaptation des systèmes sociaux au changement climatique

Les forêts fournissent des services importants à toutes les échelles, du local au mondial, réduisant ainsi la vulnérabilité de la société au changement climatique. Le Millennium Ecosystem Assessment (2005) a défini les services écosystémiques des forêts comme étant les avantages que les gens tirent de la forêt. Dans cette session, les apprenants seront initiés au rôle des ressources forestières et arboricoles dans l'adaptation au changement climatique. Elle aborde les grandes catégories sur la façon dont les ressources forestières et arboricoles soutiennent les systèmes sociaux pour répondre au changement et à la variabilité climatiques. Elle présente également les défis de l'adaptation.



Résultats d'apprentissage

A la fin de cette session, l'apprenant devrait être capable de :

- i. Décrire le rôle des services écosystémiques forestiers dans l'adaptation au changement climatique.
- ii. Identifier les options d'adaptation technologique qui pourraient aider les forêts et les populations à s'adapter au changement climatique.
- iii. Développer des interventions d'adaptation au changement climatique basées sur les forêts dans les systèmes sociaux.



Activité 4.5 (15 Minutes) Brainstorming

Dans le pays de résidence, quelles sont les autres méthodes ou interventions visant à renforcer la résilience de l'écosystème forestier face aux défis du changement et de la variabilité climatiques.

Les forêts fournissent quatre types de services qui contribuent directement au bien-être humain : les services de régulation, tels que la régulation de l'eau, du climat ou de l'érosion ; les services d'approvisionnement (également appelés biens écosystémiques), tels que la nourriture et le combustible ; les services culturels, tels que les services récréatifs, spirituels ou religieux, et les services de soutien, tels que la production primaire, l'habitat, le cycle des nutriments, etc (Tableau 6).

Tableau 6: Exemples de services écosystémiques et d'adaptation des personnes et des secteurs au changement climatique

Région	Problème	Mesures d'adaptation
Afrique Centrale	Moyens de subsistance au niveau local affectés par les événements climatiques	Les produits forestiers, moins sensibles que l'agriculture, utilisés comme filets de sécurité Amélioration de la gestion forestière
Amérique Centrale	Augmentation de l'intensité des précipitations et de l'érosion des sols. Sédimentation des barrages hydroélectriques.	Conservation des sols en amont et protection des forêts
Asie du Sud-Est	Vulnérabilité des zones côtières aux tempêtes, aux vagues et à l'élévation du niveau de la mer	Protection des mangroves et fourniture de biens. Gestion améliorée des mangroves

(Source Locatelli et al. 2008, Sokona et al. 2021).

Les forêts aident les systèmes sociaux à s'adapter au changement climatique. Lorsque les forêts sont dégradées, les flux de services écosystémiques forestiers deviennent incertains, rendant les communautés et les secteurs plus vulnérables au changement climatique et à la vulnérabilité et pouvant également entraîner des coûts d'adaptation plus élevés (Locatelli et al. 2008, Sokona et al. 2021).

Le couvert forestier facilite la résilience des services des écosystèmes hydrologiques (par exemple, la conservation du débit de base) à l'atténuation et à l'adaptation au changement climatique. Il augmente également l'infiltration des eaux de pluie, réduit le ruissellement de surface et contrôle la perte de sol, réduisant ainsi les impacts négatifs des inondations. Les forêts et les arbres peuvent également constituer des sources de recharge naturelle en eau, atténuant la réduction du débit des cours d'eau qui peut être perturbé par la sécheresse. Le rôle des ressources forestières et arboricoles dans l'adaptation au changement climatique peut être regroupé en deux catégories :

- » Adaptation technologique (systèmes et pratiques agroforestiers, foresterie urbaine, utilisation d'énergies renouvelables, manipulation des relations hydriques des plantes, conservation des sols et de l'eau et intensification des systèmes de production).
- » Adaptation sociale et économique (moyens de subsistance durables et diversifiés, renforcement des systèmes sociaux, considérations de l'aspect genre et mécanismes autochtones d'adaptation et de survie basés sur la forêt).

Les sous-sections suivantes présentent les principaux éléments de chacune de ces catégories.

4.4.1 Adaptation technologique

Comme indiqué ci-dessus, l'adaptation technologique englobe les systèmes et pratiques agroforestiers, la foresterie urbaine, l'utilisation d'énergies renouvelables, les relations hydriques des plantes, la conservation des sols et de l'eau, et l'intensification des systèmes de production. Ces éléments sont expliqués dans les sections ci-dessous.

4.4.1.1 Systèmes agroforestiers

Il existe plusieurs moyens de réaliser des objectifs d'agriculture durable en combinant l'augmentation des rendements et des services écosystémiques, la production végétale fournissant d'autres services écosystémiques (Chavan et al. 2014). Les plantes vivaces ligneuses font partie intégrante des systèmes de culture et d'élevage. L'agroforesterie est l'un des systèmes de gestion intense de l'utilisation des terres combinant des arbres et/ou des arbustes avec des cultures et/ou du bétail. L'agroforesterie est de plus en plus reconnue comme une approche efficace pour minimiser les risques de production dans un contexte de variabilité et de changement climatique (Lin 2010a).

Les contraintes climatiques et météorologiques ont un impact sur tous les secteurs, y compris sur les communautés de petits exploitants agricoles. Il est donc important de choisir des options d'utilisation des terres qui améliorent simultanément la diversité des agroécosystèmes et la productivité agricole. La plupart des avantages de l'agroforesterie sont directement liés à l'adaptation au changement climatique, bien qu'ils contribuent également à l'atténuation de ce dernier. Compte tenu de ces avantages, l'agroforesterie est progressivement considérée comme l'une des options d'utilisation durable des terres permettant de renforcer la capacité des agriculteurs à s'adapter au changement climatique dans des paysages multifonctionnels (Schoeneberger et al. 2012, Mbow et al. 2014).

La culture d'arbres dans les exploitations agricoles a été suggérée depuis longtemps comme ayant un potentiel pour augmenter la résilience des petits exploitants agricoles aux risques du changement climatique, atténuer les dommages environnementaux et augmenter les revenus (Kerr 2012, Schoeneberger et al. 2012, Hughes et al. 2020, Kassa 2021). Les petits exploitants agricoles, en particulier ceux d'Afrique subsaharienne, qui dépendent davantage de l'agriculture pluviale et de la

foresterie, associées aux interactions complexes des vents, de la chaleur locale et des rétroactions hydrologiques, sont confrontés aux défis des événements pluvieux temporels et spatiaux. En outre, les ressources en sol et le stockage de l'eau sont influencés par le changement climatique, entraînant un stress supplémentaire pour le système agricole. Lorsque la disponibilité de l'eau est limitée, l'agriculture entre en compétition avec d'autres types d'utilisation de l'eau, ce qui aggrave le stress (Boko et al. 2007, Gowing et al. 2020).

Les arbres plantés dans les zones de cultures peuvent maintenir la production sous un climat variable et protéger les cultures contre les événements climatiques et météorologiques extrêmes (Chavan et al. 2014).

L'agroforesterie du maïs est pratiquée en Zambie (300 000 ha) et au Malawi (un demi-million d'exploitations), ce qui permet d'augmenter les rendements du maïs jusqu'à 400 %. Les arbres et arbustes légumineux (principalement *Faidherbia albida*, *Sesbania sesban* et *Gliricidia sepium*) ajoutent de 100 à 250 kg d'azote par ha au sol en deux ou trois ans. La culture du maïs associée aux arbres et arbustes légumineux génère des rendements nets plus élevés que la culture du maïs avec des engrais minéraux subventionnés. Le système utilise l'eau plus efficacement et est plus résistant à la sécheresse. En outre, l'agroforesterie fournit du bois de chauffage et du fourrage, améliore la filtration de l'eau et séquestre le carbone (FAO 2016b)

Les racines profondes des arbres explorent les sols plus profonds à la recherche d'eau et de nutriments, ce qui peut être bénéfique aux cultures pendant les périodes de sécheresse. La litière des arbres augmente la porosité du sol, réduit le ruissellement et accroît l'infiltration et la rétention d'eau et réduit le stress hydrique pendant les épisodes de sécheresse (Rao et al. 1998, Haas et al. 2020). L'excès d'eau est pompé du sol plus rapidement dans les parcelles agroforestières en raison de leur taux d'évapotranspiration plus élevé.

L'agroforesterie aide les petits exploitants à obtenir des produits multiples, des marchés et des revenus agricoles, tout en améliorant la qualité des sols et de l'eau (Lin 2010a, Amare et al. 2019). En outre, l'érosion des sols est réduite, la pollution diffuse et les dommages causés par les inondations sont minimisés. Ainsi, on obtient des biens, services et revenus, y compris l'amélioration des conditions climatiques locales et la réduction des impacts anthropiques sur les forêts naturelles. L'intégration de pratiques agroforestières dans le système agricole peut améliorer les habitats aquatiques et terrestres, renforcer la biodiversité tout en préservant la base de ressources terrestres (FAO 2016a, Luke et al. 2019). L'agroforesterie peut également être une option pour accroître l'efficacité de l'utilisation de l'eau dans les agroécosystèmes, car les racines des arbres facilitent l'infiltration des précipitations vers la nappe aquifère tout en contrôlant l'écoulement vers le bas de la pente pendant les périodes de sécheresse. Les racines des arbres peuvent également influencer l'humidité du sol par la redistribution hydraulique et ainsi permettre aux cultures d'accéder à une humidité suffisante même pendant les périodes les plus sèches de l'année. En outre, les arbres agroforestiers peuvent réduire les pertes par évapotranspiration à la fois dans les cultures et dans le sol (Lin 2010b).

Les arbres fixateurs d'azote améliorent la résistance à la sécheresse en agriculture en renforçant les nutriments du sol et l'infiltration de l'eau, principalement sur les terres dégradées, et contribuent à l'adaptation au changement climatique. Au Malawi et en Zambie, les rendements du maïs se sont améliorés lorsque l'agriculture de conservation était pratiquée en intégrant le *Faidherbia albida* (l'arbre perd ses feuilles au début de la saison des pluies et repousse à la fin de la saison humide, ce qui limite la concurrence des cultures). Au Malawi, les agriculteurs qui ont intégré *F. albida* et *Gliricidia sepium* aux cultures, ont obtenu des rendements modestes pendant les saisons de sécheresse, tandis que les agriculteurs qui n'ont pas eu recours à ces pratiques ont connu une perte totale de récolte (Akinnifesi et al. 2010).

L'agroforesterie peut être gérée de manière à offrir une plus forte résilience face aux événements extrêmes (par exemple, la sécheresse, les inondations, etc.) en offrant des solutions flexibles aux changements rapides des conditions écologiques (Lin 2011, Amare et al. 2019). Pour qu'un système soit appelé agroforesterie, il doit présenter les 4 caractéristiques "I", c'est-à-dire être intentionnel, intégré, intensif et interactif (encadré 4.1).

Encadré 4.1 Les 4 "I" de l'agroforesterie (Gold et al. 2013)

Intentionnel

L'agroforesterie n'est ni un mélange de monocultures ni une monoculture, mais une combinaison d'arbres, de cultures et/ou de bétail dans une conception intentionnelle, établie et/ou gérée pour fonctionner simultanément ou séquentiellement afin de générer de multiples produits et bénéfiques, au lieu d'éléments individuels gérés séparément.

Intégré

Les composants agroforestiers sont mélangés fonctionnellement et structurellement en une seule unité de gestion intégrée conçue pour répondre aux objectifs de l'agriculteur. L'intégration peut être horizontale ou verticale, sur ou sous terre, simultanée ou séquentielle. L'intégration de cultures multiples permet de stabiliser la production économique tout en préservant les ressources et en exploitant la capacité de production de la terre.

Interactive

L'agroforesterie contrôle et utilise de manière dynamique les interactions entre les composants pour fournir des produits multiples, et assurer d'autres valeurs écologiques et de conservation.

Intensif

La gestion intensive des pratiques agroforestières maintient leurs fonctions de production et de protection et implique généralement des actions culturelles telles que la culture, l'irrigation, la fertilisation, l'élagage et l'éclaircissement

Les systèmes agroforestiers sont définis comme des systèmes multifonctionnels qui peuvent fournir un large éventail d'avantages économiques, socioculturels et environnementaux. La FAO (2015) a montré trois principaux types de systèmes agroforestiers, mais il peut y avoir des variantes à ceux-ci en fonction de l'objectif principal sur l'exploitation :

- **Les systèmes agrosylvicoles** sont une combinaison de cultures et d'arbres, par exemple les cultures en couloirs, les jachères améliorées, les brise-vent ou les jardins de case.
- **Les systèmes sylvopastoraux** combinent la foresterie et le pâturage des animaux domestiques, des parcours ou dans l'exploitation.

- **Les systèmes agrosylvopastoraux** comportent les trois composantes que sont les arbres, les animaux et les cultures, qui peuvent être intégrées sur une même parcelle de terre. Parmi les exemples de pratiques, on peut citer les jardins de case avec du fourrage ainsi que les arbres parsemés sur les terres cultivées utilisés pour le pâturage après les récoltes.

Les systèmes agroforestiers peuvent être classés en fonction de la structure des éléments, des fonctions des éléments, de l'adaptation agronomique et des apports technologiques au système. Les systèmes et les pratiques comprennent une variété d'options de gestion des terres telles que la diversification des cultures, les jardins de case, les systèmes de rotation longue pour la conservation des sols, les plantations de bordure, les cultures intercalaires de haies, les cultures pérennes, les haies vives, les tampons riverains, les exploitations forestières, les jachères améliorées ou l'agroforesterie en strates mixtes (Akinnifesi et al. 2010, Sjöberg et Sativa 2019).

Parmi les pratiques agroforestières qui ont été mises en œuvre dans le monde entier, on peut citer les jachères améliorées, les cultures en couloirs, les jardins de case, les brise-vent/ceintures protectrices, les tampons riverains, le sylvopastoralisme et le Taungya. La figure 6 illustre certaines de ces pratiques. Ces pratiques seront examinées en détail dans les sections suivantes.



Figure 6. Pratiques agroforestières : A. Culture en couloir, B. Brise-vent, C. Tampon riverain, D. sylvopastoralisme, E. Exploitation forestière (Source Bentrup and MacFarland 2020).

Jachères améliorées : la baisse de la fertilité des sols et le coût élevé des engrais inorganiques contribuent à la faible production alimentaire en Afrique subsaharienne, malgré la disponibilité de variétés de cultures améliorées. Les jachères améliorées sont une pratique agroforestière dans laquelle des espèces d'arbustes/arbres légumineuses sont plantées de manière séquentielle avec les cultures. Les arbres/arbustes poussent pendant la phase de jachère, qui peut varier de six mois à trois ans ou plus, tout en enrichissant le sol. Plus les jachères sont longues, plus l'amélioration du sol est importante (Amadalo et al. 2003). Une jachère améliorée de courte durée peut avoir un effet résiduel d'une à deux saisons, tandis qu'une jachère de huit mois peut avoir des effets résiduels qui durent plus d'une saison, selon le niveau initial de dégradation du sol. Plus de 20 000 agriculteurs en Afrique australe et orientale ont adopté des jachères améliorées utilisant des espèces telles que *Sesbania sesban*, *Crotalaria grahamiana*, *Cajanus cajan*, *Tephrosia candida*, *T. vogelii* *Mucuna pruriens* et *Callophogonium mucunoides* et utilisant des jachères de deux ans et des rotations de maïs. Partey et al. (2017) ont montré que l'efficacité de l'utilisation des nutriments et la fertilité du sol ont été améliorées après l'utilisation des jachères, ce qui a entraîné une augmentation des rendements du maïs jusqu'à environ 6 Mg/ha, comparable aux rendements du maïs conventionnel sous engrais inorganiques dans les mêmes zones. Ainsi, les jachères améliorées peuvent contribuer à l'atténuation et à l'adaptation au changement climatique, à la sécurité alimentaire et à la conservation durable des ressources naturelles (Prinz 1986, Oeba et Larwanou 2017).

En outre, les multiples résultats des jachères améliorées peuvent également augmenter la disponibilité de fourrage pendant les périodes sèches et la biomasse possible pour la production de charbon de bois. Ces options de subsistance peuvent devenir d'importants filets de sécurité financière pendant les saisons creuses ou en cas de mauvaises récoltes.

L'adoption de pratiques agroforestières a aidé les petits exploitants agricoles d'Afrique orientale et australe en fournissant une couverture constante du sol. Les arbres qui poussent dans les exploitations fournissent suffisamment de biomasse pour à la fois répondre aux besoins du bétail et améliorer les rendements du maïs (FAO 2016b). Les arbres ont également fourni du combustible aux ménages ruraux. Par exemple, en Zambie, les agriculteurs ont pu rassembler 15 tonnes de bois de chauffage par ha après la deuxième année de jachère avec *Sesbania* et 21 tonnes après la troisième année. Dans des pays comme le Burkina Faso et le Niger, il a été démontré que l'agroforesterie améliore les rendements du millet et du sorgho (Garrity et al. 2010).

La culture en allées est une pratique spécifique où des arbres ou des arbustes en rangées simples ou multiples sont cultivés en alternance avec des cultures agricoles. Les arbres sont généralement taillés pour limiter l'ombrage de la culture agricole. La culture en allées peut également contribuer au cycle des nutriments et au contrôle de l'érosion. Dans certains cas, des espèces de grande valeur peuvent être utilisées dans les pratiques de culture en couloirs pour fournir des fruits et du bois à long terme. Les systèmes de culture en couloirs modifient le microclimat des cultures en réduisant les températures extrêmes et la vitesse du vent, en augmentant l'humidité à la surface des plantes et en réduisant ainsi les pertes d'eau. Les cultures protégées par des haies à croissance rapide ont un taux de photosynthèse et une efficacité d'utilisation de l'eau accrus (AGFOWARD 2017).

Les arbres/arbustes plantés en haies protègent les cultures et les sols des événements climatiques extrêmes. La diversification augmente la productivité des terres et protège l'agriculteur en cas d'échec total des cultures (Schoeneberger et al. 2012, FAO 2016b).

Les zones tampons riveraines et les forêts des hautes terres. Les bandes tampons riveraines sont des bandes linéaires de végétation stable voisines des écosystèmes aquatiques, cultivées intentionnellement pour préserver ou améliorer la qualité de l'eau, réduire le ruissellement des sédiments et des polluants provenant des écoulements de surface et des écoulements souterrains peu profonds. Elles contribuent à réduire la vulnérabilité aux inondations (Climate ADAPT 2015). Une conception générale et polyvalente de la bande riveraine consiste en une bande d'herbe, d'arbustes et d'arbres entre le niveau normal de l'eau à pleine berge et les terres cultivées.

Les bandes tampons peuvent donc servir de couloirs de dispersion pour les migrations d'espèces induites par le climat et fournir des refuges microclimatiques contre le réchauffement (Krosby et al. 2018). Les bandes tampons fournissent également un habitat pour les espèces aquatiques et peuvent contribuer à accroître la recharge des eaux souterraines. Les zones tampons végétales et non fertilisées le long des cours d'eau améliorent les conditions microclimatiques. Les zones riveraines boisées fournissent également une ombre directe au plan d'eau, réduisant l'afflux de rayonnement solaire sur celui-ci et évitant ainsi la hausse correspondante de la température de l'eau (Climate ADAPT 2015).

Le succès des bandes tampons dépend fortement de caractéristiques telles que la largeur de la zone tampon, la pente, le type du sol, et la densité de la végétation. Les autres avantages sont une augmentation de la biodiversité et de la valeur esthétique, ce qui permet de mieux apprécier l'environnement et de disposer d'espaces de loisirs verts. En tant que stratégie d'adaptation au changement climatique, ses principaux avantages sont liés au refroidissement du plan d'eau, à un accroissement de l'humidité de l'air, à la stabilisation de la température et à la rétention d'eau (Climate ADAPT 2015, Rempel et Buckley 2018).

Les brise-vents et les ceintures de protection sont des pratiques agroforestières où des barrières végétales sont implantées pour réduire ou éliminer les impacts d'un vent excessif. Elles comprennent une ou plusieurs rangées d'arbres ou d'arbustes adjacentes à des bâtiments ou dans des zones de champs ouverts. Les ceintures de protection peuvent être créées en plantant des espèces adaptées à la zone ou en protégeant les communautés végétales naturelles (Ibrahim et Gaya 2016). Les ceintures de protection peuvent également être produites lors du défrichage des terres et des opérations de foresterie en laissant des espaces pour les arbres. Si la production de bois est l'un des objectifs, on les appelle ceintures d'arbres. Compte tenu de la hausse prévue de la fréquence des phénomènes météorologiques extrêmes, les changements dans la fréquence et l'intensité des vents sont susceptibles d'affecter les paysages. Les brise-vent et ceintures de protection ont le potentiel de réduire les vulnérabilités et les risques liés au vent et de modérer les microclimats (Chavan et al. 2014). Dans les pâturages ils pourraient modérer les pertes de qualité et de quantité de fourrage au cours de la saison sèche.

Le sylvopastoralisme est la pratique consistant à intégrer intentionnellement la gestion des fourrages, des arbres et du bétail. Il peut se faire en implantant des arbres dans des pâturages existants ou en établissant une sélection de fourrages pour manipuler intensivement l'environnement forestier afin de fournir du pâturage et du bois. Les arbres/arbustes utilisés en sylvopastoralisme doivent être commercialisables, de haute qualité, à croissance rapide, à enracinement profond et tolérants aux conditions du site. Les avantages ultimes sont la diversification, la productivité des arbres et des animaux, la réduction du stress des animaux, l'amélioration du cycle des nutriments et l'amélioration de l'habitat de la faune (Gold et al. 2013, Beillouin et al. 2021). Cependant, pour obtenir le maximum de bénéfices, les zones doivent être approvisionnées en eau et clôturées, ce qui représente un coût supplémentaire.

L'agriculture forestière est une pratique agricole intentionnelle et respectueuse de l'environnement visant à générer des PFNL commercialisables dans les bois ou les forêts présentant des conditions de site appropriées. Les PFNL comprennent des espèces médicinales, comestibles, florales, décoratives et artisanales. Cette pratique agroforestière facilite la diversification de la gestion forestière, offre des possibilités de revenus intermédiaires et périodiques et est importante en cas de sécheresse ou de mauvaises récoltes. Elle peut améliorer la composition et la santé de la forêt en plus des opportunités de revenus diversifiés (Gold et al. 2013, Moubarakatou 2017).

Le Taungya est un système agroforestier lié à la gestion forestière où la terre est défrichée et plantée initialement de cultures vivrières. Des semis d'espèces souhaitables sont ensuite plantés sur la même terre, ce qui conduit à des cultures d'arbres exploitables. Il s'agit d'un arrangement spécial entre une organisation forestière et des agriculteurs pour faire pousser simultanément des arbres et des cultures agricoles. Le Taungya a un fort potentiel de réduction de la vulnérabilité en raison de la production alimentaire à court terme et de l'établissement de plantations à long terme (Kalame et al. 2011) et peut réduire les conflits associés à la faim de terre. Adegeye et al. (2010) ont constaté que les rendements des cultures sous taungya étaient plus élevés que dans les zones où ce système n'existe pas. La résilience des systèmes taungya est associée à des facteurs économiques et sociaux qui montrent que la culture des plantes est une stratégie adaptative d'utilisation des terres pour les communautés autour des forêts plantées.

4.4.1.2 Foresterie urbaine, villes vertes et leur contribution au changement climatique

Les espaces verts urbains comprennent les terrains couverts de végétation naturelle ou artificielle situés dans les zones bâties (Phan et Nakagoshi 2007, Hernandez et al. 2018) et sont associés au développement urbain durable. Les espaces verts urbains fournissent plusieurs services écosystémiques - avantages environnementaux, esthétiques, récréatifs et économiques aux communautés urbaines (Hernandez et al. 2018) (Figure 7). Les forêts urbaines, comme les autres forêts, peuvent contribuer à l'adaptation et à l'atténuation du changement climatique en séquestrant le CO₂ atmosphérique, en réduisant les besoins en énergie pour le chauffage et la climatisation des bâtiments, bien que les arbres puissent augmenter ou

diminuer l'utilisation du chauffage en hiver selon l'emplacement (Pauleit et al. 2013).

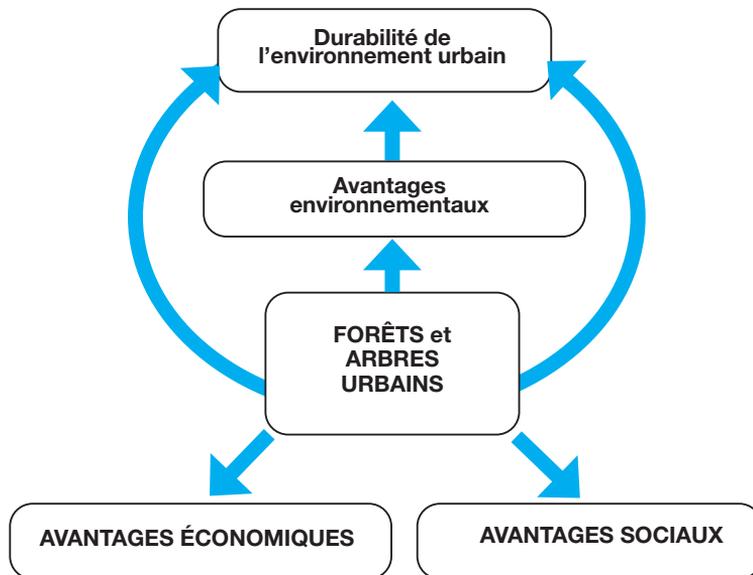


Figure 7. Relation entre les forêts et arbres urbains et la durabilité.

Les espaces verts urbains ne sont pas aussi répandus dans les pays en développement que dans les pays développés. Au-delà des utilisations, il a été démontré que l'accent est mis sur une bonne viabilité. Les espaces verts urbains peuvent également jouer un rôle important dans la conservation de la biodiversité, la protection des ressources en eau, l'amélioration du microclimat, la réduction de la charge polluante de l'air urbain, l'atténuation des problèmes de santé liés au changement climatique, la lutte contre les inondations, la fourniture d'air purifié, l'absorption de la chaleur pendant l'été (modification de la température) et la fourniture de nourriture aux habitants des villes (Lovell et Taylor 2013, Chen et You 2020, Xu et al. 2020, Holmgren et Sörqvist 2018, Priya et Senthil 2021). Les forêts et arbres urbains offrent des avantages environnementaux, économiques et sociaux (Frigeri et al. 2017). Des exemples sont fournis dans les explications ci-dessous.

Les avantages environnementaux comprennent la réduction de la pollution atmosphérique urbaine, la réduction des effets des îlots de chaleur urbains, la santé des écosystèmes, l'amélioration de la biodiversité, l'amélioration de la fertilité des sols, la conservation des sols, la durabilité environnementale, la réduction du bruit et la constitution d'une barrière contre les catastrophes naturelles.

Les avantages économiques comprennent les possibilités d'emploi pour les pauvres des villes, la nourriture et les médicaments, la réduction de la facture de santé, l'attraction touristique et le renforcement du tourisme, la fourniture de carburant et d'énergie.

Les avantages sociaux comprennent la beauté esthétique, l'amélioration de la qualité de vie des habitants des villes, une meilleure santé publique, le développement psychologique des enfants, la réduction de la pauvreté et les valeurs sociales et récréatives. Les forêts et arbres urbains peuvent également avoir des effets positifs sur la santé physique et mentale en créant des liens avec les communautés, en offrant des possibilités de se ressourcer, en réduisant le stress et en créant des zones d'exercice physique. Ils permettent aux habitants des villes, en particulier aux pauvres, de se divertir (Konijnendijk et al. 2013, Holmgren et Sörqvist 2018). Par exemple, le parc Uhuru et la forêt Karura à Nairobi, au Kenya, et les bois de Mukuvisi à Harare, au Zimbabwe.

4.4.1.3 Utilisation des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique

L'énergie renouvelable est un type d'énergie qui peut retourner à la nature, contrairement aux énergies non renouvelables. Les exemples d'énergies renouvelables comprennent l'énergie solaire, l'énergie éolienne, l'énergie hydroélectrique, l'énergie de la biomasse, l'énergie géothermique et l'énergie des marées / vagues. Il existe une variété de technologies d'énergie renouvelable disponibles, avec des avantages et des inconvénients spécifiques à chaque technologie (Shinn 2018). Les énergies renouvelables sont importantes car elles offrent les avantages suivants : une source d'énergie propre, un impact environnemental moindre, des ressources inépuisables, des ressources limitant la dépendance aux combustibles fossiles et une sécurité énergétique (Abdollahi et al. 2019). Certaines technologies peuvent fournir une énergie de base (par exemple, l'hydroélectricité, la géothermie et la biomasse), tandis que d'autres sont de nature plus variable et nécessitent des services supplémentaires d'équilibrage du réseau (comme l'énergie solaire et l'énergie éolienne). Les sources d'énergie renouvelables sont promues à une échelle importante dans de nombreux pays et sont essentielles au remplacement des combustibles fossiles. L'utilisation des énergies renouvelables et l'amélioration de l'efficacité énergétique peuvent permettre d'atteindre l'objectif ambitieux de 1,5°C fixé par l'accord de Paris en 2016. La capacité en combustibles fossiles devra être largement supprimée d'ici le milieu du 21^e siècle, avec une suppression complète des centrales au charbon à long terme. Pour le moment, les centrales électriques au gaz naturel peuvent jouer un rôle transitoire dans le remplacement des combustibles fossiles, mais elles devront finalement être éliminées à long terme car elles ne sont pas renouvelables (Climate Analytics 2019).

L'IRENA (2019) a fait état d'une croissance de la capacité d'énergie renouvelable, qui est passée de 1 136 GW en 2009 à 2 351 GW en 2018, la capacité en Afrique ne représentant que 2 % de la part mondiale. Cette évolution est facilitée par la diminution du coût des énergies renouvelables telles que le solaire photovoltaïque (SP) et l'énergie éolienne (IRENA, 2019) et, dans certains pays, par la pénurie d'alimentation du réseau électrique. Il faut davantage d'innovations pour améliorer l'efficacité et les capacités des technologies de stockage, comme les batteries et le stockage thermique pour l'énergie solaire concentrée (ESC). Les limites des énergies renouvelables sont liées à la situation géographique, aux conditions météorologiques et aux fluctuations annuelles et saisonnières. Une autre source alternative d'énergie renouvelable est l'énergie nucléaire, mais elle est limitée par la hausse des coûts, la pollution environnementale potentielle et la fourniture insuffisante des avantages par rapport aux énergies renouvelables (Climate Analytics 2019). L'énergie nucléaire se heurte également à une résistance considérable de la société civile, en raison des aléas probables liés à la sécurité et à l'élimination des déchets nucléaires. Malgré ces difficultés, certains pays considèrent toujours l'énergie nucléaire comme une option économique sûre (Abdollahi et al. 2019). L'énergie nucléaire ne provoque pas les nombreux types de problèmes environnementaux associés aux combustibles fossiles, mais une fois qu'elle est libérée, les effets sont extrêmement prolongés comme dans le cas de la catastrophe de Tchernobyl dans les années 1980.

Le secteur de l'agriculture, la foresterie et les autres utilisations des terres (AFAT) peut également contribuer aux émissions négatives en augmentant le stockage du CO₂ dans les forêts, les sols ou d'autres endroits. La combinaison de l'énergie de la biomasse avec la séquestration et le stockage du carbone (SSC) peut maximiser le CO₂ absorbé par la biomasse pendant sa durée de vie, en veillant à ce qu'il soit capturé et stocké après la combustion pour l'électricité ou la chaleur. L'efficacité énergétique peut contribuer à réduire les émissions provenant des combustibles fossiles et peut également être réduite grâce à des mesures d'efficacité énergétique et au SSC.

Le projet de gestion participative durable de l'énergie (PROGEDE) au Sénégal a permis de lutter contre la croissance rapide de la demande de combustibles domestiques au Sénégal et la dégradation des forêts et de l'environnement rural qui en découle (Banque Mondiale 2016)

Les forêts du monde restent la plus grande source de bioénergie depuis des temps immémoriaux. Les forêts constituent une source d'énergie fiable et abordable pour de nombreuses personnes parmi les plus pauvres du monde, mais il est nécessaire de gérer correctement les techniques pour les forêts afin de garantir la durabilité de la base énergétique (Bull 2018). Des technologies telles que les fourneaux améliorés pourraient réduire la demande de bois. En 2014, les énergies renouvelables traditionnelles (bois de chauffage et charbon de bois, résidus agricoles et excréments d'animaux) représentaient en Afrique plus de 85 % de la consommation d'énergie renouvelable, 90 % de l'Afrique subsaharienne dépendant de l'énergie du bois pour la cuisson et le chauffage (Otula et al. 2021). Il existe cependant une relation entre la consommation de biomasse traditionnelle et la croissance démographique, en particulier dans les pays les plus pauvres (Banque mondiale et l'AIE 2017). Au Kenya, en Ouganda, en Tanzanie et au Soudan, l'expansion de l'accès à l'électricité a suivi le rythme de la croissance démographique entre 2010 et 2018 (Banque mondiale 2020). La biomasse forestière et ligneuse restera probablement le moyen le plus efficace pour remplacer les combustibles fossiles, en particulier dans de nombreux pays en développement, car les forêts sont renouvelables et extensibles, elles représentent donc la plus grande opportunité d'étendre durablement l'utilisation des énergies renouvelables et au moindre coût. Ainsi, l'utilisation de plus d'énergie renouvelable, y compris la bioénergie, peut être un outil efficace pour s'adapter au changement climatique (Bull 2018).

4.4.1.4 Intensification des systèmes de production agricole.

L'intensification durable (IS) peut apporter des avantages en termes de productivité, de socio-économie et d'environnement aux petits exploitants agricoles et à la société dans son ensemble, notamment : une production et une rentabilité élevées et stables, des revenus plus élevés pour les agriculteurs et de meilleurs moyens de subsistance en milieu rural, une disponibilité et une consommation accrues de la gamme diversifiée d'aliments nécessaires à une alimentation saine, une adaptation et une vulnérabilité réduite au changement climatique et à d'autres chocs, un meilleur fonctionnement et des services écosystémiques, et des réductions des émissions de GES et de l'empreinte carbone de l'agriculture (FAO 2011, Mutanga et al. 2018, Nassary et al. 2019, Tesfai et al. 2020). L'intensification agricole durable est nécessaire pour augmenter la productivité des terres, étant donné l'urgence de réduire les émissions de GES (Brandt et al. 2018, Kuyah et al. 2021). L'intensification réduit et piège les émissions tout en améliorant la sécurité alimentaire durable (Godfray et Garnett 2014, Kuyah et al. 2021)). Ainsi, il devient essentiel d'adopter des approches de l'IS où la production alimentaire est augmentée sur les terres agricoles existantes en utilisant des activités à faible impact environnemental sans compromettre une production future de ces aliments. En effet, la demande alimentaire croissante doit être satisfaite en utilisant les terres agricoles existantes sans avoir recours à une extension des terres. Cet objectif est atteint en augmentant la productivité par unité de surface. L'approche IS est une importante option d'adaptation au changement climatique, susceptible de réduire les émissions et de diminuer le défrichement des forêts pour l'expansion agricole.

Cependant, il est important de considérer que le fait d'avoir un système agricole plus efficace pourrait conduire à des profits plus élevés et peut motiver les agriculteurs à étendre les terres cultivées. À court terme, l'ampleur de ce rétablissement direct dépend de l'élasticité des prix et de l'efficacité de la gouvernance (Lambin et Meyfroidt 2011, Nyagumbo et al. 2018, Belton et al. 2020). En outre, la protection des terres forestières, des prairies et des zones humides nécessite des mécanismes de gouvernance pour protéger les zones présentant d'importants stocks de carbone, où les communautés se procurent des PFNL. La protection des forêts facilite également la conservation des sols et de l'eau

et peut améliorer la production agricole, ce qui se traduit par une meilleure résilience aux changements et variabilité climatiques, renforçant ainsi les mécanismes d'adaptation aux effets négatifs du changement climatique (Jhariya et al. 2019, López-Vicente et Wu 2019).



Questions sur le texte (15 Minutes)

- 1) Quel est le lien entre l'intensification durable et la conservation des forêts ?
- 2) Donner des exemples de pratiques d'adaptations technologiques basées sur la forêt dans le pays de résidence.

L'intensification durable est une mesure d'adaptation car elle affecte les revenus agricoles. Toute activité qui augmente les revenus agricoles permet aux agriculteurs d'accroître leurs actifs pour les utiliser en période de stress. En Afrique, l'intensification durable de l'agriculture basée sur des technologies qui dépendent d'intrants d'investissement a été sérieusement entravée par des marchés d'intrants et d'extrants peu développés (Dorward et al. 1998, Nagothu et al. 2018), et les technologies ont donné de mauvais résultats en raison de leur inadaptation aux systèmes locaux des petits exploitants (par exemple, Giller et al. 2011). En outre, les avantages potentiels de l'intensification agricole peuvent avoir des avantages tels que la préservation des terres, la sécurité alimentaire, la réduction des émissions de GES et la réduction de la dégradation des sols et de l'environnement en général (Vanwallegghem et al. 2017). Par exemple, Tittonell et al. (2013) et Chatrchyan et al. (2018) ont montré que lorsque les sols se dégradent, les petits exploitants agricoles africains bénéficient des principales composantes de l'intensification, telles que la réduction des apports d'engrais et l'amélioration des rendements agricoles. Dans certains cas, le défrichage de la végétation pour la culture, tel qu'il est pratiqué dans la plupart des savanes africaines, déclenche des boucles de rétroaction négatives ou des cycles vicieux caractérisés par la perturbation des propriétés physiques du sol, l'augmentation de l'érosion, l'accélération des taux de décomposition et la diminution progressive des apports de carbone du sol sous forme de résidus de culture, causée par la baisse des rendements agricoles (Tittonell et Giller 2013, Zulu et al. 2021). Tilman et al. (2002) et Dakora et al. (2020) ont suggéré que les écarts de rendement peuvent être réduits par l'intensification de l'agriculture en appliquant de nouvelles technologies, notamment la gestion de la fertilité des sols, afin d'aider les pays pauvres à réaliser un approvisionnement alimentaire plus équitable tout en contribuant à la réduction des émissions de GES. L'IS met également l'accent sur la diversification et l'exploitation des complémentarités entre les cultures, entre les systèmes de culture et d'élevage et dans la gestion des risques (Campbell et al. 2014). La diversification est donc une composante essentielle du renforcement de la capacité d'adaptation.

4.4.2 Autres considérations technologiques importantes

4.4.2.1 Relations hydriques des plantes, l'utilisation rationnelle de l'eau et la collecte et l'utilisation de l'eau pluviale

Le mouvement de l'eau dans les tissus végétaux peut se faire par des voies coexistantes : apoplastique, symplastique et transcellulaire. Dans la voie apoplastique, l'eau circule autour des cellules, tandis que dans la voie symplastique, elle traverse les cellules en impliquant la membrane plasmique. Dans la voie transcellulaire, le mouvement de l'eau se fait également à travers des vacuoles incorporant des tonoplastes. Les voies symplastique et transcellulaire sont les voies de transport de cellule à cellule, sous une régulation fine, via les membranes plasmiques (Barberon et Geldner 2014, Ai-hua et al. 2017). Dans le cortex racinaire, le mouvement de l'eau est principalement apoplastique, bien que la bande caspaire, un dépôt de subérine et/ou de lignine, limite le mouvement radial de l'eau dans l'apoplaste et que le transport de cellule à cellule s'effectue au niveau de l'endoderme. Les plantes peuvent modifier les contributions des voies apoplastique et de "cellule à cellule" en fonction des conditions environnementales et de la demande de transpiration (Taiz et Zeiger 2010, Yang et al. 2018). Le potentiel hydrique affecte plusieurs processus physiologiques des plantes (figure 8).

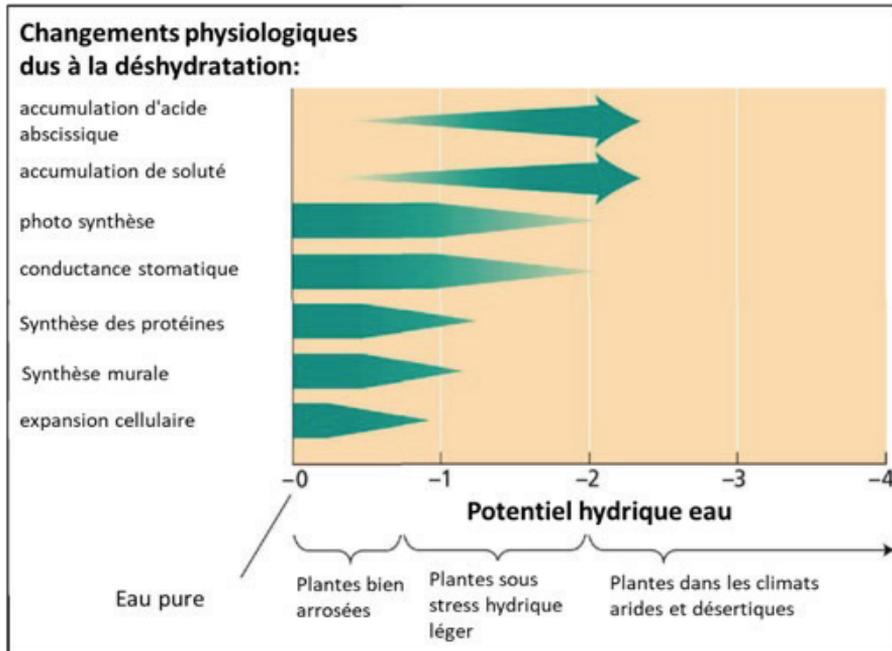


Figure 8. Effet du potentiel hydrique sur les changements physiologiques dus à la déshydratation (Taiz and Zeiger 2010).

Des concentrations élevées de CO₂ stimulent la photosynthèse, modifiant les cycles de l'eau et des nutriments, ce qui entraîne une augmentation de la productivité des plantes (Soussana et Lüscher 2007, Hussein 2020). La croissance des plantes peut être augmentée directement par l'amélioration de la photosynthèse, ou indirectement par la stimulation de la consommation d'eau par la plante. Ceci affecte la masse racinaire et le transport d'eau de la plante entière, au détriment de l'efficacité d'utilisation de l'eau (EUE) et de la teneur en eau du sol, de la conductance stomatique réduite et de ses effets sur le potentiel hydrique des feuilles (Filipovi 2020). L'EUE est souvent considérée comme un facteur important du rendement en cas de stress et comme un élément de la résistance des cultures à la sécheresse. Elle a été utilisée pour montrer comment la production de cultures pluviales peut être augmentée en fonction de l'eau utilisée par unité. L'utilisation efficace de l'eau (UEE) reflète la plus grande humidité du sol capturée pour la transpiration et implique la réduction de la transpiration non-stomatique et une perte d'eau négligeable par évaporation du sol. L'utilisation effective de l'eau est l'acronyme opposé de l'EUE et une EUE élevée est obtenue au détriment d'une UEE réduite (Blum 2009, Ellesworth et White 2020), La capacité d'absorption d'eau des systèmes racinaires dépend du volume d'enracinement (ou de la profondeur d'enracinement), de l'activité et de la surface des racines fines (Wullschlegel et al. 2002, Ries 2017). Ceci est important dans les systèmes agroforestiers.

Dans les zones arides et semi-arides, l'eau est un facteur limitant crucial, ce qui fait que l'utilisation efficace de l'eau est un facteur important pour augmenter la production de nourriture et de fibres. Les conditions de sécheresse prolongée dans ces régions favorisent l'utilisation de systèmes de collecte d'eau pluviale à petite échelle qui se sont formalisés principalement par le biais de programmes et de projets de conservation de l'eau (Bowling et Cherkauer 2018, Owino et al. 2021). Il s'agit notamment de systèmes actifs de collecte des eaux pluviales qui capturent, redirigent et stockent les précipitations pour une utilisation ultérieure. La collecte de l'eau pluviale comprend une combinaison de techniques incluant le stockage de l'eau dans des caves ou des réservoirs, la construction de terrasses, la couverture

d'un film plastique et la micro-irrigation pour augmenter la productivité de l'agriculture en zone aride (Mucheru-muna et al. 2017, Owino et al. 2020a). Les systèmes de collecte d'eau pluviale ont le potentiel de surmonter les contraintes hydriques en fournissant une irrigation limitée pendant les étapes clés du développement des cultures. Les techniques de récupération de l'eau aident les communautés à résoudre les problèmes de pénurie d'eau et à atteindre la sécurité alimentaire (Owino et al. 2020b). La résilience au changement climatique dépend de l'augmentation de la disponibilité de l'eau pour accroître la productivité agricole (Sikka et al. 2018, Bedeke et al. 2019).

La dégradation et la déforestation accrues des zones de captage exposent les écosystèmes forestiers à la perte de l'humidité stockée avant même qu'elle ne soit libérée sous forme de ruissellement vers les rivières (Mango et al. 2011). La qualité et la quantité d'eau des cours d'eau pour les utilisateurs en aval sont affectées par la concentration accrue de sédimentation et de produits agrochimiques (Kimaro 2019).

Dans les champs agricoles, plusieurs méthodes ont été utilisées pour gérer l'utilisation de l'eau, notamment : le paillage, l'agriculture en courbes de niveau où la crête contrôle le débordement du ruissellement et la tranchée agit comme une dépression qui recueille le ruissellement et les sédiments transportés (Dunkelman et al. 2018) et la récolte de l'eau variant de petits barrages à de petites fosses selon la localité (Dungumaro et Madulu 2003, Kathuli et Itabari 2015, Rockstrom et Falkenmark 2015, Reddy 2016). L'agroforesterie est une autre option pour augmenter l'efficacité de l'utilisation de l'eau dans les agroécosystèmes, car les racines des arbres facilitent l'infiltration des précipitations vers l'aquifère tout en contrôlant l'écoulement vers le bas de la pente pendant les périodes de sécheresse. Les racines des arbres peuvent également influencer l'humidité du sol par la redistribution hydraulique et ainsi permettre aux cultures d'accéder à une humidité suffisante même pendant la période la plus sèche de l'année. En outre, les arbres agroforestiers peuvent réduire les pertes par évapotranspiration à la fois dans les cultures et dans le sol (Lin 2010b, Sheppard et al. 2020).

Pour plus d'informations

Filipović A. 2020. Water Plant and Soil Relation under Stress Situations. In: Ram Swaroop Meena RS, Datta R (eds) Soil moisture importance. IntechOpen.

4.4.2.2 Technologies de conservation des sols et de l'eau

L'érosion des sols est le résultat d'activités non anthropiques et anthropiques. L'érosion des sols ainsi que la dégradation des forêts et des terres sont des problèmes majeurs qui affectent la productivité des écosystèmes dans les pays en développement où les agriculteurs et leurs animaux sont généralement la principale cause anthropique de l'érosion des sols et de l'envasement des plans d'eau (Taiye et al. 2017, Davies et Boyd 2019, Pandey et al. 2019). La conservation des sols et de l'eau sont des piliers de la conservation de l'environnement et de la sécurité alimentaire, leur échec entraînant l'érosion des sols (Delgado et al. 2019, Musinguzi et al. 2021). Bien qu'il existe des technologies utilisées pour gérer les causes non anthropiques de l'érosion, les causes anthropiques ont reçu peu d'attention. Les mesures de conservation des sols et de l'eau sont entreprises pour les raisons suivantes :

- maintenir ou améliorer la fertilité du sol,
- contrôler le ruissellement de l'eau et prévenir la perte de sol par érosion,
- réduire la compaction du sol,
- conserver ou drainer l'eau, et,
- recueillir les eaux de ruissellement.

Les mesures traditionnelles de conservation des sols et de l'eau, telles que les terrasses, la collecte de l'eau, l'acheminement et l'application de l'eau, et les jardins de case, ont résisté à l'épreuve du temps, et sont facilement disponibles et socialement acceptables (Everard et al. 2018). Les mesures traditionnelles seules sont cependant insuffisantes pour conserver les ressources importantes en sol et en eau et doivent être complétées par des pratiques modernes pour atteindre les objectifs de durabilité (Förch et Schütt 2004, Lai et al. 2021, Coulibaly 2021).

Les dispositifs physiques, également appelés dispositifs mécaniques ou techniques, sont des structures construites pour conserver le sol et l'eau et comprennent : les terrasses en pierre/terre, les digues/murs en pierre/terre, les barrages de retenue, les fossés de contour, les réservoirs de rétention, les barrages, les voies d'eau engazonnées et les fosses de plantation. Lors de la conception des dispositifs physiques, les principes suivants doivent être pris en compte (Tidemann 1996, Dimtsu 2018) :

L'utilisation de la gestion intégrée de la fertilité des sols en agroforesterie a permis d'améliorer la sécurité alimentaire des ménages la fertilité des sols, d'augmenter le rendement et la rentabilité du maïs, et de réduire les intrants de main-d'œuvre (Ajayi et al. 2009, Coulibaly et al. 2017).

- Augmenter le temps de concentration du ruissellement pour permettre à une plus grande quantité d'eau de s'infiltrer dans le sol ;
- Réduire la quantité et la vitesse de l'écoulement de surface en divisant une longue pente en plusieurs courtes ;
- Réduire la vitesse de l'écoulement de surface ;
- Protéger le sol contre les dommages causés par un ruissellement excessif.

Les mesures biologiques sont des mesures peu coûteuses basées sur le maintien d'une couverture végétale pour empêcher l'érosion par éclaboussures, réduire la vitesse du ruissellement de surface, améliorer les conditions d'humidité du sol, faciliter l'accumulation des particules du sol, augmenter la rugosité de la surface pour réduire le ruissellement et augmenter l'infiltration, et stabiliser les agrégats du sol grâce aux matières organiques et aux racines (Jiru et Wari 2019, Bezu et Tezera 2019). Parmi les exemples, citons les bandes de végétation, la couverture végétale des voies d'eau, le reboisement et les zones de brousse protectrices. Le reboisement est important lorsqu'il est nécessaire de réhabiliter des terres ou des bassins versants dégradés, avec des options de plantation in situ ou ex situ. Les arbres protègent le sol de l'érosion et conservent l'humidité du sol et peuvent fournir aux communautés des PFNL.

Les mesures agronomiques appliquées pour la gestion des sols et de l'eau comprennent la culture en bandes, la culture intercalaire, le paillage, la culture mixte, le labour en courbes de niveau, la gestion des pâturages, l'agroforesterie, l'agriculture de conservation, la gestion des résidus de culture (y compris l'utilisation de cultures de couverture lorsqu'elles sont viables) et la rotation des cultures, la gestion améliorée des systèmes d'irrigation, la gestion des intensités de pâturage du bétail, l'utilisation de technologies et la conservation de précision (Delgado et al. 2013, Misebo 2018, Ndambi et al. 2019).

Le PNUD a mis en œuvre un projet soutenu par le Fonds d'adaptation sur la conservation des sols et de l'eau en Érythrée couvrant 232 km de terrassement de collines, 7 barrages de contrôle d'une capacité de 307,23 m³, la plantation de 143 000 arbres économiques tels que l'Acacia senegal (130 000) et le sisal (13 000) (PNUD 2018).

L'agroforesterie a été abordée dans la section 4.4.1.1. Les pratiques de conservation sont des stratégies importantes pour s'adapter aux impacts du changement climatique sur les ressources en sol et en eau. Elles peuvent facilement être utilisées conjointement avec des mesures physiques et/ou de végétation. Elles nécessitent toutefois un savoir-faire technique plus important que les deux autres. La mise en œuvre de ces mesures peut être influencée par d'autres facteurs socio-économiques, politiques et institutionnels. Pour conserver les sols et l'eau dans un climat changeant, Delgado et al. (2013) et Ndambi et al. (2019) ont ajouté que les politiques et stratégies d'adaptation devraient inclure des pratiques de conservation qui contribuent à augmenter la capacité de rétention d'eau des sols, à améliorer le drainage, la gestion

du fumier et le développement de nouvelles variétés de cultures et de systèmes de culture plus résistants à la sécheresse. L'application des technologies du sol et de l'eau dans le secteur agricole sera abordée au chapitre 5.2.1.2.



Activité 4. Révision (15 Minutes)

1. Donner des exemples de services écosystémiques dans le cadre des services de régulation et d'approvisionnement.
2. Expliquer comment l'agroforesterie contribue à l'adaptation au changement climatique.
3. Expliquer l'importance des forêts et des arbres urbains dans l'adaptation au changement climatique.
4. Expliquer l'adaptation technologique dans le secteur agricole.
5. Expliquer l'adaptation technologique dans le secteur de l'énergie et des ressources renouvelables.

Résumé

Au cours de cette session, il a été démontré qu'il existe quatre types de services rendus par les forêts qui contribuent directement au bien-être humain : les services de régulation, d'approvisionnement, culturels et de soutien. L'adaptation au changement climatique peut être technologique, sociale ou économique. L'adaptation technologique est l'application de la technologie pour réduire la vulnérabilité, ou augmenter la résilience, des systèmes naturels ou humains aux impacts du changement climatique. L'adaptation technologique basée sur la forêt comprend l'agroforesterie, la foresterie urbaine, l'utilisation d'énergies renouvelables, les relations hydriques des plantes, la conservation des sols et de l'eau et l'intensification des systèmes de production. L'agroforesterie, qui peut prendre plusieurs formes en fonction des objectifs, repose sur quatre piliers/caractéristiques appelés les "4 I". L'importance des arbres et des forêts dans les zones urbaines a été également abordée. Les options technologiques en agriculture comprennent l'intensification des systèmes agricoles et les mesures de conservation des sols et de l'eau. Les mesures de conservation du sol et de l'eau visent à maintenir ou à améliorer la fertilité du sol, à contrôler l'écoulement de l'eau et à prévenir la perte de sol par érosion, à réduire le compactage du sol, à conserver ou à drainer l'eau et à recueillir les eaux de ruissellement. La conservation des sols et de l'eau peut se faire par des mesures physiques, agronomiques, biologiques ou traditionnelles. D'autres options comprennent la manipulation des relations hydriques des plantes, notamment l'efficacité de l'utilisation de l'eau et la collecte et l'utilisation de l'eau pluviale. L'utilisation d'énergies renouvelables est importante car elle fournit une source d'énergie propre avec un impact environnemental moindre. Les ressources sont inépuisables, elles réduisent la dépendance aux ressources fossiles et assurent la sécurité énergétique

Bibliographie pour une lecture approfondie.

1. Mugwe J, Ngetich F, Otieno EO. 2019. Integrated Soil Fertility Management in Sub-Saharan Africa: Evolving Paradigms Toward Integration. In: Leal Filho W., Azul A., Brandli L., Özuyar P., Wall T. (eds) Zero Hunger. Encyclopedia of the UN SDGs. Springer, Cham.
2. Titonnel P, Giller KE. 2013. When yield gaps are poverty traps: The paradigm of ecological intensification in African smallholder agriculture. *Field Crops Research* 143:76-90.
3. Dakora, F.D., Shen, J., Zhang, F. and Jiao, X. 2020. Exploring solutions for sustainable agriculture with "green" and "development" tags in Africa. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering* 7(4):363-365.

4.5 Adaptation sociale et économique

Les systèmes socio-économiques amplifient ou modèrent les impacts du changement climatique. L'adaptation au changement climatique peut varier en fonction d'attributs socio-économiques tels que l'éducation, la profession ou le revenu (López et Pardo 2018). Velichko et al. (2009) ont retracé l'adaptation des sociétés humaines en Europe et ont constaté que les premiers stades de la préhistoire humaine coïncidaient avec des transformations clés liées à des altérations du climat et du paysage et que celles-ci affectaient le bien-être des humains, les amenant à réagir par une adaptation sociétale. Ces réponses ont débloqué des possibilités de progrès dans la gestion des conditions environnementales changeantes et ont assuré leur survie. Ils ajoutent que l'adaptation migratoire est devenue dominante au Paléolithique moyen et au début du Paléolithique supérieur, lorsque les premiers humains étaient complètement dépendants des fluctuations du climat et des environnements. La tendance s'est inversée après que le développement et l'utilisation active de mesures de protection (adaptation autochtone) soient devenus prévalents et aient assuré la survie de l'homme même dans des conditions extrêmes (Layton 2020). Dans cette session, l'adaptation sociale et économique, liée aux moyens de subsistance durables et diversifiés basés sur la forêt sera abordée.



Résultats d'apprentissage

A la fin de cette session, les apprenants devraient être capables de :

- Identifier et mettre en œuvre des moyens de subsistance durables basés sur la forêt
- Expliquer les éléments des systèmes sociaux.
- Expliquer le sens des termes "genre" et "intégration de la dimension de genre".
- Expliquer certains mécanismes d'adaptation indigènes.



Activité 4.7 (Brainstorming) (10 Minutes)

Quelle est la contribution des forêts et des ressources arborées à l'adaptation socio-économique au changement climatique dans le pays de résidence ?

Le changement climatique ne fait pas partie des priorités de la plupart des pays en développement car les priorités actuelles mettent l'accent sur la réduction de la pauvreté et la croissance économique. Les mesures d'adaptation qui consistent à supporter et à partager les pertes ou à changer d'utilisation et d'emplacement sont liées au statut socio-économique des individus ou de la communauté (Asumadu-Sarkodie et al. 2020, Baarsch et al. 2020). Les déterminants de l'adaptation, tels que l'âge ou le sexe du chef de ménage, décrits dans la section 2.5.2, sont liés au statut socio-économique des groupes vulnérables et déterminent comment la gestion des situations et l'adaptation peuvent être réalisées.

4.5.1 Moyens de subsistance durables et diversifiés basés sur les forêts

À l'échelle mondiale, plus de 1,6 milliard de personnes dépendent des forêts pour leur subsistance, leurs moyens de subsistance, l'emploi et la création de revenus, et le large éventail de biens et services forestiers crée des possibilités de relever un grand nombre des défis les plus pressants en matière de développement durable (UNFF 2015). Les forêts et les arbres constituent la base de la vie et sont d'une importance critique pour le développement humain et sociétal (Arce 2019), fournissant à la fois des produits forestiers ligneux et non ligneux ou non ligneux et servant de tampon aux communautés pendant les périodes de pénurie et de source de nutrition pour les pauvres (Agrawal 2013, Costa Carvalho et al. Perez 2020).

Les moyens d'existence durables comprennent les capacités, les actifs et les activités nécessaires à un mode de vie capable de faire face et de se remettre des stress et des chocs, et de maintenir ou d'améliorer ses capacités, ses actifs et ses activités, tant maintenant qu'à l'avenir, sans porter préjudice aux ressources naturelles (Serrati 2017). La diversification est un processus (si planifié) où le statut économique des ménages pourrait s'améliorer à travers, par exemple, la production de nouvelles variétés de cultures, de cultures de valeur, d'arbres fruitiers, d'agroforesterie, de petites entreprises, de travail occasionnel, etc. Les moyens de subsistance diversifiés démontrent la dépendance d'une personne à l'égard de plusieurs activités au cours d'une année. Ces activités peuvent être basées sur la terre ou non, sur l'auto-emploi ou le travail, sur l'emploi rural ou sur l'émigration (temporaire). Le manque de capital et de compétences limite la capacité de certaines familles à conserver ou à modifier leurs moyens de subsistance traditionnels (Cannon 2013, Owino et al. 2020b).

La diversification implique une augmentation de la production dans les secteurs de l'industrie et des services tout en diminuant la part des activités de production primaire (par exemple, la culture traditionnelle). Les modèles de diversité diffèrent selon le niveau de richesse (World Social Report 2020).

Plusieurs programmes ont été lancés en Zambie pour renforcer la résilience des écosystèmes et des communautés face au changement climatique par le biais de moyens de subsistance diversifiés basés sur les écosystèmes. Des initiatives telles que la régénération naturelle assistée, l'agroforesterie, la gestion intégrée des incendies et la réduction de la déforestation et de la dégradation réduisent l'utilisation non durable de la biomasse pour le charbon de bois/le bois de chauffage par la promotion de l'efficacité énergétique et de l'utilisation des ressources (Anyango et al. 2018).

Lorsque les nouvelles activités économiques offrent des rendements plus élevés que les activités traditionnelles, il y a une diversification "attractive" ou "positive" et les ménages accumulent des actifs et ont une vie meilleure. D'autre part, lorsque les nouvelles options offrent des rendements inférieurs à ceux des activités habituelles, il existe des stratégies d'adaptation pour répondre au choc. On parle alors d'une diversification "poussée" ou négative, où les ménages restent dans le cycle de la pauvreté (Reardon et al. 2007, Chandra et al. 2020). L'adaptation qui soutient les moyens de subsistance durables signifie donc la capacité de :

- S'engager dans différentes actions pour gérer les incertitudes et répartir le risque. Par exemple, une famille dépendant de sa propre terre, etc.
- Faire face aux insuffisances - diverses activités peuvent être entreprises pour faire face aux insuffisances de l'activité principale ou aux imprévus. Par exemple, une mauvaise récolte, la perte d'un emploi ou des frais médicaux ou funéraires.
- Prendre conscience du caractère saisonnier - certaines activités primaires telles que la collecte de fruits, de noix et de champignons dépendent des saisons. L'artisanat est également saisonnier. Les activités hors saison (bien que moins rémunératrices) sont préférables à l'émigration ou au chômage.
- Compenser les défaillances des marchés du crédit - autres activités à faible rendement entreprises pour financer l'activité principale/de prédilection dans de nombreuses zones rurales. Cette situation est courante lorsque l'accès au crédit n'existe pas ou est à des conditions exorbitantes. Ces revenus sont utilisés comme intrants pour l'activité principale, par exemple pour acheter des engrais, des semences, etc.
- Transformation progressive vers de nouvelles activités - le passage à une nouvelle activité est progressif lorsque les rendements sont plus élevés. Il s'agit d'un ajout aux activités existantes

plutôt que d'un substitut. Au fil du temps, si les rendements élevés sont stables, elle devient une spécialisation. Au départ, ils sont susceptibles d'être motivés par la nécessité.

Les complémentarités peuvent être établies par des activités de diversification des ménages qui s'appuient sur les compétences, les expériences et les informations existantes. Par exemple, un travail à temps partiel à domicile complété par des tâches domestiques à temps partiel. Les changements dépendent des conditions et expériences antérieures.

Depuis lors, les produits forestiers ont toujours été utilisés à des fins diverses, notamment pour l'alimentation, la médecine, les fibres, le fourrage, les équipements agricoles et les matériaux de construction. Ils peuvent jouer un rôle important dans les stratégies de subsistance des populations rurales et contribuer à la pérennité des paysages forestiers (Ros-Tonen et Wiersum 2005, Rai et al. 2019). La Banque mondiale (2016) a déclaré que les ménages ruraux qui vivent près des forêts tirent jusqu'à 22 % de leurs revenus du bois et des PFNL, une contribution plus importante que le travail salarié, le bétail ou les entreprises indépendantes. Ils ont ajouté qu'environ la moitié de ce revenu est non monétaire et comprend la nourriture, les médicaments, le carburant, les matériaux de construction et le fourrage. Des revenus supplémentaires pourraient provenir du paiement des services écosystémiques.

Pour les communautés kényanes proches de l'est de la forêt de Mau, les revenus tirés des forêts peuvent représenter jusqu'à 33 % du revenu total des ménages, les contributions les plus élevées provenant du bois de chauffage (50 %), de la nourriture (27 %), des matériaux de construction (18 %), du fourrage et des matériaux de chaume (5 %) (Langat et al. 2016).

Les activités forestières qui soutiennent la fourniture durable de ces biens et services, même dans un climat changeant, comprennent l'agroforesterie et d'autres activités de plantation d'arbres, la gestion participative des forêts, la gestion des incendies dans les environnements naturels, la réhabilitation des terres dégradées et la sensibilisation/formation à l'environnement.

4.5.2 Renforcement des systèmes et réseaux sociaux dans le contexte des ressources forestières et arboricoles

Les systèmes sociaux sont des réseaux structurés de relations qui forment un ensemble cohérent entre individus, groupes et institutions. Ils représentent des structures formelles avec des rôles et des statuts qui peuvent se former dans des groupes petits ou stables et ne sont pas des entités directement observables mais peuvent être systématiquement des domaines d'objets définis.

Un système social est composé de personnes ou de groupes de personnes qui interagissent et influencent mutuellement leur comportement.

Les interactions entre les individus sont considérées comme des systèmes sociaux. La théorie des systèmes analyse la façon dont la société s'adapte à son environnement par des modifications de l'organisation, avec des implications sur leur conscience de l'ordre social. La théorie des systèmes montre également la complexité de l'évolution sociale et souligne la probabilité limitée de diriger la société. D'un autre côté, parce que la société est extrêmement complexe, les systèmes sociaux offrent un large éventail de possibilités d'adaptation pour la société (Marten 2001, Oeba et al, 2018, Cheruiyot 2019), y compris la gestion des ressources forestières.

Dans les pays en développement, les communautés locales sont gravement touchées par le changement climatique, principalement celles qui vivent dans des régions exposées à des risques climatiques tels que les inondations et les sécheresses. Ces populations sont généralement plus pauvres que le reste de la

population d'un pays. Les impacts du changement climatique peuvent être subtils mais significatifs, et leurs effets diffèrent selon les membres d'une même communauté. Certains individus ou groupes peuvent percevoir le changement climatique comme une opportunité tandis que d'autres subissent des pertes, ce qui témoigne de la dynamique et des complications de la communauté sur la façon dont elle peut s'adapter, y compris le partage des coûts de l'adaptation. Les impacts négatifs sont des événements aléatoires qui surviennent par surprise et dont les effets peuvent aller au-delà des valeurs critiques des paramètres météorologiques habituels. Les impacts négatifs comprennent les effets imposés par les risques climatiques tels que les cyclones, les inondations, les sécheresses, les vents violents, les vagues de chaleur, les températures inférieures au point de congélation ou les feux de forêt/de brousse (Schneider et al. 2001, Brown et Sonwa 2018, Rao et al. 2019).

Un système de ressources comprend trois sous-systèmes : les sous-systèmes biophysique, social et technologique, représentant respectivement les composantes terrestres, humaines et technologiques d'un système de ressources. Le système biophysique/écosystème comprend le sol, la topographie, le climat, la végétation et d'autres éléments. Le système social comprend la population, les structures sociales, économiques et politiques, etc., et le système technologique comprend les outils, les instruments, les modes de culture, les pratiques en matière de ressources, les méthodes de diffusion, etc. (Firey 1960, Werdiningtyas et al. 2020).

Dans un système social, les informations et les ressources sont des moteurs importants qui fournissent de l'énergie au système. L'énergie du système est la capacité d'action ou le pouvoir de mettre en œuvre des changements. Les actions du système impliquent un mouvement d'énergie ou d'information au sein d'un système ou entre un système et son environnement. Pour être utile, l'énergie doit être structurée et façonnée par les informations disponibles. L'énergie d'un système est acquise à partir des capacités physiques de ses membres, des sentiments partagés, des valeurs communes et des ressources sociales, telles que les loyautés et les ressources de son environnement. Les systèmes sont soit mécanistes, soit intentionnels. On parle de système mécaniste lorsque le système ne détermine pas ses propres objectifs, mais que son comportement est prévisible car il réagit à des stimuli prédéterminés (par exemple, un ordinateur ou un avion). Un système intentionnel détermine ses propres objectifs et les moyens de les atteindre (par exemple, un animal, un ménage ou une nation). Dans ce contexte, le but du système social est de servir les objectifs de ses membres tout en servant les objectifs de son environnement (Gharajedaghi 2012, Gedi 2019, Luhmann 2020).

Les cinq éléments de base d'un système social sont :

- » **La cohésion** décrit le sentiment d'identité et d'intérêts communs qui rassemble les gens. Normalement, c'est le produit d'une histoire et d'une culture communes et, dans certains cas, des facteurs politiques et économiques jouent un rôle. Cela signifie qu'un système possède une certaine forme d'organisation. Des forces internes et externes peuvent désorganiser un système. C'est un élément qui persuade les gens d'agir collectivement (Barrow et Murphree 2001, Hopper et Weyman 2019). La culture est le ciment qui intègre les parties en un tout cohérent. Néanmoins, étant donné que les parties ont beaucoup à dire sur l'organisation du tout, le consensus est essentiel à l'alignement des systèmes à plusieurs esprits (Gharajedaghi 2012, Eräranta et Madenović, 2021).
- » **Les frontières/démarcations** peuvent être réelles ou imaginaires et montrent une définition claire de ce qui reste à l'intérieur (endogène) et de ce qui reste à l'extérieur (exogène). Pour comprendre un système, il faut connaître les relations entre les composants endogènes et la façon dont ils se rapportent de manière indépendante et holistique à l'environnement exogène. La cohésion fixe les frontières sociales et détermine l'appartenance (Barrow et Murphree 2001, Wang et Li 2018).
- » La légitimité concerne à la fois le pouvoir et l'autorité qui peuvent être internes ou externes. L'autorité interne est basée sur des critères socio-économiques et socioculturels. L'autorité externe peut

également attribuer une légitimité mais peut ne pas être suffisante à elle seule (Barrow et Murphree 2001, Wang et Li 2018).

- » **La résilience** décrit si un système change ou non. Par exemple, dans un système à l'état stable, aucun changement de structure ou de fonction n'est attendu dans une période donnée. Les frontières de la juridiction et la cohésion sociale peuvent changer, mais la résilience montre la capacité organisationnelle à s'adapter dans le contenu et la structure (Barrow et Murphree 2001, Amadi-Echendu et al. 2020).
- » **La hiérarchie** montre l'interrelation et l'interdépendance dans un système. Par exemple, un être humain fait partie d'un système de ménage, qui fait partie d'un système de communauté, qui fait partie d'un système de district, qui fait partie d'une nation, qui à son tour fait partie du monde (communauté des nations). Pour analyser tout système dans la hiérarchie, il faut tenir compte de l'influence des systèmes d'ordre supérieur et inférieur (Harder et Kim 2018).

Dans chaque système, les structures des réseaux sociaux varient, certains étant gérés par le commandement et le contrôle ou par des relations de domination et d'obéissance, tandis que d'autres sont plus libéraux. D'autres réseaux sont distributifs comme dans le moulin à rumeurs existant dans la plupart des systèmes sociaux. Les réseaux sociaux collaboratifs rendent tout le monde acceptable en tant que membre légitime par tous les autres. Les membres sont cohésifs et naturels, étant la source du capital social ou de la productivité optimale du groupe. Ces systèmes sont également une source d'innovation, de création de valeur et de percées en matière de performance. Dans les initiatives communautaires de conservation telles que la gestion participative des forêts et de la faune, les objectifs déterminent la direction, le contenu et le processus des activités de gestion communautaire des forêts (Barrow et Murphree 2001, Wang et Li 2018).

4.5.3 Genre et adaptations basées sur la forêt

Le genre est un ensemble de normes et d'idéologies socialement construites qui déterminent le comportement et les actions des hommes et des femmes. Il est nécessaire de comprendre les relations de genre et les dynamiques de pouvoir qui y sont associées afin de comprendre l'accès des individus aux ressources et leur distribution, la capacité à prendre des décisions et la manière dont les femmes et les hommes, les garçons et les filles sont affectés par les processus politiques et le développement social (Banque mondiale 2012). La vulnérabilité aux impacts du changement climatique est intimement liée à la pauvreté et à la marginalisation économique au sein des pays en développement et au sein de groupes particuliers de la société, principalement les pauvres et les autres segments marginalisés (femmes, personnes âgées, immigrants, groupes autochtones, etc.), étant structurellement vulnérables (PNUD 2014).

Le genre est l'une des questions transversales qui ne doit pas être ignorée dans l'adaptation au changement climatique car il affecte différemment les femmes et les hommes. Ainsi, l'intégration de la dimension genre est importante pour répondre aux préoccupations et aux expériences des femmes, des hommes et des jeunes dans la conception, la mise en œuvre, le suivi et l'évaluation de toutes les politiques et de tous les programmes, afin que les femmes et les hommes soient traités équitablement (UN 2002). L'intégration de la dimension genre a été adoptée par l'ECOSOC de l'ONU en se focalisant sur l'évaluation de la manière dont les femmes et les hommes sont affectés par toute action planifiée, y compris les politiques, la législation, les programmes à tous les niveaux, dans tous les secteurs. La CCNUCC (2014) a développé une approche sensible au genre pour l'intégration du changement climatique dans les plans de développement, basée sur les bonnes pratiques pour faire face au risque climatique, protéger les plans actuels du climat et assurer un développement adaptatif. La figure 9 montre le processus en cinq étapes basées sur le genre pour intégrer l'adaptation.

En Tanzanie, les hommes sont de plus en plus nombreux à collecter des PFNL tels que le bois de chauffage et les champignons sauvages en raison des tensions induites par le climat dans les activités de subsistance traditionnelles des hommes (Balama et al. 2016).

En Afrique du Sud, les ménages dirigés par des femmes sont légèrement plus susceptibles que ceux dirigés par des hommes d'utiliser la collecte de PFNL comme stratégie d'adaptation en réponse aux chocs (Paumgarten et Shackleton 2016).

En Zambie, les ménages dirigés par des hommes sont moins susceptibles que les ménages dirigés par des femmes d'utiliser les forêts en réponse à une mauvaise récolte (Kalaba et al. 2013).

En Afrique du Sud, la collecte de produits forestiers non ligneux (PFNL) joue un rôle essentiel de filet de sécurité pour les populations marginalisées après des chocs climatiques, en particulier les femmes (Shackleton et Shackleton 2004).

Au Zimbabwe, la collecte de PFNL par les femmes constitue une source importante de combustible, de nourriture et de revenus en réponse à la perte de récoltes due au changement climatique (Woittiez et al. 2013)

Vincent et Colenbrander (2018) ont appliqué ces étapes en Zambie et ont conclu que le processus était applicable dans des environnements où les données sont limitées et où les gens ont une formation minimale pour évaluer les risques climatiques, faciliter l'adaptation et le développement résilient au climat.

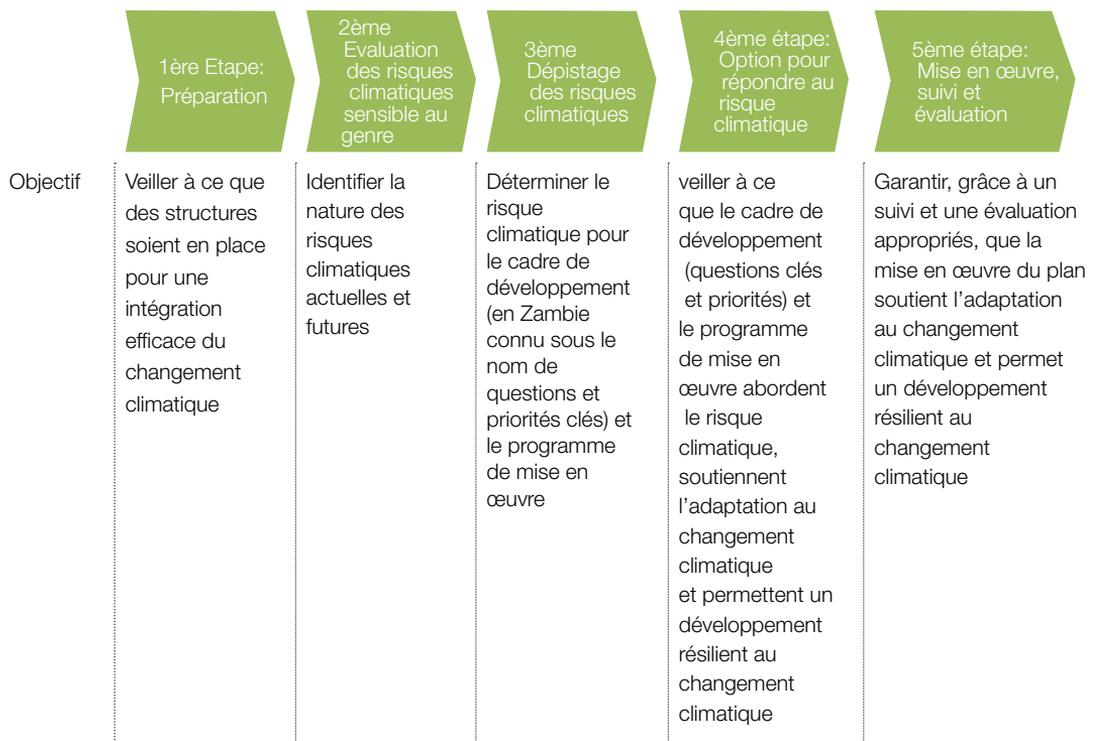


Figure 9. Un processus en cinq étapes pour l'intégration de la dimension de genre du changement climatique dans la planification du développement (UNFCCC 2014).

Au Sénégal, un projet de gestion participative durable de l'énergie a introduit des objectifs d'égalité entre les sexes, ce qui a entraîné l'intégration des femmes dans les comités de gestion forestière inter-villages et leur participation à hauteur de 33 à 50 % des comités. Les femmes ont également participé de plus en plus aux sessions de formation sur les techniques de coupe forestière et de carbonisation, des activités autrefois dominées par les hommes (Banque Mondiale 2016).

L'intégration de la dimension de genre garantit des réponses appropriées aux besoins et aux aspirations des femmes. En Afrique de l'Ouest, l'implication des femmes dans les comités de gestion forestière a facilité et soutenu le leadership des femmes et leur participation égale à la prise de décision, renforçant ainsi leur capacité d'adaptation (Aguilar et al. 2011). Les programmes de gestion forestière qui ignoraient ou n'incluaient pas les femmes ont échoué, tandis que ceux qui incluaient les femmes bénéficiaient d'un soutien sous forme de travail, d'une meilleure conservation et d'une approbation (Agarwal 2009). Pour réussir, l'intégration de la dimension de genre doit inclure l'autonomisation, en accordant une attention particulière aux relations entre les sexes (Mwangi et al. 2011).



Activité 4.8 (Brainstorming) (10 Minutes)

Quelle est la contribution des forêts et des ressources arborées à l'adaptation socio-économique au changement climatique dans le pays de résidence ?

4.5.4 Mécanismes et stratégies autochtones de gestion et d'adaptation

Les connaissances traditionnelles, autochtones et locales font généralement référence aux systèmes de connaissances ancrés dans les traditions culturelles des communautés régionales, autochtones ou locales. Les impacts du changement climatique ont affecté les moyens de subsistance. Cependant, certaines communautés rurales ont développé leurs propres stratégies de gestion et d'adaptation. Les communautés rurales ne dépendent pas des connaissances scientifiques modernes, mais gèrent leurs moyens de subsistance, par exemple en cultivant des plantes en utilisant leurs connaissances locales des conditions écologiques. Les actions d'adaptation sont le produit de leurs connaissances, de leurs priorités et de leurs capacités qui leur ont permis de planifier et de faire face au changement et à la variabilité climatiques (CVC) locaux (Mugambiwa 2018).

Les communautés ont utilisé plusieurs stratégies pour gérer et s'adapter en fonction du type de moyens de subsistance. Par exemple, les communautés en Tanzanie ont utilisé des pratiques telles que la plantation d'arbres, la construction de terrasses, la diversification des cultures et la récolte de l'eau en utilisant des réservoirs d'eau locaux et des cultures mixtes (Kahila 2018) pour faire face au CVC. En outre, ils ont utilisé des stratégies telles que la collecte de l'eau pluviale dans des fossés, des barrages de retenue et ils se sont également engagés dans des activités économiques alternatives. En Afrique du Sud, les agriculteurs ont utilisé les déchets de cuisine et le fumier pour améliorer la fertilité des sols, tandis que d'autres ont remplacé leur système de culture par un système d'élevage plus résistant à la sécheresse. Dans d'autres cas, les producteurs de coton du Zimbabwe ont irrigué leurs cultures et se sont diversifiés en adoptant des variétés de cultures plus résistantes à la sécheresse ou d'autres cultures. Ils ont également ajusté le calendrier de la période de plantation pour coïncider avec le début des pluies. Certains utilisent des bouteilles pour l'irrigation au goutte-à-goutte des plantes locales. D'autres petits exploitants dans les régions du Zimbabwe exposées à la sécheresse sont passés du maïs au sorgho et au millet traditionnels, ce qui a entraîné une amélioration de la sécurité alimentaire (FAO 2017a, Mugambiwa 2018). De même, certaines variétés de maïs à maturation précoce, résistantes à la sécheresse et à haut

rendement ont été introduites en Afrique australe (Fisher et al. 2015, Katengeza 2019).

En dehors de l'Afrique, les agriculteurs pakistanais se sont tournés vers la culture de variétés de coton génétiquement modifiées et ont réussi à éviter les pertes dues aux attaques de parasites communes aux variétés de coton traditionnelles. En outre, ils ont planté des variétés de blé tolérant un stress thermique élevé en réponse à la fréquence croissante des épisodes de températures maximales extrêmes (Abid et al. 2016).

Les connaissances endogènes (IK) ont été soulignées comme une source de résilience à la fois en théorie et en pratique, car elles sont construites sur l'apprentissage des expériences passées des risques naturels (Hooli 2016). Les communautés africaines ont utilisé les savoirs locaux pour s'adapter au changement et à la variabilité climatiques (Osbahar et al. 2010), notamment aux sécheresses (Kihila 2018), aux inondations (Hooli 2016), au réchauffement des océans (Belhabib et al. 2016) et à la sécheresse (Ncube et Lagardien 2015)

L'élevage est considéré comme étant le plus résistant à la sécheresse, certaines stratégies remontant à l'époque où les agriculteurs migraient avec leurs animaux à la recherche de meilleurs pâturages. Dans certaines régions, les éleveurs vendent leur bétail plus tôt ou déstockent sans compromettre le troupeau reproducteur. Ils modifient également les stratégies d'alimentation pour maintenir le troupeau (Esiobu et Onubuogu 2014). Les agriculteurs sélectionnent le bétail pour sa tolérance à la sécheresse, changent de race ou passent à des systèmes à faible niveau d'intrants comme l'élevage d'autruches ou de gibier. Les éleveurs conservent également l'eau en récupérant l'eau pluviale sur les pentes des montagnes, en construisant des barrages pour le stockage de l'eau et en utilisant des éoliennes pour pomper l'eau des forages (Ncube et Lagardien 2015). De même, les pêcheurs se sont également adaptés en modifiant les périodes de pêche, en pêchant en eaux profondes, en programmant les périodes de pêche et en s'engageant dans des activités économiques alternatives (Kihila 2018).

En outre, les agriculteurs des zones sujettes à la sécheresse protègent les arbres dans les fermes et dans les forêts, gérant ainsi la biodiversité et réduisant la désertification. La domestication des espèces d'arbres indigènes est une stratégie adoptée par de nombreux pays d'Afrique. Cependant, les ménages à faible revenu résidant à proximité des forêts, dirigés par des personnes âgées ayant une aversion au risque et moins éduquées, dépendent davantage des forêts pour gérer les chocs climatiques que les autres (Ludena et Yoon 2015)

Les agriculteurs africains sont connus pour avoir pratiqué des systèmes de culture en jachère, ce qui a favorisé le développement des forêts. Cependant, en raison de la croissance démographique, la durée de la jachère a été réduite au point que cette pratique n'existe plus dans de nombreuses régions. Les forêts ont été reconnues par les institutions traditionnelles dans le cadre de la gestion des réserves forestières communales. Dans d'autres régions, les agriculteurs ont utilisé les jachères naturelles pour régénérer ou restaurer la fertilité du sol et d'autres ont recouru aux légumineuses pour restaurer rapidement la fertilité du sol (Tarawali et Ogunbile 1995). En outre, l'agroforesterie a été pratiquée pour augmenter la quantité de matière organique dans le sol, améliorer la rétention d'eau et promouvoir la diversification des cultures, améliorant ainsi la productivité agricole et réduisant la pression exercée sur les forêts (Ajani et al. 2013)



Activité Révision (10 minutes)

1. Quels sont les principaux éléments des systèmes sociaux et comment les forêts favorisent-elles l'adaptation des systèmes sociaux ?
2. Quelles sont les conséquences négatives lorsque la planification et le financement de l'adaptation et de l'atténuation ne tiennent pas compte des différences entre les sexes et des besoins et capacités spécifiques des femmes ?
3. Quelle est l'importance des mécanismes endogènes pour gérer l'adaptation au changement climatique ? Donner des exemples.

Résumé

Dans cette section, l'adaptation sociale et économique a été étudiée. Des moyens de subsistance durables et diversifiés sont essentiels pour soutenir les moyens de subsistance des communautés. Un moyen d'existence durable comprend les capacités, les actifs et les activités nécessaires à un mode de vie capable de gérer et de récupérer des stress et des chocs et de maintenir ou d'améliorer ses capacités, ses actifs et ses activités, aujourd'hui et à l'avenir, sans porter atteinte à la base de ressources naturelles. Un système de ressources comprend trois sous-systèmes : les sous-systèmes biophysiques, sociaux et technologiques, qui représentent les composantes terrestres, humaines et technologiques d'un système de ressources. Les systèmes sociaux comprennent la population, les structures sociales, économiques et politiques, etc., et les systèmes technologiques comprennent les outils, les instruments, les modes de culture, les pratiques en matière de ressources et les méthodes de diffusion. Dans un système social, l'information et les ressources sont des moteurs importants qui alimentent le système en énergie. Dans chaque système, les structures des réseaux sociaux varient, certains réseaux étant gérés par des relations de commandement et de contrôle ou de domination et d'obéissance, tandis que d'autres sont plus libéraux. Les systèmes sociaux comportent cinq éléments. Il a été également démontré que le genre est l'une des questions transversales qui ne doit pas être ignorée dans l'adaptation au changement climatique, car le changement climatique affecte différemment les femmes et les hommes. Un processus en cinq étapes basées sur le genre pour intégrer l'adaptation, qui a été appliqué dans un pays africain a été discuté. La section s'est terminée en montrant que les communautés utilisent plusieurs connaissances et stratégies locales pour gérer et s'adapter en fonction des types d'entreprises de subsistance.

4.6 Les défis de l'adaptation

Le changement climatique pose désormais de nouveaux défis liés aux nombreuses incertitudes, à la portée et à la gravité potentielles des impacts, ainsi qu'à la vitesse et au type de changement sans précédent qui menacent de fragiliser la résilience des écosystèmes. La déforestation et la dégradation des forêts sont devenues des obstacles majeurs à la mise en œuvre de la GDF et de la conservation dans la plupart des pays en développement (Bamwesigye et al. 2020, Kline et Dale 2020). En outre, une gouvernance efficace est importante pour le bon fonctionnement des institutions. Dans cette section, les obstacles et les défis de la planification et de la mise en œuvre des initiatives d'adaptation au changement climatique sont examinés. Il s'agit notamment des défis technologiques, sociaux, financiers ou économiques, institutionnels/politiques, informationnels ou cognitifs et biophysiques.



Résultats d'apprentissage

A la fin de ce chapitre, l'apprenant devrait être capable de :

- i. Identifier les catégories d'obstacles et de défis à l'adaptation.



Activité 4.8 (Travail de groupe) (10 Minutes)

- i. Classer les principaux obstacles et défis de l'adaptation au changement climatique

En général, la gouvernance repose sur la promotion des principes démocratiques et participatifs ainsi que sur la garantie de l'accès à l'information, aux connaissances et aux réseaux. Le renforcement institutionnel et le développement des capacités ont été mis en évidence comme des besoins prioritaires dans les pays en développement (Kumamoto et Mills 2012, Tchawe 2019). Dans une évaluation de la planification des bassins fluviaux au Brésil, Engle et Lemos (2010) ont constaté que l'amélioration des mécanismes de gouvernance renforçait la capacité d'adaptation. De même, les systèmes d'échange d'eau facilités par des mesures gouvernementales ont réduit l'impact d'une grande sécheresse sur l'économie en Australie (Mallawaarachchi et Foster 2009). L'efficacité de ces approches dépend à la fois de l'engagement des pouvoirs publics et du renforcement des capacités des personnes concernées.

Les modifications d'un système terrestre peuvent affecter d'autres, et les mesures prises pour limiter le changement climatique ou s'y adapter peuvent avoir des conséquences inattendues, tant positives que négatives. Le changement climatique peut se produire si rapidement, ou être si grave, que l'adaptation devient impossible, soit parce qu'il n'existe pas de stratégies pour faire face aux risques, soit parce qu'elles deviennent trop coûteuses, soit parce que les conséquences de l'adaptation sont jugées inacceptables. Dans ce cas, le changement climatique a atteint un seuil ou limite l'adaptation. Les limites peuvent être écologiques, physiques, économiques, technologiques ou sociétales. Malgré les avantages que les initiatives d'adaptation peuvent apporter, il existe de nombreux défis et obstacles qui pourraient rendre les individus réticents. Ces facteurs compliquent et entravent la compréhension, la mise en œuvre et le soutien aux actions d'adaptation (Ransom 2017, Seo 2017).

Les questions de gouvernance forestière peuvent constituer des obstacles à la réussite des actions de lutte contre le changement climatique basées sur les forêts. Atyi (2017) a identifié cinq obstacles liés à la gouvernance forestière :

- Mauvaise application des lois et réglementations forestières.
- Influence politique envahissante sur la politique forestière et la prise de décision.
- Absence de planification de l'utilisation des terres.

- Manque de coordination entre les ministères du gouvernement.
- Un secteur informel important mais mal contrôlé.

Moser et Ekstrom (2010) et Chenani et al. (2021) ont défini un obstacle à l'adaptation comme tout type de défi ou de contrainte susceptible de ralentir ou d'arrêter les progrès en matière d'adaptation, mais qui peut être surmonté par un effort concerté. Par exemple, les personnes qui ont une faible compréhension personnelle du changement climatique auront du mal à planifier ses impacts ou même à accepter que les autres planifient leur adaptation. Cela peut s'expliquer par le fait qu'elles ont le sentiment que la science du climat est trop peu connue, que la science n'est pas "établie", qu'il faut davantage de certitudes scientifiques avant de pouvoir agir ou que les risques sont faibles et que l'action peut être retardée. Un autre exemple est le manque de capacité au sein de l'organisation, notamment l'insuffisance de fonds pour l'adaptation, et une culture organisationnelle qui limite ou empêche la prise de décision en matière d'adaptation peut constituer un obstacle. La volonté politique ou le soutien du gouvernement sont également importants, mais en général, ces facteurs peuvent être classés en trois catégories : institutionnels, sociaux, économiques ou technologiques.

4.6.1 Lacunes et obstacles à l'adaptation

Les obstacles à l'adaptation peuvent être d'ordre social, économique, institutionnel/de gouvernance, technologique, informationnel ou personnel/cognitif. L'encadré 4.2 présente un résumé des obstacles à l'adaptation.

Encadré 4.2: Obstacles à l'adaptation (Niang et al. 2014, Hallmeyer and Tonkonogy 2018)

- » **Mauvais cadre politique** - Le cadre politique n'offre pas les conditions nécessaires pour soutenir les investissements spécifiques au secteur (par exemple, pas de spécifications pour que les entreprises exécutent des actions de gestion des risques de catastrophe).
- » **Mauvais cadre institutionnel** - Absence d'institutions juridiques et réglementaires ou d'infrastructures pour soutenir l'investissement (par exemple, droits de propriété, permis, état de droit, etc.)
- » **Mauvais environnement de marché** - Environnement de marché peu favorable aux investissements généraux et aux différents secteurs (par exemple, économie faible, antécédents historiques faibles, etc.)
- » **Faiblesse des chaînes de valeur et du capital humain** - Les capacités requises pour lancer et établir des investissements fructueux font défaut (par exemple, absence d'expertise sectorielle locale ou de chaînes de valeur spécifiques au secteur).
- » **Valeur ajoutée incertaine ou inconnue** - Les utilisateurs ne connaissent pas la valeur ou l'avantage de la technologie ou celle-ci est incertaine ; le risque climatique n'est pas pris en compte par les utilisateurs dans la prise de décision. Coût opérationnel élevé de la technologie.
- » **Manque de capacité technique** - Les utilisateurs potentiels de la technologie n'ont pas la capacité technique nécessaire pour mettre en œuvre ou utiliser la technologie.
- » **Manque de capacités internes** - Gestion interne et capacités opérationnelles inadéquates du fournisseur de produits ou de services d'adaptation.
- » **Barrières cognitives** - Comprend des explications alternatives concernant les événements extrêmes et les conditions météorologiques, telles que la religion (la volonté de Dieu), les ancêtres et la sorcellerie, ou le fait de considérer ces changements comme hors du contrôle des personnes.
- » **Barrières informationnelles** - Manque d'informations sur les prévisions de changement climatique et les conditions météorologiques, l'agroforesterie et/ou le boisement, les différentes variétés de cultures et les stratégies d'adaptation.

4.6.2 Défis politiques

Dans la plupart des États africains, l'élaboration des politiques est le fait d'agences gouvernementales centrales, les autres acteurs étant insuffisamment impliqués, tandis que les communautés locales sont le plus souvent exclues (Hamilton et Lubell 2019, Alemaw et Sebusang 2019). Certaines des faiblesses des politiques et de leur formulation sont les suivantes :

- » Dans certains cas, lorsque les stratégies de mise en œuvre pratique sont absentes, il y a des interférences politiques, et les différents niveaux de mise en œuvre (village, quartier, district, provincial, national, etc.), limitent les efforts d'adaptation.
- » Le changement climatique est un phénomène mondial qui nécessite des efforts de la part des pays développés et en développement.
- » L'insuffisance des connaissances ou des ressources des décideurs ne leur permet pas de formuler des politiques correctes. La plupart des mesures d'adaptation nécessitent un haut niveau de coordination entre les différents niveaux de gouvernance (GIEC 2014).
- » La collaboration intersectorielle et interministérielle n'est pas toujours claire sur la manière de consolider l'ensemble complexe d'acteurs et leurs activités.
- » Les inefficacités politiques et institutionnelles, où la priorisation des initiatives d'adaptation au changement climatique en Afrique australe est bloquée par d'autres questions telles que l'atténuation, les catastrophes et les risques (Chevallier 2012, Nciizah et al. 2021).

4.6.3 Défis techniques et technologiques

L'un des défis est de comprendre le comportement des écosystèmes dans leur adaptation à un climat changeant et comment la vulnérabilité progressive des écosystèmes pourrait évoluer sur la base des informations écologiques existantes. Bien que les modèles indiquent que le changement climatique devrait affecter la distribution des écosystèmes et des espèces, il est nécessaire de comprendre le comportement et son impact sur le flux des services écosystémiques. La maladaptation et les stratégies d'adaptation à court terme constituent un défi en créant des pressions supplémentaires sur les écosystèmes. Par exemple, lorsque les PFNL utilisés comme filets de sécurité sont collectés dans des forêts qui ne sont pas gérées durablement (UICN 2008, Apeaning 2019). Pour surmonter certains de ces problèmes, les défis de la planification devraient être liés à travers les secteurs et échelles. Les défis technologiques et techniques affectent la planification et la mise en œuvre des initiatives d'adaptation. Certains de ces défis sont abordés ci-dessous.

- » La mauvaise qualité des semences et l'absence d'intrants sont attribuées à l'absence de contrôles de qualité de la part du gouvernement et aux pratiques commerciales corrompues des négociants, au faible accès au marché et à l'insécurité de la tenure (Angaine et al. 2020, Owino et al. 2020c, Onyango et al. 2020).
- » Les connaissances ou les capacités techniques sont souvent plus faibles dans le monde en développement que dans le monde développé. Par exemple, les questions concernant les arbres et les options de gestion forestière adaptées aux climats futurs et la meilleure façon de minimiser les impacts négatifs du changement climatique. La plupart des politiques existantes n'appliquent pas les cadres de l'approche basée sur le paysage pour mettre en œuvre les objectifs en matière de climat et de développement (Aronson et al. 2019). Chambwera et al. (2014) et Steiner et al. (2020) ont montré que seules quelques-unes des mesures d'adaptation suggérées seront mises en œuvre en raison des limites techniques et physiques ainsi que des différences d'objectifs.
- » La mise en œuvre des CDN et des PANA souffre du manque de capacité à utiliser les outils et actions politiques spécifiques aux projets de foresterie.

- » L'incapacité à considérer et à prendre en compte le potentiel des arbres à fournir des services écosystémiques dans un contexte de changement climatique.
- » Les défis liés aux méthodes et outils scientifiques pour évaluer les arbres utiles dans diverses perspectives socio-écologiques et la non-disponibilité des données et des informations pour toutes les parties prenantes.
- » Les actions d'adaptation peuvent avoir des résultats directs et mesurables, bien que les impacts du changement climatique sur la vulnérabilité ne soient généralement pas directement visibles à court terme mais ne peuvent être évidents que sur une longue période (plusieurs décennies), où il y aura différentes interprétations sur les caractéristiques du succès de l'adaptation (Ford et al. 2015).
- » L'analyse du rôle joué par l'adaptation est encore compliquée par le fait que les conditions climatiques et socio-économiques de base qui déterminent l'efficacité de l'adaptation changent également, ce qui peut rendre les interventions inefficaces (Ford et al. 2015).
- » Le succès des mesures d'adaptation à court terme peut s'avérer inadapté à long terme, aggravant la vulnérabilité en raison de la modification des comportements, de l'évolution des modèles de développement, du déplacement des risques vers d'autres groupes et de la création d'une dépendance au sentier, ce qui remet en question le maintien des interventions (Barnett et O'Neill 2010, Fazey et al. 2010, Schirmer et Yabsley 2018).
- » Une grande variabilité des besoins d'adaptation, des risques et des décisions concernant le risque climatique potentiel selon les secteurs économiques/ressources et les régions.
- » Le niveau et la vitesse d'adaptation dans les pays en développement sont affectés par leurs progrès technologiques.
- » La compréhension et le développement limités des SAP fiables dans les pays en développement. L'incertitude climatique, les niveaux élevés de variabilité, le manque d'accès aux informations climatiques appropriées en temps réel et futures, et la faible capacité de prédiction à l'échelle locale sont des obstacles à l'adaptation communément cités, du niveau individuel au niveau national (Dinku et al. 2011, Okpara et al. 2017.).
- » En Afrique, les réseaux de surveillance sont insuffisants et difficiles à modéliser en raison de la couverture éparse et des enregistrements numérisés courts et fragmentés disponibles (Boko 2007).
- » Des agences météorologiques disposant de ressources insuffisantes et d'une expertise limitée dans le pays pour interpréter et utiliser les informations climatiques pour la planification et la prise de décision (Dinku et al. 2011, Myeni et al. 2019).

4.6.4 Défis financiers et économiques

Les finances sont le moteur du processus des initiatives d'adaptation et les bénéfices obtenus de ces actions sont importants comme motivation pour la durabilité. Savvidou et al. (2021) ont déclaré qu'environ la moitié du financement de l'adaptation en Afrique est destiné aux secteurs de l'agriculture, de l'approvisionnement en eau et de l'assainissement. Ils ajoutent que le faible ratio de décaissement du financement de l'adaptation en Afrique (à 46%) entre 2014 et 2018, est lié aux obstacles qui entravent la mise en œuvre complète des projets d'adaptation tels que : le faible ratio subvention/prêt ; les exigences de cofinancement ; les règles rigides des fonds climatiques ; et la capacité de programmation inadéquate dans de nombreux pays. Voici d'autres défis liés aux aspects financiers et économiques de l'adaptation :

- » Le manque de moyens financiers pour se préparer et faire face aux catastrophes liées au changement climatique en raison de l'insuffisance de la capacité économique d'adaptation de la plupart des populations rurales pauvres (Chaudhry 2021).

- » L'adoption de certaines stratégies d'adaptation peut être entravée par des résultats décourageants, par exemple la réduction possible des rendements agricoles à court terme.
- » Les coûts élevés des mesures d'adaptation peuvent nécessiter des apports extérieurs pour les communautés pauvres (Potdar et al. 2019).
- » Les avantages intangibles de la prise de mesures spécifiques (adaptation ou limitation des émissions) ne sont généralement pas clairs pour les profanes (Ajiboye et al. 2018).
- » L'absence de marchés prêts pour les biens et services écosystémiques (Chaudhry 2021).
- » Des processus compliqués et longs pour obtenir des fonds environnementaux mondiaux (Zhongming et al 2018).
- » Incertitude autour des retours sur investissement.
- » Prise en compte inadéquate du risque climatique dans les décisions d'investissement.
- » Coûts initiaux élevés de la technologie.
- » Le découragement résultant des possibles réductions de rendement des cultures à court terme peut décourager l'adoption de certaines stratégies d'adaptation.
- » Les coûts et les avantages des différents plans d'action (adaptation ou limitation des émissions) ne sont généralement pas bien connus et sont difficiles à quantifier car de nombreux actifs naturels et services écosystémiques qui pourraient être affectés par le changement climatique n'ont pas de valeur marchande ou sont évalués d'une manière qui ne reflète pas vraiment les valeurs sociales (Zhongming et al 2018).

Pour plus de lecture

Savidou G, Atteridge A, Omari-Motsumi K, Trisos CH. 2021. Quantifying international public finance for climate change adaptation in Africa. *Climate Policy* 21(8):1020-1036. DOI : 10.1080/14693062.2021.1978053

4.6.5 Défis sociaux

Les défis sociaux de l'adaptation au changement climatique sont liés aux caractéristiques des communautés qui les exposent aux impacts d'un climat changeant. Parmi ces facteurs figurent la pauvreté, le manque d'emploi, la forte dépendance aux ressources naturelles pour assurer les moyens de subsistance, la culture, l'augmentation de la population et la religion (Nielsen et Reenberg 2010, Ramyar et Zarghami 2017). La pauvreté limite les moyens de faire face et de s'adapter aux effets du changement climatique (Dungumaro et Hyden 2010, Adhikari et Baral 2018). Certains des défis sociaux sont énumérés ci-dessous :

- » Les agriculteurs peuvent devenir réticents en raison de leurs propres perceptions, points de vue et croyances sur le changement climatique. Les normes sociales et les facteurs culturels ont également une influence sur la prise de décision en matière d'adaptation. En outre, les questions d'éthique et de distribution sont liées à la vulnérabilité et à la capacité d'adaptation (GIEC 2014).
- » La compréhension du public sur le changement climatique est perturbée par un soutien inadéquat à l'initiation, et à la mise en œuvre des mesures d'adaptation.
- » Les défis comportementaux de l'adaptation comprennent tous les comportements à l'origine de décisions irrationnelles prises sans utiliser toutes les informations disponibles et qui ne sont pas cohérentes dans le temps (GIEC 2014).



Activité 4. 9 Révision (10 minutes)

1. Présenter les défis liés à la gouvernance.
2. Quelles sont les activités qui constituent des défis technologiques et sociaux ?

Résumé

Dans cette section, il a été démontré qu'il existe des défis liés aux initiatives d'adaptation au changement climatique, notamment dans les initiatives d'adaptation. Ces obstacles peuvent être d'ordre social, économique, institutionnel/de gouvernance, technologique, informationnel ou personnel/cognitif. De même, ces défis peuvent appartenir aux mêmes catégories et inclure le manque de soutien politique comme l'un des principaux défis de l'adaptation en Afrique. Les défis techniques et technologiques affectent la planification et la mise en œuvre des initiatives d'adaptation. Les ressources financières et économiques déterminent le processus des initiatives d'adaptation et les avantages obtenus de ces actions sont importants comme motivation pour la durabilité. Les défis sociaux de l'adaptation au changement climatique sont liés aux caractéristiques sociales des communautés qui les exposent aux impacts d'un climat changeant.

4.7 Initiatives d'adaptation en Afrique

Dans la section précédente, les connaissances les obstacles et des défis rencontrés lors de la planification et de la mise en œuvre des initiatives d'adaptation au changement climatique ont été données. Dans cette section, les contributions déterminées au niveau national (CDN), les mécanismes, les avantages de l'adaptation et d'autres initiatives africaines seront discutés. Les initiatives d'adaptation sont basées sur les propositions soumises dans les CDN.



Résultats d'apprentissage

À la fin de ce chapitre, l'apprenant devrait être capable de :

- i. Expliquer les initiatives d'adaptation au changement climatique en Afrique.
- ii. Expliquer le rôle des CDN dans l'adaptation.
- iii. Expliquer les initiatives de l'Afrique pour l'adaptation, par exemple le mécanisme des avantages de l'adaptation



Activité 4.10 (Brainstorming) (10 Minutes)

Les gouvernements africains agissent-ils suffisamment pour l'adaptation au changement climatique ?

4.7.1 Contributions déterminées au niveau national

Toutes les parties à la CCNUCC étaient censées communiquer leurs contributions prévues déterminées au niveau national (CPDN) avant la COP 21 (2015), en faisant preuve de transparence, de compréhension et de clarté. Ces contributions exposent les mesures que les gouvernements se proposent de prendre pour lutter contre le changement climatique. Les CPDN devaient permettre de présenter publiquement les activités de chaque pays en matière de climat pour la période post-2020, à la suite d'un nouvel accord international. L'AP de 2015 (article 4, paragraphe 2) exigeait de chaque partie qu'elle élabore, communique et maintienne des CPDN consécutives pour réduire les émissions nationales et s'adapter aux effets du changement climatique. Lorsque les pays adhèrent aux CPDN, le succès mondial de l'accord ambitieux de 2015 pour un avenir à faible émission de carbone et résilient au changement climatique est garanti.

Les CPDN sont transformées en contributions déterminées au niveau national (CDN) après qu'un pays ait officiellement rejoint l'AP en soumettant un instrument de ratification, d'acceptation, d'approbation ou d'adhésion. Les parties doivent suivre leurs actions nationales d'atténuation et d'adaptation, afin d'atteindre les objectifs de leurs contributions. La soumission des CDN au secrétariat de la CCNUCC est requise tous les cinq ans. Les CDN séquentielles doivent représenter un progrès lié aux CDN précédentes et refléter les ambitions potentielles maximales. Les prochaines CDN (nouvelles ou mises à jour) doivent être présentées d'ici 2020, puis tous les cinq ans pour toutes les parties, quel que soit leur stade de mise en œuvre. Ainsi, à partir de 2023 et tous les cinq ans par la suite. Les gouvernements sont tenus d'évaluer la mise en œuvre en vue de la réalisation de l'objet de l'AP et de ses objectifs à long terme (Taibi et Konrad 2018).

L'AP adopté lors de la COP21 de la CCNUCC a encouragé les Parties à concevoir des programmes qui incluent la mise en œuvre de REDD+ et d'activités conjointes d'atténuation/adaptation, en tenant compte des avantages non liés au carbone. Les forêts sont importantes pour les options d'atténuation et d'adaptation, comme en témoigne leur inclusion dans la plupart des CPDN. Environ 190 Parties avaient communiqué leur CPDN en avril 2018, dont 48 étaient des nations africaines. Les composantes d'adaptation données dans les CPDN ont montré quelques incertitudes méthodologiques associées à

l'évaluation.

Les CPDN ont identifié plusieurs secteurs vulnérables, notamment l'agriculture, l'énergie, les ressources en eau, la santé, la foresterie, la biodiversité, l'énergie, les établissements, le tourisme et les infrastructures. Quelques parties (3) ont reconnu la faune sauvage comme l'un des secteurs vulnérables. Les CDN ont également identifié les principaux risques climatiques, en commençant par celui dont l'impact est le plus important : inondations, intrusion d'eau salée, érosion des zones côtières, acidification des océans, désertification/dégradation des terres, augmentation de l'intensité des précipitations, maladies vectorielles/à transmission hydrique, modification du calendrier des précipitations, diminution des précipitations, tempêtes, élévation du niveau de la mer, augmentation des températures et sécheresse. Fobissie et al. (2019) ont analysé les options d'adaptation africaines dans le cadre de l'AFAT dans les CDN et ont constaté que la gestion agricole (88%), était une option d'adaptation plus préférée que la restauration/conservation des zones humides (75%) et le boisement/reboisement (58%) parmi les 52 pays africains.

4.7.2 Mécanismes des avantages de l'adaptation

La BAD a mis au point un nouveau mécanisme de financement appelé Mécanisme des Avantages de l'Adaptation (MAA), qui s'inspire d'expériences antérieures avec des mécanismes de marché et vise à fournir une incitation à l'investissement dans des activités qui contribuent à l'adaptation (Maikuti nd). Le MAA a été créé en 2019, en tant que mécanisme « révolutionnaire » pour mobiliser des financements nouveaux et supplémentaires du secteur public et privé et créer un nouvel actif de bénéfices d'adaptation certifiés (récompenses pour les résultats d'adaptation au lieu des réductions de GES), conforme à l'Accord de Paris, aux CDN et aux ODD. Les projets MAA devraient avoir une large portée pour couvrir tous les aspects de l'adaptation au changement climatique et de la résilience avec le soutien du Fonds d'investissement climatique (FIC) (Banque africaine de développement 2019, Feukeng 2019).

Les résultats des projets comprennent tout résultat qui rend les ménages, les communautés ou les économies moins vulnérables au changement climatique et les améliore sur le plan économique, car les forêts apportent de multiples avantages en matière d'adaptation, augmentant ainsi leurs chances de résister aux chocs induits par le climat (Phillips 2017). La phase pilote en Côte d'Ivoire, au Rwanda et en Ouganda est mise en œuvre respectivement par le Centre mondial d'agroforesterie (ICRAF) et le Centre d'études sur la gouvernance et la sécurité humaine (CGHSS). Les projets couverts obtiennent des Unités ou Credit d'Adaptation (UA) qui sont mesurées selon les méthodologies approuvées. Le MAA est un mécanisme non marchand et les UA ne peuvent pas être transférées (BAD, 2019).

4.7.3 Initiatives africaines d'adaptation

Bien que les problèmes de gestion de l'environnement aient toujours été associés à des niveaux variables d'incertitude, d'information limitée et de risque, il faut repenser et réformer les approches de gestion et de conservation face au changement climatique. Les initiatives africaines d'adaptation ont principalement visé à renforcer la résilience par la réduction de la pauvreté et la durabilité environnementale, ainsi que la justice sociale. La plupart des activités d'adaptation sont axées sur la gestion des bassins versants et des zones protégées, le boisement/reboisement, la conservation des sols et de l'eau, l'agroforesterie et les moyens de subsistance alternatifs. Les adaptations signalées par l'Afrique proviennent principalement de fonds d'adaptation visant à réduire la vulnérabilité et à renforcer la résilience. Elles sont principalement menées par les gouvernements nationaux, les ONG et les institutions internationales, avec une implication minimale des niveaux inférieurs de gouvernements ou une collaboration entre les nations (Ford et al. 2015, Muthee et al. 2017, Vink et Schouten 2018). L'encadré 4.3 présente quelques études de cas d'initiatives d'adaptation en Afrique.

Encadré 4.3 Cas d'initiatives d'adaptation en Afrique

Résumé

Dans cette section, il a été démontré qu'il existe des défis liés aux initiatives d'adaptation au changement climatique, notamment dans les initiatives d'adaptation. Ces obstacles peuvent être d'ordre social, économique, institutionnel/de gouvernance, technologique, informationnel ou personnel/cognitif. De même, ces défis peuvent appartenir aux mêmes catégories et inclure le manque de soutien politique comme l'un des principaux défis de l'adaptation en Afrique. Les défis techniques et technologiques affectent la planification et la mise en œuvre des initiatives d'adaptation. Les ressources financières et économiques déterminent le processus des initiatives d'adaptation et les avantages obtenus de ces actions sont importants comme motivation pour la durabilité. Les défis sociaux de l'adaptation au changement climatique sont liés aux caractéristiques sociales des communautés qui les exposent aux impacts d'un climat changeant.

Étude de cas 1. Résolution du problème de la dégradation des sols en Éthiopie

Le Fonds international de développement agricole (FIDA) a soutenu un projet de lutte contre la dégradation des sols en Éthiopie en utilisant l'approche de la gestion communautaire des ressources naturelles. Le projet a été mis en œuvre dans le bassin versant du lac Tana, situé dans le nord-ouest du pays, et s'est focalisé sur la lutte contre la dégradation des sols et la promotion de la gestion durable des terres (GDT) afin d'accroître la productivité agricole, les revenus des ménages, la sécurité alimentaire et la résistance au changement climatique. Le projet a aidé les agriculteurs et les communautés à préserver les ressources naturelles et à régénérer les terres dégradées ; à gérer les pâturages du bétail en établissant des «zones interdites» dans les terres les plus dégradées, où les petits exploitants coupent et transportent des matériaux de pâturage/de broutement pour leur bétail.

<http://africasd.iisd.org/news/ifad-project-combats-land-degradation-in-ethiopia/>

Étude de cas n° 2. Résilience des moyens de subsistance et protection des écosystèmes en Éthiopie (PNUD, 2018)

Les communautés en Éthiopie gèrent les terres de pâturage en appliquant des restrictions sur le pâturage ouvert du bétail dans des zones désignées, ce qui entraîne la régénération des zones le long des collines. Les communautés se sont également lancées dans des activités intégrées de conservation des sols et de l'eau pour augmenter la productivité agricole et protéger la base de ressources. Environ 3 049 ha de terres dans six micro-bassins versants ont été réhabilités. En outre, environ 892 000 arbres et herbes différents ont été cultivés et plantés. Parmi les espèces plantées figure le jatropha, une plante à feuilles persistantes résistante à la sécheresse et utilisée comme biocarburant pour réduire la déforestation et contrôler l'érosion des sols. Dans ces régions, le jatropha a contribué à réduire de 50 % l'utilisation du charbon de bois. Les huiles de jatropha extraites permettent de réaliser des économies et de générer des revenus. Le fourrage de certaines plantes telles que *Senegalia polyacantha*, *Cajanus cajan*, *Sesbania* et *lablab* a été utilisé comme fourrage ainsi que la réhabilitation des ravines en utilisant des gabions et des sacs. Le résultat final de ces activités a été avantageux pour les agriculteurs, car la productivité des cultures a augmenté grâce à une meilleure conservation des sols et de l'eau. Les rivières et les sources ont vu leur débit augmenter grâce à la réhabilitation des terres dégradées.

Étude de cas n° 3. Système d'utilisation des terres pour les vergers du Zimbabwe (PNUD 2018)

Une communauté du quartier 7 du district de Chiredzi au Zimbabwe, comptant 624 membres, a planté un verger de manguiers de cinq hectares intégrés à la production de manioc et de légumes pour s'adapter au changement climatique. Un groupe d'agriculteurs a été créé après que les membres ont versé une cotisation unique de 5 USD, puis ont reçu un soutien pour clôturer la zone, réhabiliter le forage, installer un système de pompage d'eau à moteur diesel et une ligne de goutte à goutte pour un acre. Ils ont planté des semences de légumes certifiées de haute qualité et des plants de mangues et d'agrumes greffés. Les agriculteurs ont reçu une formation sur la gestion des fruits et légumes, le leadership de groupe, l'esprit d'entreprise, les coopératives et le développement du marché. Les agriculteurs ont ensuite proposé de verser une cotisation mensuelle ou trimestrielle de 1 dollar US pour améliorer la trésorerie du groupe. L'analyse coûts-avantages de la production de mangues s'est avérée favorable, les participants ayant généré 27 500 dollars (soit 352 dollars par ménage et par an). Les coûts initiaux s'élevaient à 32 440 dollars et ont été réduits à 260 dollars par an par la suite. La récolte de tomates et de légumes verts a amélioré les moyens de subsistance des agriculteurs participants. La saison de culture 2011-2012 étant sèche, la plupart des agriculteurs n'avaient obtenu aucune récolte de la culture pluviale. La diversification avec les arbres fruitiers est devenue un filet de sécurité pour les ménages, notamment les plus vulnérables. Étude de cas n° 4. Résilience des moyens de subsistance et protection des écosystèmes, Rwanda.

Case study 4. Livelihood resilience and ecosystem protection, Rwanda

Au Rwanda, une approche intégrée basée sur les écosystèmes a été promue en combinant la conservation de l'environnement et l'amélioration des moyens de subsistance par des activités génératrices de revenus. Des pépinières ont été créées et les populations locales ont été rémunérées pour planter des arbres dans leurs zones de projet. L'engagement des coopératives locales est essentiel au succès des activités du projet. Le projet est géré par l'Autorité rwandaise de gestion de l'environnement, qui a conclu un protocole d'accord avec le Conseil agricole du Rwanda (RAB). Le RAB paie les coopératives pour qu'elles produisent des semis et plantent des arbres en utilisant un système de rémunération en espèces du travail et un réseau national de caisses d'épargne. Le programme "rémunération contre travail" couvre 10 sites/coopératives du projet (avec environ 50 personnes chacune), recevant 1 000 francs rwandais (1,5 USD) pour chaque tranche de 80 à 100 plants plantés, en fonction du terrain. Les pépinières montrent la durabilité du projet en fournissant continuellement des plants d'arbres et en générant des revenus pour les personnes qui travaillent dans ces pépinières. Le projet a produit jusqu'à cinq millions de plants, dont trois millions ont été plantés sur 386 ha dans quatre districts de la région de Gishwati. Les nombreux avantages que procurent les arbres, tels que les manguiers greffés, les avocats, *Grevillea robusta*, *Calliandra calothyrsus* et *Podocarpus* spp. dans les écosystèmes de Gishwati, auront un impact plus important sur le bien-être des agriculteurs car ils répondent à plus d'un besoin humain fondamental. Les arbres améliorent également les moyens de subsistance locaux en fournissant des fruits et du fourrage pour le bétail et en améliorant la fertilité des sols. Les fruits améliorent la valeur nutritionnelle des repas des ménages, tandis que la vente des fruits excédentaires génère des revenus, contribuant ainsi à lutter contre la pauvreté. Le fourrage fourni par les arbres soutient le bétail tandis que les espèces d'arbres indigènes sont plantées pour leur valeur médicinale et contribuent à la conservation de la biodiversité. En outre, les arbres présentent de grands avantages pour l'environnement : ils permettent de contrôler les inondations et de réduire l'érosion des sols. Les arbres protègent les berges des rivières dans le bassin versant et le long des rivières Nyamukongoro et Muhembe. Des arbres sont également plantés dans les zones vallonnées, le long des courbes de niveau, afin de réduire la vitesse d'écoulement des eaux de pluie.



Activité Révision (10 minutes)

1. Quelle est la différence entre CPDN et CDN ?
2. Discuter de la pertinence du MAA pour le continent africain.
3. Expliquer certaines des initiatives d'adaptation au changement climatique basées sur les forêts en Afrique.

Résumé

Dans cette section, les contributions prévues déterminées au niveau national (CPDN) définissent les mesures que les gouvernements proposent de prendre pour lutter contre le changement climatique après 2020 ont été expliquées. Les CPDN sont ensuite transformées en contributions déterminées au niveau national (CDN) après avoir officiellement rejoint l'Accord de Paris en soumettant un instrument de ratification, d'acceptation, d'approbation ou d'adhésion. La Banque africaine de développement a mis au point le mécanisme des avantages de l'adaptation, dont les résultats des projets incluent tout résultat qui rend les ménages, les communautés ou les économies moins vulnérables au changement climatique et les améliore sur le plan économique, car les forêts apportent de multiples avantages en matière d'adaptation, augmentant ainsi leurs chances de résister aux chocs induits par le climat. En Afrique, les initiatives d'adaptation ont principalement visé le renforcement de la résilience par la réduction de la pauvreté et la durabilité environnementale, ainsi que la justice sociale. La plupart des activités d'adaptation se concentrent sur la gestion des bassins versants, la gestion des zones protégées, le boisement/reboisement, la conservation des sols et de l'eau, l'agroforesterie et les moyens de subsistance alternatifs.

Pour plus d'approfondissement

Arce 2019. Background Analytical Study Forests, inclusive and sustainable economic growth and employment. <https://www.un.org/esa/forests/wp-content/uploads/2019/04/UNFF14-BkgdStudy-SDG8-March2019.pdf>

Dasgupta P, Morton JF, Dodman D, Karapinar B. et al. 2014. Rural areas. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the IPCC. https://gala.gre.ac.uk/id/eprint/14369/4/14369_MORTON_Rural_Areas_2014.pdf

IUCN 2016. Making the Case for Forest Restoration: A guide to engaging companies. Gland, Switzerland : <https://portals.iucn.org/library/node/45203>

Chapitre 5. Adaptation Au Changement Climatique Dans Les Secteurs Non Forestiers

5.1 Présentation du Chapitre

Il est fondamental de comprendre les stratégies utilisées pour l'adaptation au changement climatique dans les secteurs non forestiers afin de fournir une approche holistique pour les rapporter à la foresterie. Ceci améliorera les connaissances et la compréhension des acteurs car le secteur de la foresterie est inexorablement lié aux autres secteurs, tels que l'eau, la santé, l'agriculture, le tourisme, la pêche et les écosystèmes côtiers. Ce chapitre présentera aux apprenants des stratégies d'adaptation et des mécanismes connexes provenant de secteurs autres que la foresterie.



Résultats d'apprentissage

A la fin de ce chapitre, l'apprenant devrait être capable de :

- i. Décrire les mesures non forestières d'adaptation au changement climatique.
- ii. Expliquer les impacts du changement climatique dans les secteurs non forestiers.
- iii. Évaluer les méthodes de réduction des impacts des événements climatiques extrêmes dans l'agriculture.
- iv. Évaluer les méthodes de réduction des impacts du changement climatique sur les secteurs du transport et de l'énergie.
- v. Décrire le lien entre la foresterie et les autres secteurs de développement.
- vi. Décrire le cycle de gestion des catastrophes.



Activité Révision (10 minutes)

Quel secteur de développement est le plus touché par le changement climatique ?

5.2 Secteurs touchés par le changement climatique en dehors de la foresterie

En général, tous les secteurs sont touchés par le changement climatique, et ils gèrent les risques pour réduire la vulnérabilité en utilisant des mesures qui peuvent être technologiques, écologiques ou socio-économiques. Certaines des techniques d'adaptation nécessitent un soutien et un appui technique. Dans cette section, les secteurs traités sont les suivants : agriculture, eau, marine et côtière, énergie, transport et tourisme. Les options visant à améliorer l'adaptation au changement climatique, telles que l'utilisation efficace des systèmes d'alerte précoce, sont transversales à tous les secteurs.

5.2.1 Secteur agricole

L'agriculture est l'un des secteurs clés pour le maintien de la vie humaine et est également essentielle pour l'adaptation au changement climatique et à la variabilité climatique ainsi que pour les initiatives d'atténuation. Le secteur lutte également contre le changement climatique et est important pour la sécurité alimentaire. Les impacts du changement climatique sur l'agriculture ont des conséquences à la fois positives et négatives sur la disponibilité des aliments, qui comprend la production, la distribution et la fourniture. Le changement climatique peut également affecter l'accessibilité financière, l'allocation et la préférence (Gregory et al. 2005). L'encadré 5.1 montre les impacts du changement climatique sur le secteur agricole.



Activité 5.2 Brainstorming (10 minutes)

Comment le changement climatique affecte-t-il le développement agricole ?

Encadré 5.1 Résumé des impacts du changement climatique sur l'agriculture (Prutsch et al. 2014, Mendelsohn et Massetti 2017, Hertel et de Lima 2020)

- » Des espèces spécifiques peuvent ne pas pousser dans les zones où elles poussent actuellement.
- » Les saisons de croissance peuvent être prolongées ou raccourcies.
- » Augmentation de la fertilisation par le CO₂ et augmentation possible des rendements, principalement chez les plantes en C₃.
- » Modifications des cycles de vie des cultures (par exemple, feuillage, reproduction, maturité).
- » Réduction des précipitations totales pendant la saison de culture.
- » Les plantes sont plus stressées lorsqu'il y a des périodes de sécheresse et des vagues de chaleur.
- » Diminution de la teneur en eau du sol dans la seconde moitié de l'été.
- » L'évaporation augmente.
- » Fluctuations plus radicales des précipitations estivales.
- » Les pluies torrentielles et la sécheresse augmentent le risque d'érosion des sols.
- » Augmentation de la pression exercée par les maladies sur les plantes et les animaux en raison de l'apparition de nouveaux parasites et maladies thermophiles.
- » Multiplication des toxines fongiques (mycotoxines).
- » Accélération des processus de minéralisation dans le sol et baisse de la fertilité du sol.
- » Une réduction de l'action du gel en raison de la diminution des jours de gel.
- » Les gelées tardives créent un danger pour le développement des plantes.
- » De nouveaux agents pathogènes du bétail peuvent apparaître.
- » Les températures estivales plus élevées réduisent la consommation alimentaire et la productivité dans l'élevage.



Quelles sont les deux variables les plus importantes pour la croissance des cultures qui sont affectées par un changement climatique ?

Les petits exploitants agricoles et l'agriculture sont menacés par la variabilité des précipitations et des températures. Les impacts sur l'agriculture sont plus graves pour ceux qui dépendent des activités pluviales. Plusieurs mesures d'adaptation ont toutefois été mises en œuvre dans des circonstances différentes. Les stratégies d'adaptation varient en fonction de la zone et du type de culture, car les différentes cultures sont affectées différemment par les événements climatiques. Les stratégies d'adaptation dans l'agri-culture comprennent : la modification des stratégies de plantation, la rotation des cultures, le travail minimum du sol, le changement de culture, la récupération de l'eau de pluie, l'irrigation au goutte-à-goutte, l'amélioration des méthodes, la plantation de cultures résistantes à la sécheresse, le passage de l'agriculture pluviale à l'agriculture irriguée et le petit bétail résistant à la sécheresse (Akinngbe et Irohibe 2014, Myers et al. 2017). L'encadré 5.2 présente des exemples d'adaptation des pratiques culturales et d'élevage.

Une autre façon d'adapter l'agriculture au changement climatique est l'agroforesterie (combinaison d'arbres et d'arbustes avec des cultures et/ou du bétail), qui est de plus en plus reconnue comme une approche efficace pour minimiser les risques de production en cas de variabilité climatique et de changement (Sheppard et al. 2020). Les arbres dans les champs agricoles peuvent aider à maintenir la production sous un climat variable et à protéger les cultures contre les extrêmes climatiques par l'amélioration du microclimat (Chavan et al. 2014). L'importance des arbres dans les systèmes agricoles principalement dans les systèmes agroforestiers où les arbres peuvent également pomper l'excès d'eau du sol plus rapidement en raison de leur taux d'évapotranspiration plus élevé (GIEC 2001) a été discutée. En outre, les arbres fixateurs d'azote rendent l'agriculture plus résistante à la sécheresse grâce à l'amélioration des nutriments du sol et de l'infiltration de l'eau, en particulier sur les terres dégradées. Au Malawi et en Zambie, les rendements de la production de maïs étaient plus importants dans les zones où l'agriculture de conservation était pratiquée avec *Faidherbia albida*, tandis qu'au Malawi, les agriculteurs ont utilisé *F. albida* et *Gliricidia* et des cultures et ont récolté des rendements modestes pendant les saisons de sécheresse, tandis que les agriculteurs sans ces pratiques ont connu une perte totale de récolte (FAO 2016a). Au Niger, les programmes de régénération naturelle gérée par les agriculteurs (FMNR) avec *F. albida* ont amélioré leurs rendements de sorgho et de millet, en partie grâce à la réduction de la vitesse du vent et à l'augmentation de l'humidité du sol. Les sécheresses ont eu moins d'impacts négatifs sur les zones FMNR que sur les autres zones où le programme était absent (Buffle et al. nd, Garrity et Bayala 2019).

Encadré 5.2 Exemples d'adaptation dans le secteur agricole

Certaines variétés de maïs à maturation précoce, résistantes à la sécheresse et à haut rendement ont été introduites en Afrique australe. D'autres petits exploitants agricoles dans les régions du Zimbabwe exposées à la sécheresse ont abandonné le maïs au profit du sorgho et du millet traditionnels, ce qui a permis d'améliorer la sécurité alimentaire. En Tanzanie, les stratégies d'adaptation des agriculteurs comprennent la collecte de l'eau pluviale dans des fossés, la construction de barrages de retenue et l'exercice d'autres activités génératrices de revenus. À une échelle beaucoup plus petite, les bouteilles sont utilisées pour l'irrigation goutte à goutte des plantes locales. En dehors de l'Afrique, par exemple au Pakistan, les agriculteurs ont abandonné la culture de variétés de coton traditionnelles et ont échappé aux pertes dues aux épidémies de ravageurs communes aux variétés traditionnelles.

Les activités des éleveurs de bétail en Afrique subsaharienne remontent à l'époque où ils migraient avec leurs animaux vers de meilleures zones de pâturage. Ils ont été les plus résilients face à la sécheresse et d'autres réagissent en commercialisant leur bétail en temps voulu et en déstockant sans modifier le cheptel reproducteur. Ils gèrent également les régimes d'alimentation du bétail pour préserver leur cheptel. Les agriculteurs élèvent également du bétail pour résister à la sécheresse, en variant les races ou en modifiant les systèmes pour adopter un autre système à faible niveau d'intrants comme l'élevage d'autruches ou de gibier. Pour améliorer l'approvisionnement en eau, les éleveurs récoltent l'eau pluviale, construisent des barrages pour le stockage de l'eau et utilisent des éoliennes pour pomper l'eau des forages. (Fisher et al. 2015 ; Abid et al. 2016 ; FAO 2017a ; Katengeza et al. 2019).

5.2.1.1 Transition de l'agriculture pluviale vers l'agriculture irriguée

L'eau est essentielle pour tous les secteurs, notamment l'agriculture. La plupart des systèmes agricoles productifs sont menacés par le changement climatique, la pression démographique et la variabilité du débit en amont, causée par le changement d'affectation des terres et les aménagements hydrauliques en amont. Dans d'autres cas, l'utilisation excessive des eaux souterraines aggrave l'intrusion saline dans les aquifères côtiers et le long des rivières. L'évolution de la demande de produits agricoles, les marchés mondiaux et la compréhension croissante des impacts possibles du changement climatique sur l'agriculture et le cycle de l'eau influencent le choix des investissements dans l'irrigation et la maîtrise de l'eau (Faurès et al. 2007, Barellas 2018).

L'irrigation et les autres moyens de gestion de l'eau agricole sont essentiels pour renforcer la résilience au changement et à la variabilité climatiques. En Afrique de l'Ouest, la FAO a mis en œuvre un projet financé par le FIDA visant à améliorer la durabilité et l'adaptation des systèmes d'irrigation à petite échelle dans les principales zones agro-écologiques. Le projet est mis en œuvre en Côte d'Ivoire principalement en utilisant les fonds de vallées intérieures et l'irrigation goutte à goutte dans la production de légumes pour accroître la sécurité alimentaire, générer des revenus, diversifier les régimes alimentaires et augmenter la résilience au changement climatique. En outre, l'irrigation traditionnelle (utilisée dans les fonds de vallées intérieures et les marécages où des interventions de gestion de l'eau sont effectuées), les systèmes d'irrigation par aspersion à contrôle total, l'irrigation de surface (irrigation par pompe et détournement de cours d'eau) sont utilisés (FAO 2019).

Au Mali, le programme de promotion de l'irrigation à petite échelle développé par le gouvernement aide les agriculteurs à gérer les pénuries d'eau pluviale. Au Niger, l'agriculture est principalement basée sur de petites exploitations familiales, combinant les cultures pluviales et l'irrigation. En Gambie, le riz

et les légumes sont cultivés dans les plaines, généralement par les femmes, tandis que les hommes cultivent les céréales secondaires et les arachides en altitude, le millet les arachides étant les principales cultures. L'utilisation des canaux et des eaux souterraines peut améliorer la flexibilité et la fiabilité de l'approvisionnement en eau pour les petits et les grands agriculteurs (FAO 2019).

5.2.1.2 Technologies de conservation des sols et de l'eau

La dégradation des sols affecte la productivité des écosystèmes. Pour adapter la ressource terre aux impacts climatiques, les réponses peuvent donner des résultats immédiats (à court terme) ou à long terme. Parmi les exemples de stratégies d'adaptation ayant des effets immédiats, on peut citer la conservation des écosystèmes à forte teneur en carbone, tels que les tourbières, les zones humides, les terres de parcours, les mangroves (Figure 10) et les forêts, tandis qu'à long terme, elle fournit de multiples services et fonctions écosystémiques, obtenus par le boisement et le reboisement ainsi que la restauration des écosystèmes à forte teneur en carbone, l'agroforesterie et la remise en état des sols dégradés. Par conséquent, réduire, éviter et inverser la désertification améliore la fertilité des sols, augmente la biomasse et le stockage du carbone dans les sols, tout en soutenant la productivité agricole et la sécurité alimentaire (GIEC 2019).



Figure 10 : Mangrove dans la ville d'Aného au Togo, stratégie d'adaptation à forte teneur en carbone

(Photo K. KOKOU)

Pour le secteur de l'eau, les agriculteurs gèrent la sécheresse en utilisant le paillage, l'irrigation, la récolte de l'eau, les déversoirs et l'irrigation au goutte-à-goutte. La gestion intégrée des ressources en eau améliore la disponibilité de l'eau et des autres ressources naturelles. La capacité des installations existantes peut être améliorée (par exemple, en augmentant la hauteur des barrages) par la recharge des

nappes phréatiques, l'infiltration et le stockage de l'eau pluviale, la construction de nouveaux barrages et réservoirs pour augmenter le stockage de l'eau. La collecte de l'eau et le paillage permettent de conserver l'humidité du sol dans les terres cultivées. Dans les pays développés, l'eau de mer et les eaux souterraines salines (eaux saumâtres) sont désalinisées et les eaux usées sont recyclées.

Des systèmes d'irrigation plus efficaces sont nécessaires pour améliorer la vie des agriculteurs concernés. Cependant, il est nécessaire de mettre en valeur un produit qui sera attractif pour l'irrigation des petits exploitants. Les petits et grands agriculteurs d'Indonésie, du Pérou et du Zimbabwe ont utilisé avec succès et de manière suffisante leurs réserves d'eau grâce à des techniques d'irrigation par aspersion et au goutte-à-goutte, tandis que la récolte du brouillard a été utilisée par les petits agriculteurs du Népal. D'autres agriculteurs ont utilisé la collecte de l'eau pluviale. En ce qui concerne la gestion des sols, les agriculteurs d'Inde, du Nicaragua et d'Ouganda ont utilisé des systèmes de gestion intégrée des nutriments pour maintenir la productivité des terres cultivées.

Pratiques de gestion pour maintenir la productivité des sols

Améliorer la structure et la santé biologique du sol, réduire l'érosion et accroître l'efficacité de l'utilisation de l'eau et des engrais : paillage avec des matériaux naturels et du plastique, abandon des résidus de culture, application de fumier et de biosolides, incorporation de cultures de couverture dans le cycle de rotation, agroforesterie, contournement des rangées de haies, terrassement et ouvrages d'art, agriculture de précision, travail de conservation et absence de travail du sol, pâturage contrôlé, amélioration des espèces de pâturage, irrigation contrôlée, planification de l'utilisation des terres et réforme du régime foncier.

Améliorer le bilan nutritif des sols : Gestion intégrée des nutriments, fixation biologique de l'azote, utilisation judicieuse des engrais chimiques (Conseil national de la recherche 2009)

En Équateur et aux Philippines, les agriculteurs ont utilisé des terrasses à formation lente pour gérer leurs sols. D'autres, au Brésil et au Kenya, se sont adaptés grâce au labour de conservation (Clements et al. 2011, Obia et al. 2020).

5.2.1.3 Autre adaptation dans les systèmes agricoles

Le secteur agricole est plus menacé par la variabilité des précipitations et des températures et a déjà mis en œuvre plusieurs pratiques et techniques pour s'adapter aux impacts du changement climatique. Certaines des actions d'adaptation ont toutefois été applicables à des circonstances différentes (FAO 2015). Les stratégies d'adaptation dans l'agriculture comprennent la mise en place de cultures résistantes à la sécheresse, la modification des dates de plantation, l'amélioration des méthodes agricoles, par exemple en utilisant l'agriculture de conservation, le passage de l'agriculture pluviale à l'agriculture irriguée, la rotation et la diversification des cultures, l'agroforesterie, le changement de culture, la collecte des eaux de pluie et l'irrigation au goutte-à-goutte. Des pratiques telles que l'agroforesterie, le paillage, la fumure/composition et la récolte de l'eau peuvent améliorer les nutriments du sol, la disponibilité de l'eau, l'humidité du sol et d'autres conditions de croissance (Yosef et Asmamaw 2015). Mandumbu et al. (2020) et Jepkemei et al. (2017) ont utilisé des billons liés avec de meilleures variétés de coton et la récolte de l'eau pour gérer les impacts d'un climat changeant au Zimbabwe et au Kenya, respectivement. En outre, les changements et/ou la diversification des cultures dépendent des tendances en matière de précipitations et de températures, des précipitations, des changements saisonniers anticipés et des chocs de dangers potentiels. La diversification des cultures peut inclure les éléments suivants :

- » Utilisation de nouvelles variétés de cultures vivrières de base (par exemple, résistantes à des températures plus élevées) ;
- » Transition vers de nouvelles cultures alimentaires ;

- » Passer de cultures de subsistance aux cultures de marché (alimentaires et/ou non alimentaires) pour augmenter les revenus) ;
- » Passer de cultures vivrières (commercialisées) à des cultures non alimentaires commercialisées (par exemple, le tabac, le coton et les biocarburants) ;
- » Passer de cultures vivrières de subsistance ou commercialisées à des cultures non vivrières commercialisées (par exemple, la canne à sucre, le café ou les fruits).

Il est important de se méfier de la maladaptation de certains changements de culture (par exemple, l'extraction non durable des eaux souterraines, l'utilisation de plus d'eau ou d'énergie). Les agriculteurs doivent notamment avoir accès à des sources de semences appropriées pour l'adaptation, à d'autres intrants nécessaires, à des connaissances techniques et à des formations, et l'eau doit être disponible (Antwi-Agyei et Nyantakyi-Frimpong 2021).

De nombreuses activités peuvent être réalisées pour renforcer la capacité d'adaptation, mais pour le secteur agricole, il est important de renforcer les services écosystémiques dans les systèmes agricoles. La résilience peut être améliorée en renforçant la capacité des institutions à agir collectivement, en diffusant les connaissances et en se lançant dans la planification de l'adaptation locale (Bennett et al. 2014, Onyango 2017). Les services d'information sur le climat et les informations relatives aux dates de plantation, à la lutte contre les parasites et les maladies et à la disponibilité de l'eau sont cruciaux.



Activité 5.3 Brainstorming (15 Minutes)

Quelles sont les relations entre les options technologiques forestières et non forestières.

5.2.2 Secteur de l'eau

Cette section aborde comment le changement climatique affecte l'agriculture et les actions d'adaptation associées. Les pénuries d'eau affectent le secteur agricole et par conséquent la disponibilité des aliments. La pénurie d'eau est un problème induit attribué au changement climatique qui touche un quart de la population africaine. Il est donc nécessaire de mettre en œuvre et à grande échelle des mesures d'adaptation pour accroître la résilience et la capacité d'adaptation dans un climat changeant, en particulier en Afrique du Nord et en Afrique australe. L'augmentation des régimes pluviométriques de la saison humide, associée à des événements pluvieux de haute intensité plus fréquents, affecte la productivité, causant des pertes économiques substantielles dues à la vulnérabilité des cultures, après des sécheresses ou des inondations (Jiménez Cisneros et al. 2014 ; Prutsch et al. 2014, Nyiwul 2021). Dans cette section, les impacts du changement climatique et l'adaptation dans le secteur des ressources en eau ont été abordés.

Le changement climatique affecte tous les types d'eau. La pénurie d'eau, en particulier d'eau douce, est devenue un problème mondial, dont l'intensité est aggravée par le changement climatique et les activités humaines. L'eau douce est l'eau provenant des précipitations et peut être divisée en ressources d'eau verte et bleue. L'eau verte est une précipitation spécifique à un site qui ne s'écoule pas et qui peut prendre la forme d'eau verte productive, c'est-à-dire la transpiration liée à la production de biomasse dans les écosystèmes terrestres, ou d'eau verte non productive, c'est-à-dire l'interception et l'évaporation du sol. L'eau bleue est l'eau de surface et l'eau souterraine qui est stockée dans les aquifères, les rivières, les barrages et les lacs et qui peut être extraite pour l'usage humain (Rockström et Falkenmark 2000, Falkenmark et Rockström 2006).

Les ressources en eau sont affectées par la quantité de précipitations et le taux de recharge des eaux souterraines. Lorsque les précipitations sont excessives ou faibles pendant la saison des pluies, d'autres secteurs sont touchés, notamment les pertes économiques dues à la vulnérabilité des cultures/du bétail

aux sécheresses ou aux inondations.

Climate change affects the role of forests in water regulation and soil protection through reductions in rainy-season flows and increases in dry-season flows which are of little value when total annual rainfall is low and significant quantities of water are lost through evapotranspiration and are consumed by the forests (FAO 2017b).

L'augmentation de l'évaporation et la variabilité des précipitations peuvent entraîner une diminution de l'humidité du sol disponible pour les plantes, ce qui peut affecter la croissance des arbres, le rendement des cultures et donc la sécurité alimentaire. Les pénuries d'eau peuvent également affecter les secteurs industriels tels que les sociétés de production des boissons gazeuses et l'eau en bouteille qui sont dépendants de l'eau (Duva 2014, Rankoana 2020). Les défis dans le secteur de l'eau sont associés aux éléments suivants :

- » Augmentation de l'intensité des précipitations qui affecte la production agricole/élevage et les habitats ;
- » Réduction de la recharge des eaux souterraines en raison de la sécheresse ou d'autres événements ;
- » L'augmentation des températures et la diminution de la recharge des eaux souterraines qui peuvent accroître les polluants ;
- » Réduction des niveaux d'eau en été parallèlement à l'augmentation de la demande en eau due à la hausse des températures ;
- » Les cyclones ou autres événements météorologiques provoquant des changements dans les niveaux d'eau des rivières ;
- » Décalage du risque d'inondation vers d'autres saisons comme l'hiver et le printemps.
- » Augmentation du risque d'inondation régional pour la plupart des rivières, résultant d'événements de fortes pluies à petite échelle ;
- » Limitations opérationnelles pour les centrales hydroélectriques en raison des niveaux d'eau élevés ou bas et du transport accru de sédiments.
- » L'humidité du sol disponible pour les plantes qui diminue avec l'augmentation de l'évaporation et la variabilité des précipitations estivales ;
- » Réduction du rendement en eau des sources proches de la surface en période sèche.
- » Érosion du sol.

Dans certains pays, l'eau de mer et les eaux souterraines salines (eaux saumâtres) sont désalinisées, tandis que les eaux usées sont recyclées pour la consommation humaine. La récolte de l'eau, le paillage, les arbres/arbrustes peuvent être utilisés pour conserver l'humidité du sol dans les terres cultivées. Les forêts et les ressources arborées jouent un rôle dans le secteur de l'eau en contrôlant l'érosion hydrique et les tempêtes de poussière, en réduisant la sédimentation des rivières, en protégeant les bassins versants, en facilitant la recharge des nappes phréatiques et en atténuant les petites inondations.

5.2.3 Côtes, mer et pêche

L'élévation du niveau de la mer menace de nombreuses zones côtières de faible altitude, affectant le niveau des eaux souterraines et entraînant une réduction de la disponibilité de l'eau douce (Oppenheimer et al. 2019). Le changement climatique pourrait aggraver ces contraintes. L'acidification des océans pose également un problème pour l'industrie de la pêche où les coquillages, comme les palourdes et les huîtres, ne prospèrent pas dans certains environnements plus acides. Avec l'élévation du niveau de

la mer, l'industrie de la pêche sera l'une des plus touchées (Doney et al. 2012, IPCC 2013, Dutta et al. 2020). Dans cette section, les impacts du changement climatique sur les zones côtières, marines et les pêcheries, ainsi que les options d'adaptation ont été abordés.

Les pêcheries sont déjà soumises à de multiples pressions, notamment la surpêche et la pollution de l'eau. Le saumon et la truite, par exemple, se développent dans des eaux froides et fluides. La perte d'habitat pour ces deux espèces pourrait atteindre 17 % d'ici 2030 et 34 % d'ici 2060 si les émissions de polluants qui piègent la chaleur ne sont pas réduites (O'Neal 2002).

Les communautés vivant dans les zones côtières s'adaptent au changement climatique. Par exemple, à l'île Maurice, les villageois de Grand Sable, une petite communauté de planteurs située entre les montagnes et une lagune, créent de nouvelles approches résilientes au climat pour préserver leur avenir en plantant 20 000 mangroves, qui servent de défense côtière naturelle contre la montée des eaux, les inondations et l'envasement de la lagune. En Guinée, les communautés engagées dans la protection du littoral se focalisent sur l'élimination du limon et de la sédimentation sur 4 200 mètres de canaux de drainage à Kaback et sur la construction de 13 000 mètres de digues en pierre (PNUD 2018).

En outre, les changements de température et de saisons peuvent affecter le moment de la reproduction et de la migration car ils affectent les cycles de vie aquatiques qui sont contrôlés par la température et les changements de saisons. Certaines épidémies de maladies marines ont été liées aux changements climatiques. L'augmentation de la température de l'eau et de la salinité des estuaires a facilité la propagation des parasites et des maladies des huîtres et des saumons, respectivement. Le réchauffement des températures a provoqué des épidémies chez les coraux, les zostères et les ormeaux (Dutta et al. 2020). La figure 11 indique comment de la haute mer aux milieux côtiers et littoraux, l'ensemble du milieu marin est affecté par les effets du changement climatique.

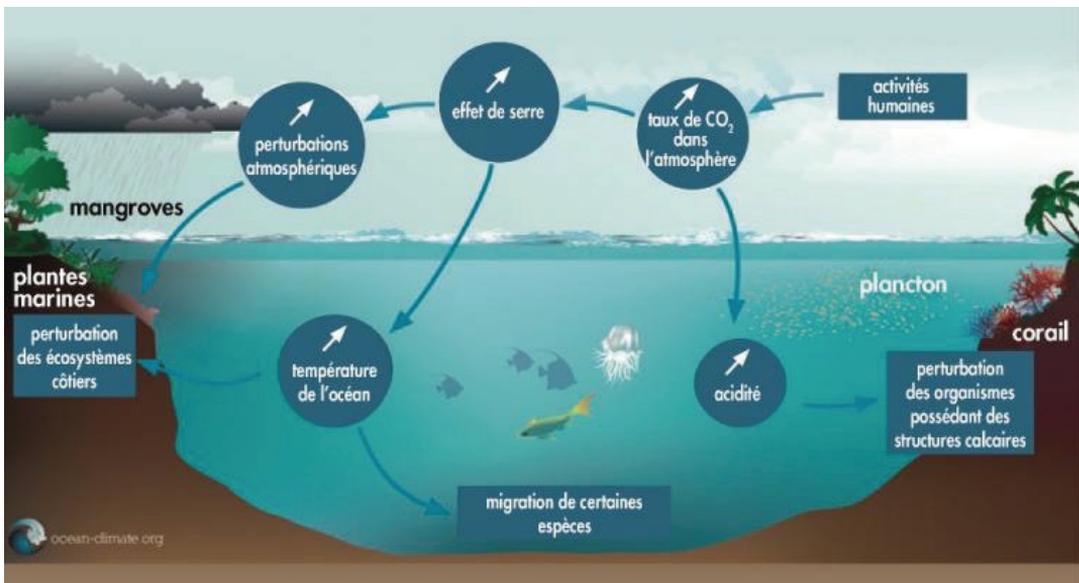


Figure 11 : Conséquences du changement climatique sur les océans

Source : <https://lemarin.ouest-france.fr/secteurs-activites/environnement/30034-changement-climatique-les-aires-marines-protégees-simpliquent>

L'encadré 5.3 présente un exemple d'adaptation dans les zones côtières de la Guinée.

Encadré 5.3. Études de cas dans les zones côtières

Adaptation dans les zones côtières de la Guinée (PNUD 2018)

Le projet de gestion côtière s'est focalisé sur le renforcement de la protection des communautés et des zones côtières vulnérables contre les effets néfastes du changement climatique. Environ 94 000 personnes (56 % de femmes et 44 % d'hommes) dans 35 districts de Guinée ont travaillé sur des approches intégrées de mesures de protection côtière et de restauration des terres. Les activités de protection du littoral comprenaient l'enlèvement du limon et de la sédimentation le long de 4 200 mètres de canaux de drainage à Kaback et la construction de 13 000 mètres de digues en pierre à Kaback, Kakossa, Koba et Kito entre 50 et 150 mètres de la mer. Environ 880 ha de terres agricoles qui avaient été abandonnées en raison de l'invasion de l'eau salée ont été restaurés. En outre, 1 356 ha de rizières ont été protégés contre l'intrusion d'eau salée, les inondations et l'érosion des canaux. Cela devrait permettre d'augmenter le rendement du riz de 600 kg/ha à 2 500 kg/ha, améliorant ainsi la sécurité alimentaire. Les digues de protection et l'utilisation de semences tolérantes à l'eau salée et à l'acidité du sol ont permis d'améliorer les rendements de riz. Le projet porte également sur la protection des mangroves, en se focalisant sur cinq activités :

- Une association communautaire gérant 200 ruches.
- Four de production de charbon de bois efficace utilisant " la meule casamançaise ". Environ huit hectares plantés pour l'extraction de bois de charbon de bois dans les zones gérées. Un plan de GDF sera utilisé pour définir les zones d'exploitation, réglementer l'accès et déterminer le rendement durable de l'exploitation.
- Fours de cuisson améliorés, avec une efficacité accrue de 35%.
- Culture d'huîtres pour diversifier les revenus.
- Des kits solaires pour la production de sel afin de remplacer la méthode traditionnelle, gourmande en ressources, qui nécessite plus de trois tonnes de biomasse verte (principalement issue des forêts de mangroves) pour produire une tonne de sel.

Adaptation dans les zones côtières du lac Turkana - Kenya

La gestion durable de la couverture forestière disponible, associée à la protection des zones de reproduction des poissons, a été bénéfique aux communautés des terres arides et semi-arides situées autour des rives occidentales du lac Turkana. Les communautés ont été en mesure de montrer un changement d'attitude et de réaliser des revenus dans une zone qui était auparavant remplie d'attitudes négatives envers l'envahissant *Prosopis juliflora* (Owino et al. 2020d).

5.2.4 Santé et assainissement

Dans cette section, le changement climatique et l'adaptation dans le secteur de la santé et de l'assainissement ont été examinés. L'Afrique est vulnérable à plusieurs maladies sensibles au climat, notamment le paludisme, la tuberculose, la diarrhée, etc (Guernier et al. 2004, Güil 2017). Dans le cadre du changement climatique, l'augmentation des températures modifie la répartition géographique des vecteurs de maladies qui migrent vers de nouvelles zones et des altitudes plus élevées. Par exemple, la migration du moustique vers des altitudes plus élevées exposera à l'infection un grand nombre de personnes au paludisme, auparavant non exposées dans les hauts plateaux d'Afrique de l'Est densément peuplés (Boko et al. 2007, Bartlow et al. 2021). L'encadré 5.4 présente un résumé des impacts du changement climatique sur la santé.



Activité 5.4 Brainstorming (10 minutes)

Donner des exemples de problèmes de santé liés au climat et aux forêts

Encadré 5.4 Impacts du changement climatique sur la santé humaine (Prutsch et al. 2014, Ayanlade et al. 2020, Nhamo et Muchuru 2019, Coates et al. 2020)

- » La santé humaine est directement affectée par les vagues de chaleur et les risques naturels.
- » Effets négatifs sur les performances et le bien-être, ainsi qu'une augmentation des maladies et des décès liés à la chaleur (en particulier les maladies cardiovasculaires et respiratoires) en raison des vagues de chaleur et d'une augmentation des températures minimales la nuit.
- » Intensification du stress bioclimatique, en particulier dans les villes et les agglomérations, par les effets des îlots de chaleur urbains.
- » Extension des zones de distribution et établissement de nouveaux vecteurs de maladies (insectes, tiques, rongeurs) et d'agents pathogènes (par exemple, la maladie de Lyme).
- » Le changement climatique peut entraîner l'apparition de plantes et d'animaux allergènes.
- » Réduction de la quantité et de la qualité de l'eau potable.
- » Les infections d'origine alimentaire peuvent augmenter en raison de la croissance des micro-organismes dans les aliments, facilitée par les températures élevées.
- » Augmentation de la formation d'ozone troposphérique, qui peut provoquer une irritation des muqueuses et des réactions respiratoires.
- » L'augmentation du rayonnement UV accroît le risque de tumeurs et de cancers de la peau.

Selon la CCNUCC (2017), les températures extrêmes peuvent aggraver les maladies cardiovasculaires et respiratoires et augmenter la mortalité. La variabilité climatique future interagira également avec d'autres stress et vulnérabilités tels que le VIH/sida et les conflits et guerres (Harrus et Baneth 2005, Sharifi et al. 2021), ce qui se traduira par une sensibilité et un risque accru aux maladies infectieuses (par exemple, le choléra et la diarrhée) et à la malnutrition pour les adultes et les enfants (OMS 2004). Les pays où le paludisme est intense ont connu une croissance de 1,3 % de moins par personne et par an entre 1965 et 1990, et une réduction de 10 % du paludisme a été associée à une augmentation de 0,3 % de la croissance économique.

Les forêts sont importantes en tant que sources supplémentaires et alternatives de nourriture, grâce à la fourniture de PFNL, en particulier en cas de mauvaises récoltes dues à des catastrophes climatiques. Une large gamme de PFNL constitue une source de revenus qui permet d'acheter des aliments à la fois pour diversifier le régime alimentaire et pour compléter l'apport calorique en période de pénurie, contribuant indirectement à la sécurité alimentaire. Cette consommation et cette utilisation accrues des PFNL en période de stress peuvent être considérées comme un mécanisme d'adaptation autonome efficace pour gérer les menaces à la sécurité alimentaire et sont susceptibles de se développer dans le cadre des changements climatiques prévus (Msalilwa et al. 2013, Shackleton 2014). En outre, les plantes médicinales, importantes pour les communautés vivant autour des zones forestières, sont susceptibles d'être affectées par le changement climatique, entraînant l'extinction de certaines espèces et des modifications du contenu chimique, ce qui pourrait affecter la qualité, voire la sécurité, des produits médicinaux issus des forêts (Applequist et al. 2020). Ceci a des implications sur la santé des communautés.

5.2.5 Environnement bâti et infrastructures

Outre les conflits sociaux et la pollution, la multiplication et l'ampleur des catastrophes climatiques continuent de poser des problèmes dans les habitations, les infrastructures et l'industrie. Les inondations entraînent des pertes et des dommages matériels, tandis que les sécheresses et autres catastrophes climatiques provoquent des mouvements migratoires. Dans cette section, le changement climatique et l'environnement bâti, y compris le développement des infrastructures ont été examinés.

En Afrique, la population des zones urbaines est relativement faible, mais elle est susceptible d'augmenter et de poser davantage de problèmes. Le changement climatique détruit l'environnement bâti et les infrastructures. L'encadré 5.5 présente un résumé de ces impacts. La figure 12 montre une zone touchée par les inondations à Harare, au Zimbabwe.

Encadré 5.5 Impacts du changement climatique sur le développement des infrastructures (Prutsch et al. 2014)

- » Le stress thermique peut augmenter, et les conditions intérieures deviennent mauvaises.
- » Les mesures d'étanchéité/isolation peuvent augmenter la concentration de polluants à l'intérieur des bâtiments.
- » Augmentation de la demande d'énergie pour la climatisation en été.
- » La demande d'énergie pour le chauffage peut être réduite en hiver.
- » Des pluies abondantes plus fréquentes peuvent augmenter les mouvements de masse, par exemple les coulées de boue.
- » Les structures des bâtiments peuvent être endommagées en raison de l'augmentation des fluctuations de température et des changements distincts du niveau des nappes phréatiques.
- » La neige mouillée peut constituer un danger pour les bâtiments.
- » La fréquence accrue des fortes pluies peut surcharger les capacités des bâtiments, des eaux pluviales résidentielles et des systèmes d'évacuation des eaux usées (réseaux d'égouts, caniveaux, stations d'épuration, etc.) Les bâtiments et les infrastructures peuvent également être endommagés par les tempêtes.



Activité 5.5 Brainstorming (10 minutes)

Comment minimiser les impacts du changement climatique dans l'environnement bâti ?



Figure 12. Zones résidentielles touchées par les inondations à Harare, Zimbabwe, pendant la saison pluvieuse 2020.

L'adaptation des infrastructures peut être classée en deux catégories :

Les mesures d'adaptation structurelles : par exemple, la modification de la composition des revêtements routiers afin qu'ils ne se déforment pas à des températures élevées, la construction de digues ou l'utilisation de surfaces de pavage perméables pour réduire le ruissellement lors de fortes pluies. Les approches basées sur les écosystèmes, qui utilisent les infrastructures naturelles pour concevoir des mesures d'adaptation, sont également des alternatives clés à prendre en compte parallèlement aux mesures d'adaptation structurelles. Au Madagascar, la construction d'écoles résistantes aux cyclones (Pauw et al 2016).

Mesures d'adaptation de gestion (ou non structurelles) : par exemple, modification du calendrier d'entretien pour tenir compte de l'évolution de la demande et de l'offre d'énergie, investissement dans des systèmes d'alerte précoce ou souscription d'une assurance pour faire face aux conséquences financières de la variabilité climatique. Ces mesures peuvent également inclure un suivi renforcé des actifs existants afin de réduire le risque de défaillance en fonction du climat (EUFIWACC 2016).

5.2.6 Secteur des ressources énergétiques

Dans cette section, le changement climatique et le secteur de l'énergie ont été abordés. La plupart des pays africains disposent de gisements importants de ressources en combustibles fossiles, mais leur extraction devient moins attrayante en raison de leur contribution aux émissions de GES. L'épuisement des réserves peut également entraîner un passage progressif aux nouvelles technologies et aux énergies renouvelables (African Climate Policy Centre (ACPC) 2013). Les pays ont la possibilité d'exploiter leur

potentiel en investissant dans les infrastructures et les technologies nécessaires. Dans les pays en développement, la biomasse est une énergie renouvelable qui peut être transformée en carburants de transport, en chaleur et en électricité. L'énergie de la biomasse provient de la matière organique (d'origine animale ou végétale) et de la transformation des déchets. Cette source d'énergie renouvelable est classée comme suit : biomasse forestière, cultures énergétiques ou biomasse provenant de déchets et de résidus (Nyika et al. 2020).

L'utilisation des combustibles fossiles est également susceptible d'être menacée par les réglementations internationales sur les combustibles fossiles qui menacent les industries du pétrole, du gaz et du charbon (Caldecott et al. 2013). Cependant, la plupart des pays des zones rurales d'Afrique dépendent de la biomasse comme principale source d'énergie (Bildircia et Özaksoy 2016), mais ils peuvent maximiser l'utilisation de l'énergie solaire. L'encadré 5.6 présente certains des impacts du changement climatique sur le secteur de l'énergie.

Encadré 5.6 Impacts du changement climatique sur le secteur de l'énergie (Prutsch et al. 2014, Chersich et Wright 2019).

- » Les niveaux d'eau élevés ou bas perturbent les centrales hydroélectriques.
- » Des pénuries d'électricité peuvent survenir lorsque la demande d'énergie pour le refroidissement augmente et que le niveau des rivières baisse.
- » Centrales électriques affectées par des pénuries d'eau ou par une eau trop chaude.
- » Des températures de l'air plus élevées réduisent l'efficacité de la production d'électricité.
- » Interruption des réseaux d'alimentation électrique après des phénomènes météorologiques extrêmes.
- » Les événements liés au changement climatique peuvent affecter la production de biomasse

Les rendements de conversion thermique pour la production d'énergie thermique seront également affectés par la hausse des températures. La demande d'énergie de chauffage peut diminuer ou augmenter selon que les températures ont augmenté ou diminué, l'ampleur variant selon les conditions géographiques, technologiques et socio-économiques (van Ruijven et al. 2019).

L'énergie solaire permet d'accéder à l'éclairage pour travailler et étudier plus longtemps par jour, ce qui a un impact sur l'éducation et augmente les possibilités d'améliorer les moyens de subsistance, en particulier dans les zones rurales (Murphy et Corbyn 2013). En Afrique, l'énergie solaire fournit un éclairage hors réseau à plus de 6,5 millions de personnes en Tanzanie et à bien d'autres dans d'autres pays africains. L'énergie solaire permet également de recharger les téléphones et d'écouter la radio, facilitant ainsi les canaux de communication pour les systèmes d'alerte précoce et la communication sur le climat à tous (Brown 2020). En outre, les fours à économie d'énergie réduisent la destruction des forêts. Par exemple, au Kenya, les fourneaux à économie d'énergie ont réduit la quantité de déforestation en consommant moins de bois avec des économies de 12,7 % à 33,3 % de bois de chauffage avec moins de pollution (Manoa et al. 2017).

Il est également possible de minimiser les émissions en améliorant l'efficacité des centrales électriques existantes. Les volumes de production d'énergie thermique vont diminuer dans de nombreuses régions du monde tandis que l'utilisation d'eau pour le refroidissement va augmenter, entraînant une réduction de la production d'énergie, une réduction de la capacité d'exploitation et certains arrêts temporaires de centrales électriques. Il existe une relation étroite entre l'eau et l'énergie (Rodriguez et al. 2013). L'utilisation globale des ressources énergétiques renouvelables peut répondre à la demande mondiale en

énergie, protéger l'environnement et assurer la sécurité énergétique, bien qu'elles puissent être affectées par les variations saisonnières (par exemple, l'eau, le vent ou le soleil) (Kumar 2020). Ces trois formes de biomasse seront examinées dans la section consacrée aux transports.

Pour plus d'informations :

Rodriguez DJ, Delgado A, DeLaquil P, Sohns A. 2013. Thirsty energy. World Bank. Washington DC. Available at: www.worldbank.org/water.

Nyika J, Adediran AA, Olayanju A, Adesina OS, Edoziuno FO. 2020. The Potential of Biomass in Africa and the Debate on Its Carbon Neutrality, Biotechnological Applications of Biomass, Thalita Peixoto Basso, Thiago Olitta Basso and Luiz Carlos Basso, IntechOpen, DOI: 10.5772/intechopen.93615. At: <https://www.intechopen.com/chapters/73230>

5.2.7 Secteur des transports

Le secteur des transports englobe les transports ferroviaires, routiers, aériens et maritimes et constitue un élément facilitateur important de la plupart des activités commerciales, puisque quasiment tous les autres secteurs en dépendent. Les événements climatiques tels que les températures élevées, les fortes pluies, les tempêtes, les cyclones, les ouragans, etc. et l'élévation du niveau de la mer peuvent endommager les infrastructures de transport (Chinowsky et al. 2015, Chakwizira 2019) (Figure 13). Le manque d'infrastructures résilientes et fiables de transport réduit et peut limiter les opportunités de croissance et d'investissement et avoir un impact global négatif sur le bien-être humain et le statut socio-économique (Gachassin et al. 2010, Rweyendela et Mwegoha 2021). Le changement climatique pèsera lourdement sur le système routier africain - quasiment tous les modèles montrent que les phénomènes météorologiques extrêmes exerceront une pression considérable sur le système routier africain.



Figure 13. Destruction des routes par le cyclone Idai (2019) dans l'est du Zimbabwe : (a) route endommagée (b) surface de la route ramollie entraînant l'enfoncement des bus (c) pont emporté par les eaux.

- » Les risques associés au changement climatique sont notamment les suivants :
- » Les événements météorologiques extrêmes peuvent affecter les conducteurs en provoquant des retards et en augmentant les coûts de transport.

- » Des températures plus élevées peuvent affaiblir et dilater la chaussée, créant des ornières et des nids de poule, ainsi que des déformations des voies ferrées.
- » Les inondations dues à des pluies torrentielles périodiques affectant les réseaux maritimes, ferroviaires, routiers et aériens.
- » La sécheresse et les changements dans la disponibilité de l'eau peuvent affecter les coûts de transport.
- » Les ports peuvent être endommagés par des tempêtes, des ouragans, des cyclones, l'élévation du niveau de la mer ou d'autres événements dommageables.
- » Destruction des infrastructures, notamment des routes et des ponts lors des tempêtes.



Activité 5. 6 Brainstorming (10 minutes)

Quelle est l'ampleur de la consommation de biocarburants dans le pays de résidence ?

Les dommages et le vieillissement accéléré des routes causés par le changement climatique nécessiteront un effort plus élevé d'entretien et une réhabilitation plus fréquente. Selon le GIEC (2014), en raison du changement climatique, il est prévu que les inondations ou les crues soudaines seront plus fréquentes et/ou plus intenses à l'avenir. Les inondations et les crues soudaines dans les établissements urbains informels, les zones de basse altitude et les environnements montagneux, détruisent les routes. Cela augmentera les coûts d'entretien et de réparation du réseau de transport routier. Les impacts directs des inondations sur les infrastructures de transport comprennent la destruction des routes par transport de sédiments et l'obstruction du drainage (figure 14). Ceci implique également des coûts indirects tels que des retards dans les déplacements ou des détours coûteux. Dans les zones rurales, il existe généralement peu d'alternatives lorsqu'une route est bloquée. Par exemple, en 2007, les inondations ont emporté des ponts et des routes dans l'est de l'Ouganda et ont coupé les liaisons (Mwangi 2007).



Figure 14. (a) Une section de la route Kabale-Katuma en Ouganda endommagée par des pluies diluviennes, et (b) route inondée à Kampala.

Les populations ont été contraintes d'emprunter des itinéraires plus longs - dans certains cas, sur 200 km au lieu des 10 km habituels. Cette situation a été associée à des coûts de transport plus élevés et à la perte de produits agricoles, entre autres. Les inondations sont désormais plus fréquentes et ont été signalées tout récemment dans les districts de Kasese et Mbale. Il est généralement admis que les routes et les ponts non revêtus sont plus vulnérables aux précipitations extrêmes. Cela est particulièrement

préoccupant pour les pays à revenu faible ou intermédiaire, comme l'Ouganda, où la plupart des routes ne sont pas revêtues.

D'autre part, le secteur des transports présente des défis pour l'atténuation des émissions de GES, en raison de l'insuffisance des données sur les politiques de transport et de la complexité du secteur des transports en tant que système. Dans de nombreux pays, le transport est une source importante et croissante d'émissions de GES. Un secteur des transports efficace, résilient au changement climatique est essentiel pour réduire le coût global des activités économiques et accroître la compétitivité. Le rapport sur les écarts d'émissions du PNUE (2020a) a montré que les améliorations apportées aux technologies et aux opérations de transport maritime et aérien peuvent améliorer le rendement énergétique et réduire les émissions du secteur. Pour réduire les émissions du secteur des transports, l'énergie solaire et électrique est en cours de développement.

L'utilisation de biocarburants a été préconisée pour alléger le fardeau des combustibles fossiles dans la plupart des pays en développement. Parmi les exemples d'utilisation de biocarburants en Afrique, citons la production de bioéthanol à partir de la canne à sucre au Malawi et au Zimbabwe, l'électrification par le jatropha au Mali, l'utilisation de déchets de sisal pour la production de biogaz en Tanzanie et la production d'éthanol à partir de manioc au Bénin (Smeets et al 2009, Watson 2009, Smeets et al 2020). Certains pays africains (Botswana, Burkina Faso, Cameroun, Gambie, Ghana, Zambie, Kenya, Liberia, Sierra Leone, Afrique du Sud et Tanzanie) ont élaboré, formalisé et mis en œuvre des politiques d'utilisation de la bioénergie (projet COMPETE 2009).



Activité 5.7 Discussion en groupe (20 minutes)

Discuter du rôle des biocarburants dans la réponse au changement climatique dans les secteurs du transport et de l'énergie.

5.2.8 Tourisme

Le tourisme est affecté par le changement climatique en ce sens que les vacances sont planifiées pour se dérouler dans des conditions météorologiques favorables. La chaleur, le froid et la pluie affectent les activités touristiques. Il existe différents types de tourisme, notamment le tourisme d'aventure, les circuits à vélo, le tourisme balnéaire, le tourisme culturel, l'écotourisme, le géotourisme et le tourisme industriel. Le changement climatique affecte déjà, le comportement de la faune, notamment des animaux et des plantes qui attirent souvent les touristes sur certains sites. La sécheresse a provoqué la mort d'éléphants dans certains parcs nationaux d'Afrique australe. Les impacts du changement climatique sur chaque forme de tourisme peuvent différer. L'encadré 5.7 présente certains aspects de l'impact du changement climatique sur le secteur du tourisme.



Activité 5. 8 Brainstorming (10 Minutes)

Identifier les formes de tourisme dans le pays de résidence et comment elles sont affectées par le changement climatique

Encadré 5.7 Impacts du changement climatique sur le tourisme (Prutsch et al. 2014, Pandey et Rogerson 2018, Dube et Nhamo 2020)

- » La tendance à la réduction des chutes de neige dans les zones de basse et moyenne altitude affecte la pratique du ski.
- » Réduction des possibilités de neige en altitude.
- » La réduction de la fiabilité de la neige peut affecter la viabilité économique de la pratique du ski.
- » Déplacement du début de la saison d'hiver vers une période plus tardive de l'année, raccourcissement de l'hiver et allongement de l'été.
- » La réduction des précipitations pendant les mois d'été affecte les zones touristiques végétalisées.
- » L'augmentation de la température de l'eau favorise la baignade mais peut aussi diminuer la qualité de l'eau.
- » Modifications du paysage dues au recul des glaciers.
- » La fonte du pergélisol augmente la possibilité d'éboulements, de chutes de pierres et de coulées de boue, signifiant un danger possible pour les alpinistes et la solidité des infrastructures touristiques.
- » Variations de la demande et de la disponibilité d'énergie et d'eau pour le secteur du tourisme.



Activité 5.9 Révision (10 minutes)

1. Expliquer les impacts du changement climatique sur les secteurs suivants :
 - I. Le secteur agricole
 - II. Le secteur de l'énergie
 - III. Le secteur de l'eau
 - IV. Le secteur des transports
 - V. Ressources côtières
 - VI. Santé
 - VII. Le secteur de tourisme
2. Comment minimiser les impacts dans chacun des secteurs ci-dessus en utilisant des mesures basées sur les forêts ?

Résumé

Au cours de cette session, les impacts du changement climatique dans des secteurs autres que la foresterie ont été étudiés, notamment l'agriculture, l'eau, l'énergie, les transports, les ressources marines et côtières (y compris la pêche), le tourisme et les ressources en eau, ainsi que leur relation avec le changement et la variabilité climatiques. Il a été également démontré que les forêts et les arbres sont importants dans tous les secteurs et dans la gestion des ressources en eau, de l'évaporation à la recharge des nappes phréatiques et à la protection des sources d'eau.

5.3 Mesures d'adaptation sectorielles

Les options d'adaptation peuvent être classées par secteur. Le GIEC (Noble et al. 2014) a développé trois catégories basées sur la diversité des options d'adaptation pour différents secteurs et parties prenantes - structurelles/physiques, sociales et institutionnelles. Ces catégories sont décrites ci-dessous.



Résultats d'apprentissage

A la fin de ce chapitre, l'apprenant devrait être capable de :

- i. Identifier les options technologiques appropriées pour l'adaptation.
- ii. Identifier les options socio-économiques appropriées pour l'adaptation.



Activité 5.10 Brainstorming (15 Minutes)

Quelles options technologiques d'adaptation au changement climatique sont utilisées dans le pays/région ?

5.3.1 Adaptation structurelle et physique

Elle comprend l'application de technologies discrètes et l'utilisation des écosystèmes et de leurs services pour répondre aux besoins d'adaptation et la fourniture de services spécifiques aux niveaux national, régional et local. Les options regroupent les actions liées à l'ingénierie et aux environnements bâtis, les options technologiques, l'adaptation basée sur les écosystèmes et les services. Le GIEC (Noble et al. 2014) a présenté quatre catégories d'options structurelles et physiques, qui sont examinées ci-après.

- **Les options technologiques** comprennent les nouvelles variétés de cultures et d'animaux, les techniques génétiques, les technologies et méthodes traditionnelles, l'irrigation efficace, les technologies d'économie d'eau (y compris la collecte des eaux pluviales), l'agriculture de conservation, les installations de stockage et de conservation des aliments, la cartographie des risques et les technologies de suivi, les systèmes d'alerte précoce, l'isolation des bâtiments, le refroidissement mécanique et passif, les technologies d'énergie renouvelable et les biocarburants de deuxième génération. Certaines de ces technologies ont été examinées dans le cadre de leurs secteurs respectifs.
- **L'ingénierie et l'environnement bâti** comprennent les digues et les structures de protection côtière, les levées et les ponceaux, le stockage et le pompage de l'eau, les stations d'épuration, l'amélioration du drainage, le rechargement des plages, les abris contre les inondations et les cyclones, les codes de construction, la gestion des eaux pluviales et des eaux usées, l'adaptation des infrastructures routières et de transport, les maisons flottantes, l'ajustement des centrales électriques et des réseaux électriques. La construction d'établissements humains dans des zones sûres et l'amélioration de la conception des bâtiments seront examinées en détail dans les sections suivantes.
- **Sur base des écosystèmes** : conservation et restauration des zones humides et des plaines inondables, augmentation de la diversité biologique, boisement et reboisement, conservation et replantation des forêts de mangroves, réduction des feux de brousse et brûlages dirigés, infrastructures vertes (arbres d'ombrage, toits verts, etc.), contrôle de la surpêche, cogestion des pêcheries, migration assistée ou translocation gérée, corridors écologiques, conservation ex-situ et banques de semences, gestion communautaire des ressources naturelles (CBNRM) et gestion adaptative de l'utilisation des terres. Certaines options d'adaptation fondées sur les écosystèmes seront examinées en détail dans les sections suivantes.

- **Les services** comprennent les filets de sécurité sociale et la protection sociale, les banques alimentaires et la distribution des excédents alimentaires, les services municipaux, notamment l'eau et l'assainissement, les programmes de vaccination, les services de santé publique essentiels (y compris les services de santé génésique), l'amélioration des services médicaux d'urgence et le commerce international.

5.3.2 Options technologiques

Les options technologiques réduisent les impacts négatifs du changement climatique et vont des méthodes d'irrigation et de fertilisation plus efficaces, de la sélection des plantes pour une plus grande tolérance à la sécheresse, et de l'ajustement des plantations en fonction des rendements prévus aux transferts de technologies traditionnelles (Noble et al 2014).

La technologie est l'application pratique des connaissances pour réaliser des tâches particulières qui utilisent à la fois des artefacts techniques (matériel, équipement) et des informations (sociales) ("logiciel", savoir-faire pour la production et l'utilisation des artefacts) (GIEC 2007b).

Certaines de ces technologies ont été examinées dans le cadre du secteur agricole. Le mécanisme technologique, reconnu dans le cadre de la CCNUCC, a pour but d'aider à répondre aux besoins technologiques. Il comporte deux composantes : le Comité exécutif technologique et le Centre et Réseau des Technologies Climatiques (CTCN). Ils sont censés répondre aux besoins des différents pays en matière de développement et de transfert de technologies, tant au niveau des politiques que celui de leur mise en œuvre (CCNUCC 2014). Le CTCN est le bras opérationnel du mécanisme, offrant des interventions ciblées qui aident les pays à débloquer une action transformationnelle en matière de changement climatique (CTCN 2019). Lors de l'adoption d'une technologie, il est nécessaire de prendre en compte les exigences technologiques pour surmonter l'impact du changement climatique dans différents secteurs. Les services du CTCN se focalisent sur l'assistance technique, le partage des connaissances, la collaboration et la mise en réseau.

Dans la plupart des pays africains, l'assistance technique du CTCN en 2019 a montré la nécessité de cadres politiques de soutien et comprenait des politiques d'agriculture intelligente sur le plan climatique, des cadres réglementaires sur l'efficacité énergétique, la restauration et la gestion des terres, ainsi qu'une forte demande globale de renforcement des capacités. Au total, 38 pays africains ont bénéficié du soutien technique du CTCN.

En 2017, le Ghana, le Kenya, Maurice et la Namibie ont travaillé sur un changement transformationnel vers des appareils de refroidissement durables. La Tunisie effectue une transition vers un éclairage économe en énergie à l'échelle nationale. Le CTCN a également élaboré du matériel éducatif sur la conception et la gestion des systèmes d'éclairage éconergétiques, des règlements et des politiques gouvernementales afin de renforcer les capacités nécessaires à la mise en œuvre de l'ambitieuse stratégie nationale de transition vers un éclairage éconergétique de la Tunisie. En Côte d'Ivoire, le CTCN a contribué à renforcer la capacité à prendre des décisions éclairées en matière de changement climatique en mettant en place un système d'information environnementale et un référentiel de données intégré afin de faciliter la planification et l'élaboration de politiques judicieuses pour l'avenir. La même année, le CTCN a également travaillé avec les communautés de Lindi, Mtwara et Pwani en Tanzanie pour développer des chaînes de valeur durables pour le charbon de bois et le bois de chauffage, y compris la production de charbon de bois et de cuisinières pour une utilisation dans les zones rurales et urbaines (CTCN 2017).

L'un des produits de 2019 était de nouvelles normes de produit pour un ancien outil de cuisson qui devrait permettre de réaliser d'importantes économies d'énergie en Éthiopie (CTCN 2019).

Le GIEC (2007) a également défini le transfert de technologies comme l'échange de connaissances, de matériel et de logiciels associés, d'argent et de biens entre les parties prenantes qui conduit à la diffusion de technologies d'adaptation ou d'atténuation, y compris la diffusion de technologies et la coopération technologique entre les pays et au sein de ceux-ci.



Activité 5.11 Question sur le texte

Identifier et décrire au moins trois études de cas dans le pays ou région sur l'application de diverses options technologiques non forestières dans différents secteurs de développement.

5.3.1.1 Systèmes d'alerte précoce

Les systèmes d'alerte précoce (SAP) sont l'une des actions d'adaptation au changement climatique intégrant des systèmes de communication pour aider la communauté à se préparer aux événements dangereux liés au climat. Les SAP améliorent la vigilance des individus et des décideurs à l'égard des risques liés au climat, ainsi que leur volonté d'optimiser les conditions météorologiques positives. Ils peuvent être complétés par des technologies de cartographie et de suivi des risques. Les SAP pour les risques naturels nécessitent des bases scientifiques et techniques complètes, en mettant l'accent sur les communautés exposées aux menaces, en utilisant une approche systémique pour intégrer toutes les questions pertinentes associées à ce risque, qu'elles émanent des catastrophes naturelles ou des susceptibilités sociales, ou des pratiques à long ou à court terme (Luther et al. 2017, Schlef et al. 2018).

Cependant, des messages appropriés et des institutions fiables sont des pré-requis importants pour des SAP efficaces. Les éléments des SAP suivent une séquence logique ayant des liens mutuels directs et des interactions les uns avec les autres. Quatre éléments interagissent pour un SAP efficace et complet, à savoir l'information sur le risque, la mise à disposition de services de suivi et d'alerte, les protocoles de communication et de diffusion, et la capacité de réponse (UN Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR) 2016).

Les SAP peuvent permettre de faire face aux impacts climatiques sur la santé humaine, par exemple ceux liés à la sécheresse et aux vagues de chaleur. Les vagues de chaleur émanant du réchauffement climatique provoquent des décès et des blessures, mettant en danger la santé de l'homme. Compte tenu de ces conséquences, la notification à temps des personnes vulnérables à l'aide des SAP peut être une option adaptative pour réduire les catastrophes liées à la santé de l'homme. L'utilisation adéquate d'un système d'alerte précoce peut entraîner une réduction importante des dommages résultant d'événements extrêmes liés au changement climatique. Une large gamme de systèmes allant des annonces passives traditionnelles (par exemple, la diffusion de déclarations), à la communication active auprès des personnes vulnérables, par exemple, l'envoi de messages d'alerte à des groupes cibles à l'aide de téléphones mobiles, peut être utilisée. L'utilisation appropriée d'un système d'alerte précoce permet de réduire considérablement les dommages résultant d'un événement lié au changement climatique. La promotion du développement et de l'opérationnalisation de SAP multirisques centrés sur les personnes a été considérée comme une priorité au niveau mondial (UNISDR 2015). Des exemples de SAP appliqués au niveau mondial sont présentés dans l'encadré 5.8.

Encadré 5. 8 exemples de SAP :

- » Le programme du PNUD sur le « Renforcement des systèmes d'information climatique et d'alerte précoce (SCIEWS) pour un développement résilient au climat et l'adaptation au changement climatique » est mis en œuvre en Afrique, en Asie et dans le Pacifique. Il intègre des composantes de connaissance des risques, de suivi et de prévision, de diffusion d'informations et de réponse aux systèmes d'alerte, et est utilisé aux niveaux sous-régional et régional pour garantir la préparation et les réponses rapides aux catastrophes naturelles. En Ouganda, le SCIEWS a été mis en œuvre en équipant les stations météorologiques obsolètes et défectives de 43 systèmes modernisés. Cela a permis de réduire l'impact des risques de catastrophes grâce à des moyens plus efficaces de générer et de diffuser des informations. Ces informations sont essentielles pour renforcer la résilience au changement climatique et la sécurité alimentaire, 64 % de la population ougandaise dépendant de l'agriculture de subsistance.
- » Climate Risk and Early Warning Systems (CREWS) du PNUD, est une initiative qui a été lancée lors du CCC de l'ONU à Paris en 2015 pour renforcer la capacité des systèmes d'alerte précoce multirisques. L'initiative intervient dans les zones les plus sensibles aux cyclones tropicaux et aux inondations dans 19 pays d'Afrique et du Pacifique. Les progrès des différentes initiatives sont rapportés par CREWS (2019).
- » La Gambie dispose d'un projet intégré visant à améliorer la planification nationale, à sensibiliser et à accroître le partage des connaissances, à renforcer les capacités et à créer des mécanismes nationaux d'intervention rapide et de rétablissement rapide par le biais de leur programme de réduction des risques de catastrophe (RRC) et d'adaptation au changement climatique (PNUD-PNUD 2015).
- » La technique de l'analyse de cadre en conjonction avec le cadre conceptuel de la théorie de la motivation de protection pour interpréter les perceptions des inondations et les actions d'atténuation des victimes d'inondations et des fonctionnaires à Ouagadougou, au Burkina Faso, a montré que, malgré l'expérience d'une inondation dévastatrice en 2009 et une compréhension claire des causes des inondations, les actions d'atténuation à Ouagadougou après l'inondation de 2009 variaient considérablement. Cela s'explique par les perceptions négatives selon lesquelles les actions d'atténuation sont coûteuses et que la capacité et la responsabilité personnelles pour effectuer des changements sont limitées. Ces perceptions négatives ont compensé les perceptions neutres ou positives selon lesquelles les mesures d'atténuation, si elles sont correctement mises en œuvre, sont efficaces, et que le risque d'inondation est élevé.
- » Le projet Climate Information for Resilient Development in Africa (CIRDA) a créé un modèle permettant de fournir des services météorologiques et climatiques efficaces en Afrique subsaharienne. Ce projet a été financé par le FEM et mis en œuvre par le PNUD. Le produit final est une boîte à outils pour la communication des systèmes d'alerte précoce.
- » En dehors de l'Afrique, le changement climatique a stimulé la réhabilitation précoce et l'amélioration avancée des SAP. En Europe, ils ont acquis une expérience considérable des systèmes d'alerte précoce, notamment en ce qui concerne les risques d'inondation et de crue soudaine, mais aussi les vagues de chaleur. Par exemple, la disponibilité de plusieurs systèmes de prévisions météorologiques collaboratifs à l'échelle mondiale par le biais de l'archive "THORPEX Interactive Grand Global Ensemble" (TIGGE) qui offre des perspectives de nouvelles dimensions dans la prévision et l'alerte précoce des inondations. Les données ont été utilisées comme entrées météorologiques pour le système européen d'alerte des inondations (EFAS) et ont été appliquées lors d'une inondation en Roumanie en octobre 2007. Il a été possible de sensibiliser sur l'inondation huit jours avant l'événement et les autres prévisions ont permis de mieux comprendre plusieurs conditions potentielles d'inondation (Bougeault et al. 2010).



Activité 5.12 Brainstorming (10 Minutes)

1. Identifier certaines activités facilitant les systèmes d'alerte précoce dans le pays de résidence ?
2. Quels sont les défis associés à l'efficacité des systèmes d'alerte précoce dans le pays de résidence ?

Plusieurs barrières technologiques et sociales empêchent la mise en œuvre efficace des SAP. Selon le PNUD (2016) et Mazambani et Mutambara (2018), il existe onze défis majeurs qui entravent l'efficacité des systèmes d'alerte précoce en Afrique :

Absence de données fiables. La plupart des Systèmes Hydro-Météorologiques Nationaux (SHMN) en Afrique sub-saharienne fournissent des informations incomplètes même si elles s'améliorent avec le temps. La fiabilité de ces informations est confrontée aux problèmes de capacités limitées du personnel, de ressources limitées et de systèmes de suivi défectueux.

Manque de crédibilité. Bien que les informations générées par les SHMN se soient améliorées grâce à de meilleurs investissements dans les services d'observation du climat et de communication, les informations générées par la plupart des SHMN en Afrique sub-saharienne sont encore très limitées. La plupart des SHMN ne donnent pas d'informations fiables.

Manque de protocoles. La préparation, la diffusion et la prévention dans la plupart des pays africains sont limitées à peu de gens qui peuvent rassembler des données météorologiques et climatiques, pour produire quelques protocoles de communication innovants.

Mauvais stockage et partage des informations : Les informations météorologiques devraient être présentées de manière à donner des alertes précoces et des informations météorologiques orientées vers l'action (par exemple, des annonces de service public (ASP) et des rapports sur les calendriers de culture saisonniers, y compris les comportements à adopter en cas de mauvais temps). D'autres paquets d'informations pourraient être adaptés aux secteurs privés pour un large partage. Une présentation innovante de l'information permet au SHMN de surmonter les problèmes de crédibilité et de créer de nouvelles relations efficaces avec les consommateurs de l'information.

Un engagement limité avec les médias traditionnels et les autres acteurs : Les messages d'alerte précoce générés par le SHMN sont souvent transmis à d'autres acteurs tels que les agences de vulgarisation, les médias, les partenaires gouvernementaux et les entreprises privées pour diffusion et action. Les chances de succès sont grandes lorsque ces acteurs (ambassadeurs potentiels de la marque et messagers) sont engagés efficacement.

Absence de systèmes de diffusion claire de l'information : Il est nécessaire de trouver des moyens appropriés pour diffuser l'information à tous les agriculteurs, y compris ceux qui vivent dans des zones reculées. Des informations de qualité et bien présentées sont susceptibles d'inspirer une plus grande confiance car les utilisateurs sont éclairés sur ce qu'il faut faire en cas de mauvais temps, ce qui permet de sauver des vies et des biens.

Faibles compétences et capacités de coordination parmi les acteurs concernés : parce que le SAP est un mécanisme qui implique une structure et des moyens d'échange d'informations harmonisés et organisés.

Défis culturels : Certains des défis associés à l'utilisation et/ou à la compréhension des alertes précoces sont liés aux croyances culturelles, au sexe, à l'âge, à la langue, à l'éducation et aux niveaux d'alphabétisation. Il devrait y avoir des moyens d'atteindre les divers groupes qui parlent des langues différentes, ont des croyances culturelles particulières sur les informations météorologiques et sont pour la plupart moins instruits.

Défis politiques : Le manque de crédibilité des SHMN a entraîné un soutien politique limité pour les budgets ou les institutions des SHMN. Il est donc nécessaire de rompre le statu quo en se reconnectant à l'espace politique et en créant des stratégies de communication claires où les acteurs pertinents aux niveaux politique et public sont activement impliqués.

Défis économiques : Dans les pays pauvres, les circonstances conduisent souvent à un détournement des fonds destinés aux services météorologiques et climatiques vers d'autres services. En outre, les systèmes de communication utilisés dans les pays développés ne sont pas très adaptés au contexte social, culturel, politique et économique unique du continent africain.

Défis climatiques : Le changement climatique et les schémas et conditions météorologiques associés, tels que les sécheresses, la chaleur, les inondations, les pluies torrentielles, la foudre et d'autres événements météorologiques extrêmes, présentent de nouveaux défis pour les SHMN et leur avancement.



Activité 5.12 Brainstorming (10 Minutes)

1. Identifier les défis associés aux systèmes d'alerte précoce dans le pays de résidence.

5.3.1.2 Environnement conçu et bâti

Les options relatives à l'environnement conçu et bâti comprennent la construction de digues et de structures de protection du littoral, de levées et de caniveaux, de réservoirs d'eau et de pompes, de stations d'épuration, de systèmes de drainage améliorés, de remblayage des plages, d'abris contre les inondations et les cyclones, de codes de construction, de gestion des tempêtes et des eaux usées, d'adaptation des infrastructures routières et de transport, de maisons flottantes, de centrales électriques et de réseaux électriques adaptés. Certaines de ces options d'adaptation ont été examinées dans les secteurs respectifs.

5.3.1.2.1 Construction d'habitations dans des zones sécurisées

La majorité des options d'ingénierie sont conduites par des experts, à forte intensité de capital, à grande échelle et très complexes (Sovacool 2011, Vincent et Mambo. 2017). Bon nombre d'entre elles représentent des extensions et des améliorations de pratiques, de plans et de structures existants. Des projets plus récents prennent désormais en compte un risque de changement climatique dans les conceptions initiales, notamment la gestion des flux d'eaux pluviales et d'eaux usées (à l'intérieur des terres et sur les côtes), les levées de crue, les digues, la modernisation des infrastructures existantes pour améliorer la résistance au vent, le rechargement des plages et la résilience aux inondations (Ranger et Garbett-Shiels 2012, Vincent et Mambo 2017). Par exemple, lors de la conception technique du chemin de fer Qinghai-Tibet, diverses mesures ont été proposées pour assurer la stabilité du remblai ferroviaire dans les régions à pergélisol des zones vulnérables (Wu et al. 2008).

Dans les zones côtières, des digues et des structures de protection du littoral peuvent être construites. Les digues et les ponceaux contre les inondations, le stockage et le pompage de l'eau, les ouvrages d'assainissement, l'amélioration du drainage, le rechargement des plages, les abris contre les inondations et les cyclones, les codes de construction, la gestion des eaux pluviales et des eaux usées, l'adaptation des transports et des infrastructures routières, les maisons flottantes et l'adaptation des centrales électriques et des réseaux électriques sont quelques-unes des mesures d'adaptation qui peuvent être prises pour réduire la vulnérabilité (GIEC 2014).

5.3.1.2.2. Une meilleure conception des bâtiments

L'adaptation peut impliquer la conception de bâtiments qui tiennent compte des prévisions d'augmentation du risque et de l'intensité des événements extrêmes. S'adapter au changement climatique pour minimiser l'exposition et améliorer la résilience des zones bâties nécessite l'adoption d'infrastructures

compatibles avec le climat. Les options technologiques permettant d'améliorer la conception des bâtiments comprennent l'utilisation de l'isolation thermique et du refroidissement mécanique et passif. Ainsi, les bâtiments devraient être efficaces du point de vue énergétique afin de réduire les émissions des bâtiments. Ward et Wilson (2019) ont suggéré plusieurs options d'adaptation des bâtiments aux impacts climatiques, qui sont résumées dans le tableau 7.

Tableau 7: Adaptation des bâtiments aux effets du changement climatique.

Impact sur le climat	Actions d'adaptation
Températures en hausse	<ul style="list-style-type: none"> » Concevoir des mesures visant à éviter la charge de refroidissement dans les bâtiments. » Concevoir la ventilation naturelle des bâtiments. » Modéliser la performance énergétique avec des températures de refroidissement plus élevées. » Réduire les îlots de chaleur urbains par la plantation d'arbres, l'installation de toits verts sur les bâtiments, la pose de membranes ou de revêtements réfléchissants sur les toits et l'installation de revêtements de chaussée et de trottoirs de couleur pâle.
Sécheresse et pénuries d'eau	<ul style="list-style-type: none"> » Éviter les nouveaux développements dans les régions les plus sèches. » Prévoir des installations et des électroménagers à faible consommation d'eau. » L'eau pluviale peut être collectée et stockée pour l'arrosage extérieur, la chasse d'eau des toilettes et, moyennant un filtrage et un traitement approprié, pour être utilisée comme eau potable. » Planter des arbres et d'autres végétaux indigènes, adaptés au climat.
Tempêtes plus intenses, inondations et élévation du niveau de la mer	<ul style="list-style-type: none"> » Éviter de construire dans les zones inondables. » Concevoir des bâtiments capables de résister à des vents extrêmes. » Augmenter la capacité de gestion des eaux pluviales et se servir des systèmes naturels. » Élever les bâtiments au-dessus du sol et les équipements mécaniques et électriques dans les zones inondables. » Prévoir l'élévation du niveau de la mer dans les zones côtières. » Installer des éléments qui protègent les bâtiments des inondations ou qui permettent une inondation avec un minimum de dommages. » Spécifications pour les matériaux qui peuvent survivre aux dommages causés par les inondations et les ouragans.
Feux de brousse	<ul style="list-style-type: none"> » Spécifier des toitures de classe A. » Éliminer les gouttières ou les concevoir et les entretenir de manière à minimiser les risques d'incendie. » Éviter les toits ventilés ou protéger les orifices de ventilation contre l'entrée des braises. » Installation de fenêtres à haute performance » Gérer la végétation autour des maisons

- | | |
|---------------------|---|
| Power interruptions | <ul style="list-style-type: none"> » Fournir une fonctionnalité bimodale avec les immeubles de grande hauteur » Fournir de l'électricité produite sur place à partir d'énergies renouvelables, par exemple l'énergie solaire thermique. » Fournir un chauffage solaire de l'eau. » Planification et zonage des communautés pour maintenir leur fonctionnalité sans électricité. |
|---------------------|---|

Une adaptation proactive est nécessaire pour éviter les impacts dangereux du changement climatique. Par exemple, les bâtiments situés dans les zones côtières doivent bénéficier d'un renforcement de la protection structurelle et non structurelle. D'autres activités peuvent inclure la construction de maisons résistantes aux cyclones.



Activité 5.14 Brainstorming (10 Minutes)

Comment les forêts peuvent-elles faciliter les options d'adaptation structurelle et physique ?

5.3.2 Approche de l'adaptation basée sur les écosystèmes

L'adaptation basée sur les écosystèmes (AbE) implique l'utilisation de la biodiversité et des services écosystémiques pour aider les populations à s'adapter aux effets néfastes du changement climatique. Il s'agit d'une option d'adaptation physique importante qui fera l'objet d'une section distincte. Les options de l'AbE comprennent : la restauration écologique, qui inclut la conservation et la restauration des zones humides et des plaines d'inondation ; l'augmentation de la diversité biologique ; le boisement et le reboisement ; la conservation et le reboisement des forêts de mangroves ; la réduction des feux de brousse et des feux programmés ; les infrastructures vertes (par exemple, les arbres d'ombrage, les toits verts) ; le contrôle de la surexploitation de la pêche ; la cogestion des pêcheries ; la migration assistée ; les corridors écologiques ; la conservation ex situ et les banques de semences ; la gestion communautaire des ressources naturelles (CBNRM) ; et la gestion adaptative de l'utilisation des terres. Certains de ces éléments ont été examinés dans les secteurs respectifs.

Si certaines institutions ont élaboré leurs propres définitions de l'AbE, la plupart s'inspirent de la définition adoptée par la Convention sur la diversité biologique (CDB) (2009), selon laquelle l'AbE est l'utilisation de la biodiversité et des services écosystémiques dans le cadre d'une stratégie d'adaptation globale visant à aider les populations à s'adapter aux effets néfastes du changement climatique. Cette définition de l'AbE comporte quatre éléments majeurs :

- » Adaptation aux effets néfastes du changement climatique comme objectif principal.
- » AbE doit être la stratégie globale.
- » Utilisation de la biodiversité et des services écosystémiques comme approche ou sous-stratégie.
- » Assistance aux personnes.

Bertram et al. (2017) ont montré que les éléments de l'AbE décrits dans la CDB (2009) peuvent encore être décomposés en cinq critères qui peuvent être utilisés pour une AbE efficace :

- » Réduire la vulnérabilité sociale et environnementale au changement climatique.
- » Générer des avantages sociaux et soutenir les plus vulnérables.
- » Restaurer, maintenir ou améliorer les écosystèmes et la biodiversité.

- » Être intégré dans les politiques à plusieurs niveaux.
- » Soutenir une gouvernance équitable et renforcer les capacités.

À cet effet, l'AbE vise à aider les populations à s'adapter au changement climatique en améliorant et en préservant les écosystèmes et les services écosystémiques essentiels à l'homme. Elle accroît également la résilience des populations. La différence entre AbE et la conservation est que la première permet d'accroître la résilience des populations, tandis que la seconde vise à préserver les populations ou les écosystèmes dans un contexte de changement climatique.

L'AbE peut couvrir des activités de restauration écologique, de conservation et de restauration des zones humides et des plaines d'inondation ; l'augmentation de la diversité biologique ; le boisement et le reboisement ; la conservation et la reboisement des forêts de mangroves ; la réduction des feux de brousse et des feux programmés ; les infrastructures vertes (par exemple, les arbres d'ombrage, les toits verts) ; le contrôle de la surexploitation de la pêche ; la cogestion des pêcheries ; la migration assistée ; les corridors écologiques ; la conservation ex situ et les banques de semences ; la gestion communautaire des ressources naturelles (CBNRM).

En Afrique du Sud, l'AbE est promu, par le biais de la biodiversité et des services écosystémiques, pour aider les populations à s'adapter et à renforcer leur résilience aux effets néfastes du changement climatique. L'AbE encourage l'utilisation d'infrastructures écologiques en complément ou en remplacement des infrastructures construites. L'infrastructure écologique comprend des bassins versants de montagne sains, des rivières, des zones humides, des dunes côtières, ainsi que des nœuds et des corridors d'habitats naturels, qui forment ensemble un réseau d'éléments structurels interconnectés dans le paysage (DEA et SANBI 2016).

Dans certaines zones sujettes à la sécheresse, les agriculteurs se lancent dans la gestion de la biodiversité et la réduction de la désertification en protégeant les arbres dans les fermes et dans les forêts. Des espèces locales sont plantés en raison de leur tolérance à la sécheresse. Les personnes qui dépendent des ressources forestières sont généralement celles des ménages à faible revenu, vivant à proximité de la forêt, moins instruites ou analphabètes et avec une plus grande aversion au risque (Kihila 2018).

5.3.2.1 Gestion intégrée des ressources en eau

La gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) est une pratique qui soutient le développement de la gestion de l'eau, en considérant les ressources liées à la terre de manière à augmenter équitablement les bénéfices sociaux et économiques sans compromettre la durabilité des processus vitaux des écosystèmes. Le succès de la GIRE dépend de la sélection, de l'ajustement et de l'application de la bonne combinaison d'outils pour une situation donnée afin de garantir la sécurité de l'eau. Les principes de la GIRE sont basés sur les accords conclus lors de la Conférence internationale sur l'eau et l'environnement (1992) à Dublin et sont appelés "principes de Dublin" :

- » L'eau douce est limitée et vulnérable, mais nécessaire au maintien de la vie, au développement et à l'environnement.
- » Les approches participatives doivent inclure les utilisateurs, les planificateurs et les décideurs à tous les niveaux pour développer des options de gestion de l'eau.
- » Les femmes jouent un rôle important dans la fourniture, la gestion et la sauvegarde des ressources en eau.
- » L'eau doit être reconnue comme un bien économique en raison de ses valeurs économiques dans toutes les utilisations concurrentes.

À cet effet, la GIRE est basée sur la gestion et l'utilisation équitable, efficace et durable de l'eau, reconnaissant que l'eau est cruciale dans les écosystèmes en tant que ressource naturelle et bien social

et économique. La quantité et la qualité de l'eau déterminent la nature de son utilisation. Le cadre général de la GIRE inclut l'équité économique et sociale (Figure 15) avec un accent sur l'utilisation d'une approche intégrée. L'intégration montre clairement comment la gestion des ressources en eau est liée aux "3 E" du développement durable : efficacité économique, équité et durabilité environnementale/écologique.

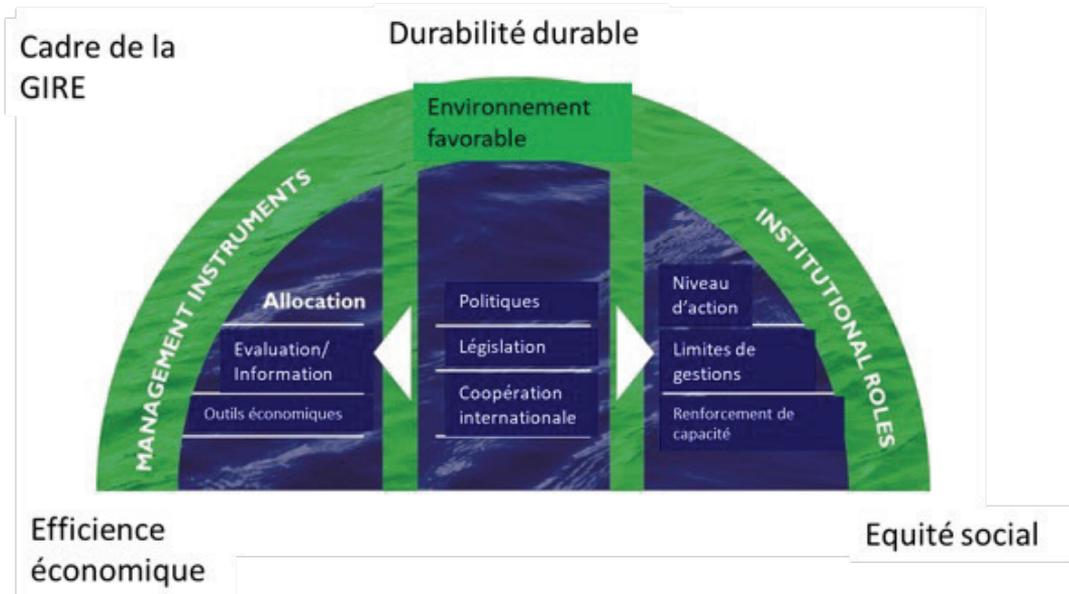


Figure 15. Cadre général de la GIRE (source : <https://www.gwp.org>)

L'approche de la GIRE repose sur trois piliers (GWP 2020) :

- » Un environnement propice aux politiques, stratégies et législations appropriées pour le développement et la gestion durables des ressources en eau.
- » Un cadre institutionnel approprié pour la mise en œuvre des politiques.
- » Le développement d'instruments de gestion nécessaires au fonctionnement des institutions.

La collaboration internationale sur les questions liées à l'eau est administrée par l'Organisation mondiale du partenariat pour l'eau (GWPO), qui comprend le secrétariat mondial, un comité directeur et un comité technique.

Les options relatives aux services comprennent la mise en place de filets de sécurité et de protection sociale, les banques alimentaires et la distribution des excédents alimentaires, les services municipaux (notamment l'eau et l'assainissement), les programmes de vaccination et les services de santé publique essentiels.

5.3.3 Options socio-économiques

L'adaptation sociale inclut les options en matière d'éducation, d'information et de comportement. Les options d'adaptation sociale sont classées par le GIEC (2012) en options éducatives, informatives, comportementales et économiques.

Les options éducatives comprennent des activités ciblant la sensibilisation au changement climatique et à l'adaptation, l'intégration du changement climatique dans le programme d'enseignement, l'équité entre

les sexes dans l'enseignement et les services de vulgarisation. Le partage des connaissances locales et traditionnelles, leur intégration dans la planification de l'adaptation. L'utilisation de la recherche-action participative et de l'apprentissage social, des enquêtes communautaires, du partage des connaissances et des plateformes d'apprentissage. La participation à des conférences internationales et à des réseaux de recherche et la communication par les médias.

Les options informationnelles comprennent la cartographie des risques et de la vulnérabilité, les systèmes d'alerte précoce et de réponse, y compris les systèmes d'alerte précoce en matière de santé, le suivi systématique et la télédétection. Elles comprennent également la fourniture de services climatiques, notamment l'amélioration des prévisions, la réduction d'échelle des scénarios climatiques, les ensembles de données longitudinales et l'intégration des observations climatiques autochtones. Les plans d'adaptation communautaires doivent inclure l'amélioration des bidonvilles à l'initiative des communautés et l'élaboration participative de scénarios.

Les options comportementales comprennent le logement, la préparation des ménages et la planification de l'évacuation, le retrait et la migration (qui a ses propres implications sur la santé et la sécurité humaines). D'autres options sont la conservation des sols et de l'eau, la diversification des moyens de subsistance, la modification des pratiques d'élevage et d'aquaculture, le changement de culture ; la modification des pratiques, des modèles et des dates de plantation des cultures, les options sylvicoles en foresterie et le recours aux réseaux sociaux (GIEC 2012, Thibaut et al. 2017, Morissette 2020). Certaines de ces options ont déjà été examinées en détail.

Les options économiques comprennent des incitations financières, notamment des taxes et des subventions, des assurances, y compris des régimes d'assurance météorologique basés sur des indices, des obligations en cas de catastrophe, des paiements pour les services écosystémiques, des tarifs pour l'eau, des groupes d'épargne, la microfinance, des fonds d'urgence en cas de catastrophe et des transferts de fonds. Certaines options sociales et économiques seront examinées dans les sections suivantes (GIEC 2012, Akamani 2021).



Activité 5.15 (Brainstorming) (10 Minutes)

Partager des points de vue sur le lien entre les options d'adaptation forestière et socio-économique.

5.3.3.1 Diversification des moyens de subsistance

Toutes les formes de moyens de subsistance, qu'il s'agisse d'agriculture de subsistance, de pêche, d'emploi à plein temps ou de travail saisonnier, sont menacées lorsque le changement climatique entraîne des pertes dans des secteurs tels que la production agricole et halieutique. Le manque de diversification des actifs et d'accès aux marchés financiers formels peut accroître la vulnérabilité des personnes vivant dans la pauvreté (World social report 2020).

La diversification des moyens de subsistance est l'une des approches à long terme de la planification de l'adaptation qui s'applique le mieux aux niveaux de la communauté et des ménages, l'objectif étant de créer un environnement permettant aux gens de se tourner vers des sources de revenus supplémentaires tout en maintenant un certain niveau de qualité de vie. La diversification économique couvre les processus d'élaboration des politiques régionales et nationales. Une forte appropriation de la planification et de la stratégie, l'inclusion des femmes et l'inclusion des PAN peuvent favoriser la croissance économique et augmenter les revenus des personnes vulnérables (secrétariat de la CCNU 2019a).

La participation à des activités non agricoles dépend largement des types d'actifs détenus par les individus ou les ménages, et de leur capacité à accroître les possibilités de subsistance et à réduire la vulnérabilité. Les activités non agricoles sont hétérogènes et complexes, et varient dans l'espace et dans le temps. L'engagement dans ces activités est normalement une réponse à des facteurs externes (tels

que le marché, la politique ou un événement climatique extrême) qui se produisent souvent rapidement.

Ces facteurs peuvent être soit motivés par la détresse (les activités ne sont pas toujours “bonnes” pour les personnes, l’environnement ou le développement, par exemple le déboisement pour fabriquer du charbon de bois, la mendicité ou le travail sexuel), soit motivés par des opportunités (choisies de préférence à des activités existantes, notamment l’agriculture) et impliquent des revenus et/ou des investissements qui permettent à la personne ou au ménage de ne plus dépendre de l’agriculture. Ces activités diffèrent toutefois dans plusieurs cas entre les hommes et les femmes et selon l’âge de l’individu (Ellis 2000, Kuhl et al. 2020). Dans certaines communautés, les membres du ménage migrent, et les envois de fonds qui en résultent améliorent les capacités d’adaptation en tant que forme d’injection de liquidités. Les activités d’agroforesterie et de plantation d’arbres peuvent aider les petits exploitants agricoles à diversifier leurs revenus et leurs moyens de subsistance, tout en préservant les ressources naturelles, en améliorant les services écosystémiques et en s’adaptant aux effets du changement climatique et en les atténuant (FAO 2016b).

5.3.3.2 Amélioration de l'accès au marché

La capacité d’adaptation peut être renforcée par l’amélioration de l’accès aux marchés, ce qui peut inclure l’amélioration des marchés ruraux et/ou l’assurance que les femmes bénéficient également d’un espace. Les autres infrastructures comprennent les routes d’accès aux marchés, les hangars adaptés et résistants au climat, les installations sanitaires, d’approvisionnement en eau et de drainage. Ce sont les femmes qui bénéficient le plus d’un meilleur accès aux marchés, car l’absence de ce dernier les empêche de profiter des opportunités liées aux activités non agricoles (Assan et al. 2018, Arakelyan 2017). En outre, Belay et al. (2017) et Gessesse et Zerihun, (2017) ont montré que l’accès aux marchés des intrants et des produits peut avoir un effet positif et significatif sur l’intensité des intrants et la diversification des cultures des agriculteurs.

5.3.3.3 Utilisation des connaissances et pratiques endogènes

Les changements climatiques affectent les moyens de subsistance des populations rurales, les incitant à développer différents moyens pour gérer et s’adapter aux effets du changement climatique (Musarandega et al. 2018, Baffour-Ata et al. 2021). Différentes stratégies traditionnelles d’adaptation et de survie, telles que la rotation des cultures et la plantation précoce, ont été mises en œuvre pour s’adapter et gérer le changement climatique. Les petits exploitants agricoles ne sont pas bien exposés aux techniques scientifiques modernes, mais ils ont cultivé des plantes sur la base des connaissances locales existantes et des conditions écologiques. Leurs approches d’adaptation sont le produit de leurs priorités, de leurs capacités et de leurs connaissances, qui déterminent la manière dont ils planifient et gèrent les problèmes liés au changement climatique.

On reconnaît de plus en plus l’importance des pratiques traditionnelles de gestion de l’eau et des terres dans la recharge des nappes phréatiques, et la fourniture d’autres services écosystémiques grâce à une meilleure disponibilité de l’eau (Everard et al. 2018).

Des méthodes uniques sont utilisées par les communautés qui dépendent des ressources naturelles pour assurer leur survie face au changement climatique. Par exemple, en Tanzanie, certaines communautés ont utilisé des techniques telles que la plantation d’arbres, la construction de terrasses, la polyculture, la diversification et la collecte d’eau dans des réservoirs d’eau locaux (Kihila 2018). En Afrique du Sud, en RDC et en Ouganda, les agriculteurs ont amélioré la fertilité des sols en appliquant du fumier et des déchets de cuisine dans les champs tandis que d’autres sont passés de systèmes de culture à des systèmes d’élevage plus résistants à la sécheresse (Adediran et al. 2003, Upenji 2020, Mfitumukiza et al. 2017). Les producteurs de coton du Zimbabwe ont utilisé l’irrigation et se sont diversifiés en optant

pour des cultures plus résistantes à la sécheresse afin de gérer le changement climatique (Mdungela et al. 2017, Fagariba et al. 2018). Ils ont également ajusté les périodes de plantation pour qu'elles correspondent au début de la saison des pluies. Dans d'autres régions d'Afrique, les agriculteurs ont adopté des méthodes d'agriculture de conservation telles que le travail minimum du sol pour améliorer la qualité des sols, retenir l'humidité et minimiser l'érosion des sols, diminuant ainsi la dépendance aux précipitations tout en augmentant les rendements des cultures.

5.3.3.4 Réseaux sociaux et de sécurité

Les filets de sécurité sociale sont des instruments permettant d'étendre le soutien aux personnes affectées par des événements climatiques extrêmes. Les interactions sont déterminées par le gouvernement, les communautés, les groupes organisés ou les familles qui sont des éléments clés des stratégies visant à minimiser les pertes anticipées dues au changement climatique. La gestion des risques peut également inclure le renforcement des filets de sécurité sociale et la fourniture d'une assurance agricole (Campbell et al. 2014, Hathie et al. 2017). Les services qui contribuent aux filets de sécurité sociale et à la protection sociale, comprennent les banques alimentaires et la distribution des excédents alimentaires, les services municipaux fiables tels que l'eau et l'assainissement, les programmes de vaccination, la disponibilité des services de santé publique essentiels (y compris les services de santé reproductive), les services médicaux d'urgence et le commerce international.

Les sources des filets de sécurité peuvent être privées (transferts de la famille, des membres de la communauté et des institutions) ou publiques (soutien attendu du gouvernement). Le filet de sécurité le plus important pour les communautés des pays en développement est celui des ressources forestières, qui ont souvent été les principales cibles. Le bois de chauffage, les champignons, les fruits indigènes, les médicaments, le bois, les insectes comestibles et les fibres sont souvent exploités de manière non durable en période de crise (Shackelton 2014, Tieminie et al. 2021). Dans la plupart des cas, les personnes étrangères à la région exploitent également ces ressources aux dépens des communautés locales, celles-ci étant autorisées à accéder aux ressources de moindre valeur économique (PFNL) tandis que les personnes étrangères à la région exploitent les plus précieuses (Bergen 2001, Nelson 2010, Hutauruk et al. 2018).

5.3.3.5 Migrations

Le GIEC (1990) a lancé un avertissement selon lequel l'un des plus grands impacts du changement climatique pourrait être lié à la migration humaine, des millions de personnes étant déplacées par l'érosion du littoral, les inondations côtières et les graves sécheresses. Les impacts du changement climatique à l'origine des migrations humaines peuvent être des facteurs liés aux processus climatiques (par exemple, la pénurie d'eau, l'élévation du niveau de la mer, la désertification et la salinisation des terres agricoles) ou aux événements climatiques (par exemple, les sécheresses, les inondations, les tempêtes et les crues de lacs glaciaires). Ces facteurs sont aggravés par d'autres facteurs non climatiques, tels que les politiques gouvernementales, la faible résilience des communautés face aux catastrophes naturelles et la croissance démographique (Brown 2008, Martin et al. 2020).

Cependant, il est difficile d'attribuer directement la mobilité humaine au changement climatique car les gens se déplacent pour plusieurs raisons, et même lorsque les aléas contribuent à cette décision, les effets des processus socio-économiques, culturels, politiques et environnementaux peuvent soit permettre, soit limiter la capacité des gens à gérer leurs déplacements (Stapleton et al. 2017). L'impact du changement climatique dépend du nombre de personnes touchées et de la vitesse à laquelle ces personnes réagissent. La migration temporaire est une réponse adaptative au stress climatique où les personnes se déplacent temporairement et reviennent après l'événement. Cependant, la capacité à migrer est fonction de la mobilité et des ressources financières et sociales, les personnes les plus vulnérables n'étant pas susceptibles de migrer (Wilkinson et al. 2016). Lorsque la situation devient trop grave, elles sont contraintes de migrer. La migration forcée entrave les efforts de développement en

ajoutant une pression sur les infrastructures et les services urbains, en compromettant la croissance économique, en augmentant le risque de conflit et en détériorant les indicateurs sanitaires, éducatifs et sociaux au sein des migrants (Brown 2008, Martin et al. 2020).

Les stratégies nationales d'adaptation ne prennent généralement pas en compte les migrations à grande échelle, comme en témoigne l'absence de foyers ou d'abris pour les migrants climatiques. Lorsque la migration est planifiée et utilisée comme un mécanisme d'adaptation volontaire, elle peut servir de filet de sécurité sociale en cas de perte de revenus, par exemple par l'envoi de fonds, et pourrait potentiellement servir à atténuer la pression sur des terres déjà dégradées (Laczko et Aghazarm 2009, Faozanudin et Islam 2021).

Cependant, la migration est généralement considérée comme un échec de l'adaptation. Pour réduire le risque de créer des réfugiés migratoires, les pays doivent être préparés de manière adéquate, avec des systèmes d'alerte précoce efficaces et une éducation au changement climatique. Si l'adaptation est méticuleusement planifiée en même temps que les processus et les plans de gestion des catastrophes, il est possible de réduire la vulnérabilité et de faire en sorte que les individus, les communautés et les pays aient les compétences nécessaires pour gérer et répondre aux aléas liés au climat ; de déterminer les flux, les conditions et les impacts de la mobilité humaine ; et de soutenir les travailleurs et les communautés migrants et déplacés (Crawford-Brown 2017, Stapleton et al. 2017).



Activité 5.16 Révision (10 minutes)

1. Identifier les options technologiques pour l'adaptation au changement climatique dans les secteurs suivants :
 - i. Agriculture
 - ii. Santé
 - iii. Transports.
 - iv. Pêche
2. Quelles sont les actions d'adaptation dans les secteurs de l'énergie, du tourisme et de l'eau ?

Résumé

Dans cette section, il a été démontré qu'il existe plusieurs mesures d'adaptation qui peuvent être utilisées pour s'adapter aux impacts du changement climatique. Il s'agit notamment d'options technologiques telles que les systèmes d'alerte précoce et la modification de la conception des bâtiments. L'autre catégorie de mesures est constituée par les options socio-économiques qui comprennent la diversification des moyens de subsistance, l'utilisation des connaissances endogènes, l'amélioration de l'accès aux marchés, la mise en place de filets de sécurité sociale et la gestion des migrations.

5.4 Gestion des risques de catastrophes

Une catastrophe est une perturbation grave du fonctionnement d'une communauté ou d'une société à n'importe quelle échelle due à des événements dangereux interagissant avec des conditions d'exposition, de vulnérabilité et de capacité, conduisant à un ou plusieurs des éléments suivants : pertes et impacts humains, matériels, économiques et environnementaux (Lavell et al 2012, Pereira et al 2019). Dans cette session, les objectifs de la gestion des catastrophes, les types de catastrophes, la gestion des aléas, le cycle de gestion des catastrophes et le lien entre la gestion des catastrophes, le changement climatique et le développement durable ont été abordés.



Résultats d'apprentissage

À la fin de cette section, les apprenants devraient être capables de :

- i. Discuter des buts et objectifs de la gestion des risques de catastrophes.
- ii. Classer les types de catastrophes.
- iii. Expliquer le cycle de gestion des catastrophes.
- iv. Expliquer les approches de la gestion des risques.



Activité 5.17 Brainstorming (10 Minutes)

Quelles sont les catastrophes liées au changement climatique les plus courantes dans le pays de résidence ?

Partager un point de vue sur le lien entre les forêts et la gestion des risques de catastrophes dans le contexte de la gestion des impacts du changement climatique et de la variabilité climatique.

5.4.1 Buts et objectifs de la gestion des catastrophes

Le risque lié au climat se produit lorsque des expositions définies physiquement interagissent avec les actifs des systèmes exposés, c'est-à-dire leur vulnérabilité ou sensibilité sociale. Le risque peut également être considéré comme une combinaison d'un incident, de sa probabilité et des conséquences associées - c'est-à-dire, $\text{risque de catastrophe} = \text{probabilité de l'aléa climatique} \times \text{la vulnérabilité du système/la capacité d'adaptation}$. Un cadre de gestion des risques permet d'analyser systématiquement les risques et les interventions possibles pour réduire les menaces. La gestion des risques comprend les plans, actions ou politiques mis en œuvre pour réduire la probabilité et/ou les conséquences des risques et constitue un concept fondamental de l'adaptation (GIEC 2007a, Amuzu et al. 2017).

La gestion des catastrophes est l'ensemble des politiques, procédures et pratiques qui sont mises en œuvre avant, pendant et après une catastrophe (Warfield 2008).

La réduction des risques de catastrophes (RRC) est une approche systématique pour identifier, évaluer et réduire les risques. Elle vise à réduire les vulnérabilités socio-économiques aux catastrophes ainsi qu'à traiter les risques environnementaux et autres qui déclenchent les catastrophes.

Le Cadre de Sendai pour la réduction des risques de catastrophes (RRC) 2015-2030 a souligné qu'il y a une augmentation de la fréquence et de l'intensité des catastrophes liées au changement climatique. Les activités de la RRC mettent l'accent sur la gestion des risques actuels et futurs, en mettant l'accent sur le renforcement de la résilience d'ici 2030 (UNISDR 2015). Ainsi, quatre priorités d'action devraient être poursuivies par tous les pays :

- » comprendre les risques de catastrophes;

- » soutenir la gouvernance des risques de catastrophe;
- » investir dans la résilience; et
- » améliorer et orienter la préparation aux catastrophes.

L'incertitude a été définie au chapitre 1 comme un état de connaissance limitée où il est impossible de décrire précisément la situation existante ou les résultats futurs. Elle s'applique aux prédictions d'événements futurs, aux mesures physiques déjà effectuées ou à l'inconnu.

Un cadre de risque représente une bonne stratégie pour faire face aux incertitudes. Le risque est le potentiel de quelque chose étant donné qu'un résultat est incertain, pour les vies, les moyens de subsistance, les écosystèmes, la santé, les actifs économiques, sociaux et culturels, les services et les infrastructures.

Les catégories de risques utilisées pour guider la prise de décision sont

- » les "risques acceptables
- » "les risques supportables, et
- » "les risques intolérables ("au-delà d'une norme socialement négociée")

En matière de changement climatique, les risques majeurs résident dans l'incapacité à s'adapter aux changements de l'environnement, ce qui entraîne l'instabilité et l'insécurité des systèmes économiques et menace les niveaux adéquats de bien-être sociétal (boîte à outils ECONADAPT).

Les approches de la gestion des risques de catastrophe reposent sur quatre politiques ou composantes publiques distinctes (Cardona et al. 2012, Botzen et al. 2019) :

- » Identification des risques (impliquant la perception individuelle, l'évaluation du risque et l'interprétation sociale).
- » La réduction des risques (impliquant la prévention et l'atténuation des dangers ou de la vulnérabilité).
- » Le transfert des risques (lié à la protection financière et aux investissements publics).
- » La gestion des catastrophes (à travers les phases de préparation, d'alerte, de réponse, de réhabilitation et de reconstruction après les catastrophes).

5.4.2 Types de catastrophes et gestion des catastrophes

Les catastrophes peuvent être soit naturelles, soit d'origine technique/humaine, soit complexes et émergentes (Tableau 8).

Tableau 8 : Types de catastrophes. Source : Khan (2008).

Catastrophes naturelles	D'origine technologique ou humaine	Urgences complexes
-------------------------	------------------------------------	--------------------

<ul style="list-style-type: none">• Sécheresse• Tremblements de terre• Températures extrêmes• Inondations• Épidémies de maladies• Fléaux d'insectes et d'animaux• Glissements de terrain• Tornades• Cyclones tropicaux• Tsunamis• Volcans• Feux de forêt• Temps hivernal	<ul style="list-style-type: none">• Décharge accidentelle de produits chimiques dangereux• Bioterrorisme• Bombardement ou destruction de réacteurs nucléaires• Déversements de pétrole• Catastrophes radiologiques dues à des explosions nucléaires, à des réacteurs nucléaires ou à des déversements accidentels de matières radioactives	<ul style="list-style-type: none">• Conflit• Guerres• Famine• Populations déplacées
--	--	--

Les catastrophes naturelles sont également catégorisées par le Centre de recherche sur l'épidémiologie des catastrophes (CRED) (2009) comme suit :

- » Biologique (par exemple, les épidémies d'insectes/animaux et les épidémies de maladies).
- » Climatologique (par exemple, sécheresse, températures extrêmes et incendies de forêt).
- » Géophysique (par exemple, tremblements de terre, tsunamis, glissements de terrain et activité volcanique).
- » Hydrologique (par exemple, les inondations et les avalanches).
- » Météorologique (tempêtes, ondes de tempête et cyclones).

Pour gérer les risques liés au changement climatique, il est important de comprendre les liens entre l'adaptation au changement climatique, la réduction des risques de catastrophe et le développement (Figure 16). Une planification adéquate peut renforcer la résilience et permet aux systèmes de se remettre des événements dangereux, de s'améliorer ou de s'adapter (Usman et al. 2013). La gestion des catastrophes suit un cycle qui lie le risque de catastrophe au climat et au développement (GIEC 2012, Carby 2018).

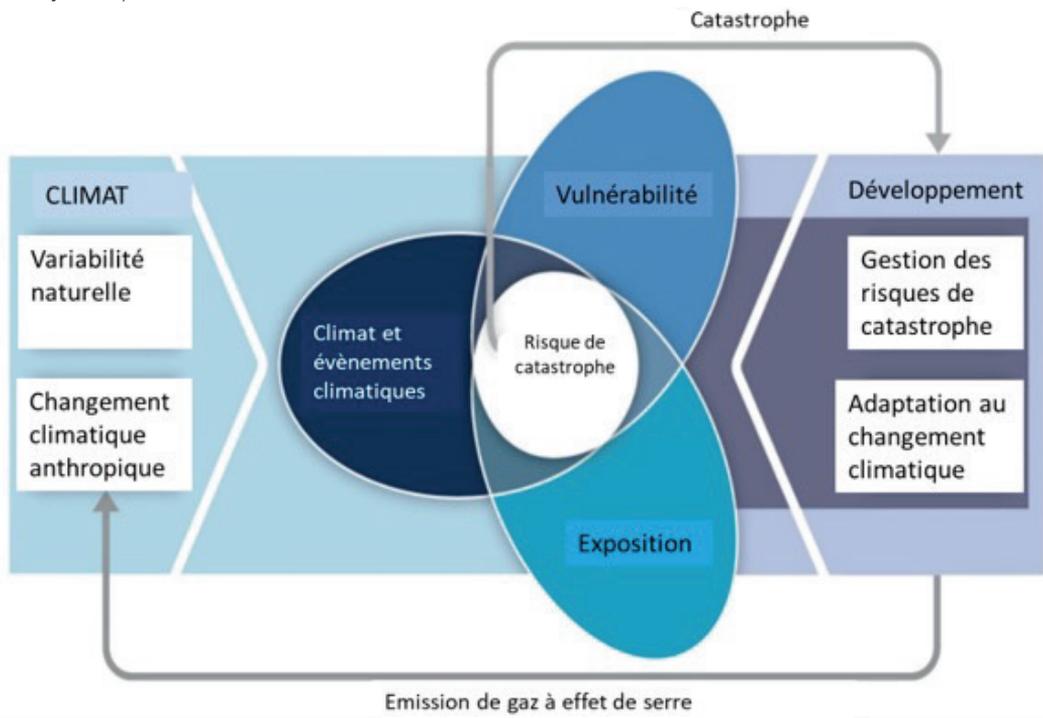


Figure 6. Liens entre le climat, les risques de catastrophe et le développement (GIEC 2012).

Les catastrophes peuvent être gérées à travers quatre types d'activités : gestion des risques et réduction de la vulnérabilité, diversification économique, interventions politiques et sensibilisation du public (Department of Regional Development and Environment Executive Secretariat for Economic and Social Affairs Organisation of American States 1991).

La gestion des risques et la réduction de la vulnérabilité sont des processus dans lesquels plusieurs activités sont entreprises pour réduire les pertes en vies humaines et la destruction des biens. La gestion des risques naturels dépend de la nature du risque, de la zone et des personnes concernées. Le processus peut être divisé en :

- » Mesures initiales qui comprennent les actions visant à atténuer les risques naturels par la collecte et l'analyse de données (évaluation des risques naturels, de la vulnérabilité et des risques), la

réduction de la vulnérabilité et la préparation aux catastrophes naturelles (prévision, préparation aux situations d'urgence, formation et éducation).

- » Actions pendant et immédiatement après un événement - comprend les mesures de sauvetage et de secours.
- » Les mesures post-catastrophe comprennent la réhabilitation et la reconstruction.

La diversification économique est une composante de la résilience économique qui est également un élément clé du développement durable en raison de sa capacité à réduire la pauvreté tout en générant des emplois à long terme. La diversification dans différents secteurs, par exemple le tourisme, l'agriculture et l'énergie, peut permettre aux populations de répondre aux changements climatiques émergents et de développer des systèmes résilients raisonnablement flexibles (PNUD 2021).

Renforcement de la résilience climatique des moyens de subsistance agricoles dans les régions agro-écologiques I et II de la Zambie

Le projet aide le gouvernement de la Zambie à renforcer la capacité des agriculteurs à planifier les risques climatiques qui menacent de faire dérailler les gains de développement, à promouvoir une production agricole résistante au climat et des pratiques de diversification pour améliorer la sécurité alimentaire et la génération de revenus, à améliorer l'accès aux marchés et à favoriser la commercialisation de produits agricoles résistants au climat (PNUD).

Intervention politique - les préoccupations politiques avant, pendant et après une catastrophe naturelle peuvent définir les personnes les plus exposées, les acteurs capables d'intervenir, les actions à entreprendre et les bénéficiaires de ces actions. La politique a un rôle à jouer sur l'impact d'une catastrophe naturelle et sur la fourniture de l'aide humanitaire ultérieure, y compris la formulation de politiques sur les catastrophes et l'inclusion de l'allocation budgétaire pour la préparation et la réponse. Hapeman (2012) a montré que les facteurs sociaux, économiques et politiques amplifiaient considérablement l'impact dévastateur d'une catastrophe naturelle au Bangladesh.

La sensibilisation du public - ainsi que l'éducation du public pour réduire les catastrophes afin de transformer les connaissances disponibles en actions locales spécifiques pour réduire les risques de catastrophe. La priorité (iii) du cadre de Sendai souligne la nécessité d'utiliser les connaissances, l'innovation et l'éducation pour la sécurité et la résilience à tous les niveaux. Elle permet de mobiliser les populations grâce à des messages clairs, étayés par des informations détaillées. Les populations connaissent les actions spécifiques à entreprendre pour réduire leurs risques ; elles sont également convaincues de l'efficacité de ces actions et croient en leur propre capacité à mener à bien ces tâches.

5.4.3 Cycle de gestion des catastrophes

Le cycle de gestion des catastrophes suit des étapes allant de l'atténuation à la récupération (figure 17). Ces étapes se chevauchent, la durée de chaque étape étant déterminée par la gravité de la catastrophe (Khan 2008).

L'atténuation est un processus dans lequel une aide immédiate est apportée pour maintenir la vie, améliorer la santé ou soutenir le moral des personnes touchées par la catastrophe. L'assistance peut prendre la forme d'une aide limitée telle que des couvertures et de la nourriture après un déplacement dû à des inondations. Cependant, les efforts et les actions dépendent de l'intégration de mesures appropriées dans les plans de développement nationaux et régionaux.

La préparation montre que l'on est prêt à faire face à des catastrophes et peut prendre la forme de réserves stratégiques de nourriture, d'eau, d'équipements, de médicaments et d'autres éléments

essentiels conservés pour être utilisés après la survenue d'une catastrophe nationale ou locale. Les mesures de préparation sont affectées par la conception et la mise en œuvre de plans de préparation, de systèmes d'alerte, de formations/exercices d'urgence, de systèmes de communication d'urgence, de plans et de formations d'évacuation, de listes de personnes à contacter en cas d'urgence, d'accords d'aide mutuelle, d'inventaires de ressources et d'information/éducation du public. Comme pour les efforts d'atténuation, les actions de préparation dépendent également de l'intégration de mesures appropriées dans les plans de développement nationaux et régionaux.

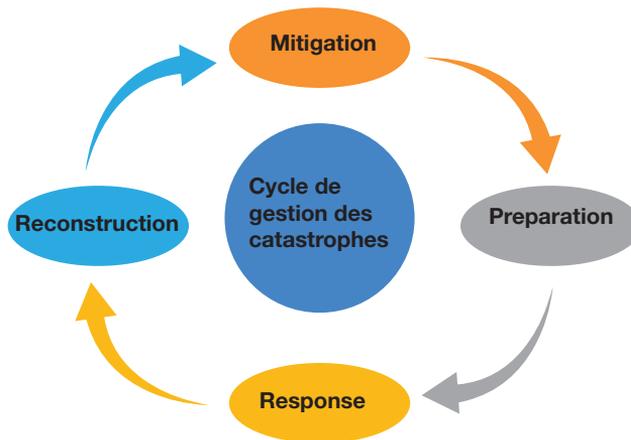


Figure 17 Cycle de gestion des catastrophes (Après Warfield 2008).

La riposte ou réponse : Elle commence après une catastrophe et consiste à apporter un soutien direct pour préserver la vie, améliorer la santé ou rassurer les personnes touchées. La phase de réponse vise à répondre aux besoins fondamentaux des personnes avant qu'une solution plus stable et durable ne soit mise en place. Des exemples de cette assistance sont les abris temporaires, le transport, l'eau, la nourriture et la création d'établissements semi-permanents, par exemple dans des camps. La réponse peut également englober certaines réparations précoces des infrastructures endommagées (Lavell et al. 2012).

Le rétablissement : Comprend les activités réalisées en anticipation au retour à la normale ou de l'amélioration des systèmes. Il s'agit d'une situation dans laquelle la population touchée est en mesure d'assumer la responsabilité de son bien-être et de l'infrastructure qui la soutient. Les actions de rétablissement peuvent être à la fois à court et à long terme, ainsi que la restauration des systèmes vitaux de maintien de la vie à englober, les normes fonctionnelles de base, la reconstruction, l'information du public, l'éducation à la santé et à la sécurité, le logement temporaire, les procédures de psychothérapie et l'analyse de l'impact économique.



Activité 5. 18 Question sur le texte (5 minutes)

Quelle partie du cycle de gestion des catastrophes est la plus importante ? Justifier la réponse.

5.5 Études de cas sur les stratégies d'adaptation au changement climatique dans le secteur non forestier

Projet financé par la FAO et l'ASDI en Afrique orientale (Éthiopie, Kenya et Tanzanie)

Le projet intitulé "Renforcement des capacités d'adaptation au changement climatique dans la gestion des terres et de l'eau" a ciblé les interventions d'adaptation au changement climatique pour renforcer les communautés et les individus. Il a utilisé différents mécanismes institutionnels de formation, du gouvernement aux ONG. Les résultats escomptés étaient l'amélioration de la productivité, de la sécurité alimentaire et des moyens de subsistance, ainsi que le renforcement de la résistance des communautés et des agriculteurs à la variabilité climatique croissante et au changement climatique. Les activités comprenaient le renforcement des capacités en matière de santé des sols, de diversification des moyens de subsistance, de conservation de l'eau et de renforcement des institutions locales. Les technologies et les approches les plus appropriées pour chaque projet ont été déterminées par des facteurs locaux, tels que les facteurs biophysiques, les facteurs socio-économiques et la propriété foncière.

L'initiative «Feed the Future» lutte contre la faim et la sécurité alimentaire en Afrique subsaharienne

L'USAID promeut l'initiative Feed the future du gouvernement américain. Le programme soutient des projets de recherche multipartites sur l'intensification durable dans le cadre du programme "Africa Research in Sustainable Intensification for the Next Generation" (Africa RISING). Le programme vise à intensifier durablement les systèmes agricoles africains typiques en utilisant trois types de projets dans trois régions d'Afrique :

- » Systèmes de culture et d'élevage sur les hauts plateaux d'Éthiopie.
- » Systèmes d'agriculture à base de céréales dans la zone Soudano-Guinéenne ouest-africaine comprenant certains districts du nord du Ghana et la région de Sikasso au sud du Mali.
- » L'agriculture intégrée maïs-légumineuses-élevage en Afrique orientale et australe comprenant quelques districts au Malawi, en Tanzanie et dans la province orientale de la Zambie.

Adaptation au changement climatique grâce aux bœufs et aux pintades en Namibie

La fréquence des inondations a rendu plus difficile le recours aux cultures en Namibie. De plus, si les cultures poussent, elles sont généralement consommées par les oiseaux qui arrivent à la suite des inondations. Dans ce contexte, le PNUD a aidé les agriculteurs à s'adapter au changement climatique en leur distribuant du bétail et des semences améliorées. Des chèvres ont été distribuées pour aider les agriculteurs à s'adapter aux conditions plus sèches et plus chaudes de la région la plus aride d'Afrique subsaharienne. Des chèvres Boer ont été croisées avec des chèvres locales afin de créer une race au taux de reproduction plus élevé, plus prisée et plus résistante à la sécheresse. En outre, des pintades ont été élevées par le groupe et des femmes vivant avec le VIH/sida, en remplacement des poulets, et les résultats sont favorables car les pintades ont un taux de reproduction plus élevé et sont plus résistantes au réchauffement des températures.



Activité 5.19 Révision (10 minutes)

1. Expliquer la signification de la gestion des risques de catastrophes.
2. Classer les types de catastrophes.
3. Expliquer le cycle de gestion des catastrophes.
4. Expliquer les approches de la gestion des risques.

Résumé

Ce chapitre couvre l'adaptation non forestière et les secteurs de l'agriculture, de la pêche, de la santé et de l'assainissement, des bâtiments, de l'énergie, du transport, de l'eau et du tourisme. Les initiatives d'adaptation sectorielle ont également été mises en évidence. Tous les secteurs s'adaptent au changement climatique grâce à des interventions technologiques telles que les systèmes d'alerte précoce, la gestion intégrée des ressources en eau, la conservation des sols et de l'eau, la construction d'établissements dans des zones sûres, l'amélioration de la conception des bâtiments et les approches fondées sur les écosystèmes. Dans d'autres cas, l'adaptation socio-économique se fait par la diversification des moyens de subsistance, l'amélioration de l'accès aux marchés, l'utilisation des connaissances et pratiques indigènes, les réseaux sociaux et la migration. Aux niveaux national, régional ou international, l'intégration du changement climatique se fait à tous les niveaux. Au niveau national, les pays préparent des plans d'adaptation nationaux à mettre en œuvre aux niveaux sectoriels. Le gouvernement coordonne avec d'autres agences de développement pour promouvoir l'adaptation à tous les niveaux, avec des cadres juridiques favorables. Enfin, le chapitre aborde les types et le cycle de gestion des catastrophes. Le chapitre se termine par des études de cas sur l'adaptation non forestière.

Pour plus d'information :

Noble IR, Huq S, Anokhin YA, Carmin J, Goudou D, Lansigan FP, Osman-Elasha B, Villamizar A, 2014. Adaptation needs and options. In Field CB, BarrosVR, Dokken DJ, et al. (eds.): Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of IPCC. Cambridge University Press, Cambridge and New York, pp. 833-868. Available at: 14 — Adaptation Needs and Options (ipcc.ch)

Chapitre 6. Suivi, Présentation Des Rapports Et Évaluation Des Pratiques D'adaptation

6.1 Présentation du Chapitre

Le suivi, la présentation des rapports et l'évaluation des pratiques et des projets d'adaptation sont importants pour l'adaptation au changement climatique. Ce chapitre sensibilise les apprenants sur ces aspects.



Résultats d'apprentissage

A la fin de ce chapitre, l'apprenant devrait être capable de :

- i. Décrire les concepts de suivi et évaluation dans le contexte de l'adaptation au changement climatique en foresterie.
- ii. Identifier les méthodes appropriées pour suivre et évaluer l'adaptation au changement climatique dans les projets de foresterie.
- iii. Décrire les différentes méthodes utilisées pour le suivi et évaluation des options/projets d'adaptation non forestiers au changement climatique et à la variabilité climatique.
- iv. Évaluer les différents types de mesures d'adaptation au changement climatique dans les projets de foresterie.
- v. Rédiger des rapports détaillant les résultats du suivi et de l'évaluation des pratiques d'adaptation.



Activité 6.1 Brainstorming (10 Mins)

Quelle est l'importance du suivi-évaluation de tout projet ?

6.2 Concepts et objectif du suivi-évaluation

Le suivi et l'évaluation (S&E) est un processus de collecte, d'analyse et de communication régulière et systématique d'informations sur les entrées, les activités, les sorties, les résultats et l'impact d'un projet (Simon et Mwenda 2021). Il s'agit d'une étape du cycle de projet utilisée pour évaluer les progrès et les changements afin d'ajuster lorsque les progrès s'écartent des objectifs fixés (Dinshaw et al. 2014, Simon et Mwenda 2021). Au niveau des politiques nationales, le suivi et l'évaluation de l'adaptation sont normalement effectués à des fins de comptabilité et de production de connaissances (OCDE 2015). Ainsi, le processus, les progrès et l'efficacité des projets et programmes d'investissement peuvent être évalués. Avant de poursuivre, quelques termes de base en matière de M & E ont été définis:

Entrées. Les ressources humaines et financières, l'équipement physique, les orientations et les politiques opérationnelles qui constituent les ingrédients de base des programmes et permettent de les mettre en œuvre (Frankel et Gage 2007).

Résultats. Les résultats des activités réalisées au niveau du programme, sous deux formes : le nombre d'activités réalisées et les mesures de l'utilisation des services. Les résultats sont les produits qui découlent directement des entrées. Ce sont les produits ou les conséquences tangibles, immédiates et prévues d'une activité (Frankel et Gage 2007, USAID 2018).

Effets. Les changements mesurés au niveau de la population cible du programme, dont certains ou tous peuvent être le résultat d'un programme ou d'une intervention donnée. Les effets se réfèrent à des connaissances, des comportements ou des pratiques spécifiques de la part du public cible qui sont clairement liés au programme, qui peuvent raisonnablement changer à court ou moyen terme et qui contribuent aux objectifs à long terme souhaités d'un programme (Frankel et Gage 2007).

Impact. Les retombées finales prévues ou les effets à long terme d'un programme (Frankel et Gage 2007).

Indicateurs. Mesures quantitatives ou qualitatives de la performance d'un programme qui sont utilisées pour démontrer le changement et qui précisent dans quelle mesure les objectifs du programme sont ou ont été atteints. Les indicateurs peuvent être mesurés à chaque niveau : entrée, processus, résultat, effet et impact. Les indicateurs mesurent les caractéristiques ou les conditions des personnes, des institutions, des systèmes ou des processus qui peuvent évoluer dans le temps (Frankel et Gage 2007, USAID 2018).

Objectif de performance. Le niveau spécifique et planifié du résultat à atteindre dans un délai déterminé avec un niveau de ressources donné (USAID 2015).

Cadre de résultats. Un résumé logique qui explique comment l'objectif stratégique (OS) d'un projet doit être atteint, y compris les résultats nécessaires et suffisants, ainsi que leurs relations causales et l'hypothèse sous-jacente (Frankel et Gage 2007). Un cadre de résultats est souvent décrit comme une théorie du changement (TdC), un modèle logique ou un cadre logique pour identifier les résultats qui devraient être atteints par une intervention, ainsi que la relation logique de cause à effet entre les entrées et les activités de l'intervention et ces résultats.

Théorie du changement. Un processus qui décrit comment une intervention particulière produira des résultats. Le processus identifie un objectif à long terme et fournit une représentation rétrospective des conditions nécessaires pour atteindre cet objectif (Brown 2016). La théorie du changement est de plus en plus privilégiée pour les initiatives de suivi et d'évaluation de l'adaptation au changement climatique. Le résultat est une description narrative, généralement accompagnée d'une représentation graphique ou visuelle, de comment et pourquoi un objectif ou un résultat est censé être atteint dans un contexte particulier (USAID 2018). La conception et la mise en œuvre d'une stratégie d'adaptation offrent une opportunité de réfléchir à la manière dont les progrès et les performances du projet seront suivis, évalués

et rapportés.

Cadre logique. Outil de conception, de gestion et d'évaluation qui décrit les principaux éléments d'un programme et la façon dont ces éléments interagissent pour atteindre un objectif particulier. Les éléments de base pour décrire la mise en œuvre d'un programme et ses effets sont les entrées, les activités ou processus, les résultats, les effets et les impacts. Un cadre logique présente graphiquement la progression et la relation logiques de ces éléments. Un cadre logique décrit visuellement la théorie du changement, illustrant le lien entre les activités et les effets attendus (Frankel et Gage 2007, USAID 2018).

Le suivi et l'évaluation sont essentiels pour garantir le succès à long terme des initiatives, plans et actions d'adaptation au changement climatique. Il joue un rôle essentiel dans trois aspects de l'adaptation au climat (CoastAdapt 2018) :

- Le suivi de la performance des activités entreprises pendant le développement d'un plan d'adaptation (par exemple, les activités d'engagement des parties prenantes) ;
- Le suivi des seuils de risque/des niveaux pré-identifiés qui permettent de déterminer quand de nouvelles actions d'adaptation doivent être entreprises ;
- la détermination des réalisations et des effets prévus pour les mesures d'adaptation ont été atteints.

Le suivi peut être défini comme l'évaluation critique systématique et continue des actions afin de mesurer leur évolution et de les ajuster en fonction des circonstances et des objectifs du projet. Les données collectées peuvent être quantitatives et/ou qualitatives. Il s'agit d'un outil de gestion fondamental et universel permettant d'identifier les forces et les faiblesses d'un projet/programme et d'examiner les progrès réalisés (PNUD 2009). Les résultats du suivi aident tous les acteurs concernés à prendre des décisions appropriées et opportunes qui contribuent à améliorer le projet. En d'autres termes, le suivi peut être une évaluation systématique et continue des progrès dans le temps. Il consiste à mesurer de façon continue les activités par rapport aux objectifs ou à la pertinence du projet/programme. Le cadre logique, le calendrier des activités, les calendriers de mise en œuvre et le budget du projet constituent la base du suivi d'un projet. Le Programme mondial de recherche sur la vulnérabilité, les impacts et l'adaptation au changement climatique (PROVIA) (2013) a montré que les résultats du suivi sont utilisés pour :

- » Documenter les progrès et les résultats d'un projet ;
- » Fournir les informations nécessaires aux responsables pour prendre à temps des décisions et apporter des mesures correctives (si nécessaire) ;
- » Stimuler la responsabilité de toutes les parties prenantes d'un projet (envers les bénéficiaires, les donateurs, etc.), c'est-à-dire que le processus/les activités de suivi montrent si la mise en œuvre du programme est en progression et si les activités prévues se déroulent comme prévu ;
- » Vérifier si l'impact prévu est en passe d'être atteint.

L'évaluation montre le degré de réalisation des objectifs et leur pertinence, ainsi que l'efficacité, l'impact et la durabilité. Elle comprend l'évaluation de la conception du projet et de sa mise en œuvre. Les résultats de l'évaluation améliorent la qualité et les normes. La plupart des initiatives de développement se sont focalisées sur l'évaluation. Une définition de l'évaluation donnée par l'OCDE (2002) et Robbins (2019) est " une analyse systématique et objective, utilisant des méthodes de recherche, d'un projet, d'un programme ou d'une politique en cours ou achevé, de sa conception, de sa mise en œuvre et de ses résultats.

Les données de suivi sont l'une des sources d'information les plus importantes pour l'évaluation

Le but est de déterminer la pertinence et la réalisation des objectifs, l'efficacité du développement, l'efficacité, l'impact et la durabilité ". Les résultats de l'évaluation sont principalement utilisés pour :

- » Tirer des conclusions - les évaluations sommaires montrent l'efficacité globale d'un programme, par exemple, l'audit, le renouvellement, le contrôle de la qualité, l'accréditation ;
- » Permettre des améliorations du programme en utilisant l'évaluation formatrice, par exemple, en montrant les forces/faiblesses et les progrès du programme ;
- » Générer des connaissances par l'utilisation conceptuelle des résultats, par exemple, la généralisation, la conception de théories.

Ainsi, l'évaluation est une analyse distincte qui s'appuie sur toutes ces composantes, mais qui implique également la collecte et l'analyse de données indépendantes supplémentaires. Elle porte sur la valorisation et est conduite en trois étapes : l'évaluation ex ante, l'évaluation continue et l'évaluation finale. L'évaluation peut également être une évaluation basée sur les entrées et les sorties, une évaluation des effets, de l'impact ou des résultats, une évaluation basée sur les processus, une évaluation des changements de comportement ou une évaluation économique. L'évaluation est basée sur des critères qui guident l'appréciation de tout projet, programme ou politique. Les critères sont les suivants :

Pertinence. Utilité de l'intervention par rapport aux besoins des principales parties prenantes, aux priorités nationales, aux politiques des partenaires nationaux et internationaux, etc. inclut la pertinence par rapport aux buts et objectifs.

Mission. Les normes globales peuvent servir de référence pour évaluer les processus par lesquels les résultats sont obtenus et les résultats eux-mêmes.

Efficience. Évaluer si le projet ou le programme a atteint ses objectifs en utilisant les ressources les plus économiques.

Efficacité. Évaluer si l'activité a donné des résultats satisfaisants par rapport aux objectifs fixés.

Impact. Évaluation des résultats de l'intervention - intentionnels et non intentionnels, positifs et négatifs, y compris les effets économiques, sociaux et environnementaux sur les individus, les communautés et les institutions.

Durabilité. Déterminer si les activités et leur impact sont susceptibles de se poursuivre lorsque les appuis extérieurs sont supprimés, et si l'intervention sera plus largement reproduite ou adaptée ?

L'évaluation diffère du suivi en termes de focus, de calendrier et de niveau de détail (Tableau 9).

Tableau 9: Quelques différences entre le suivi et l'évaluation

Suivi	Evaluation
Un processus continu	Une activité spécifique
Fournir des informations pour la prise de décision au quotidien (ajustements).	Fournir des recommandations aux processus de décision stratégique.
Il est réalisé par l'équipe du projet (pour pouvoir adapter et améliorer les impacts) et les sponsors (pour suivre les progrès)	Elle est réalisée par une équipe d'évaluation (interne ou externe à l'équipe du projet) pour l'équipe du projet et les sponsors
Il se focalise sur les entrées, les activités et les résultats .	Elle se focalise sur les effets, les impacts et l'objectif global.
Le suivi permet de vérifier si le projet a réalisé ce qui était prévu	L'évaluation vérifie si le projet a réalisé l'impact escompté.



Activité 6.2 Brainstorming (10 Mins)

Quels sont les critères importants pour suivre et évaluer les initiatives d'adaptation au changement climatique ?

Le processus de S&E doit être incorporé à toutes les étapes d'un projet d'adaptation, de la planification à la post-exécution. Dans les principales étapes du cycle de gestion adaptative, les processus de S&E sont inclus dans les étapes du cycle de projet de :

- » Identification des risques et des objectifs du projet ;
- » L'évaluation des risques ;
- » Identification des acteurs et cartographie des rôles de chacun dans le projet d'adaptation.

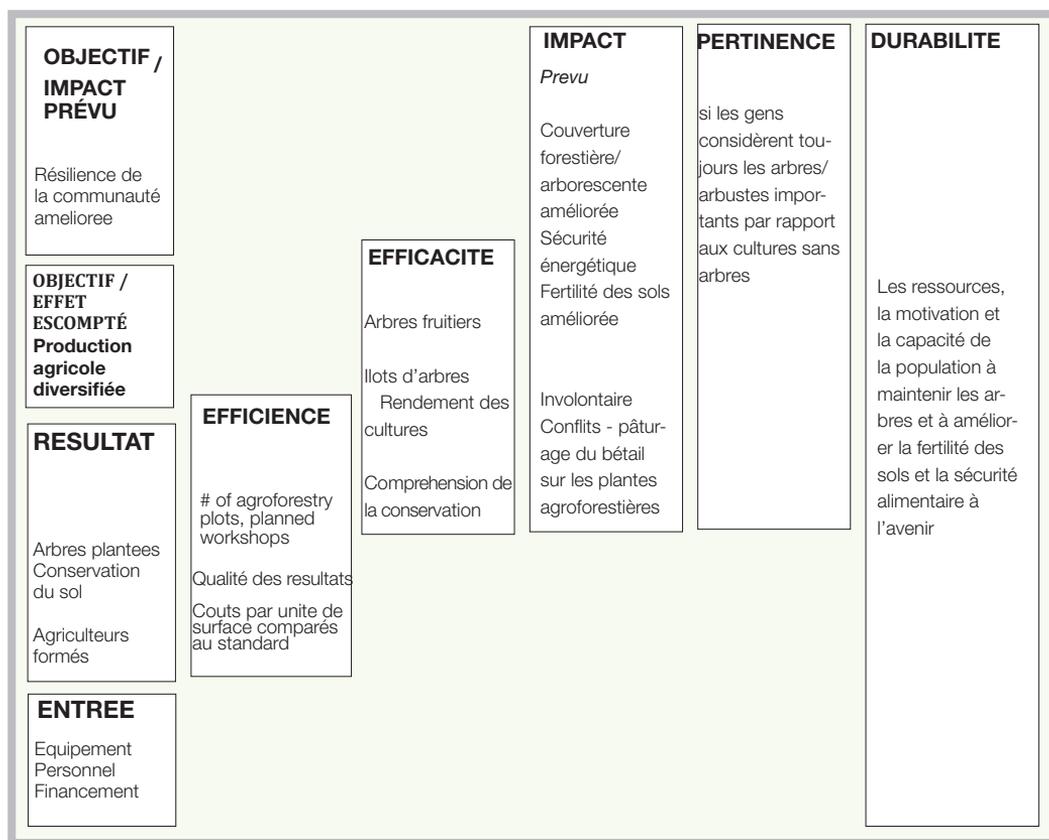
D'autres composantes du S&E ont été données par Turner et al. (2014) et STAT (2017) :

Un indicateur est une caractéristique ou une variable mesurable qui aide à décrire une situation existante et à suivre les évolutions ou tendances - c'est-à-dire progrès - sur une période donnée.

- » **Indicateurs** : des indices de progrès vers des résultats proposés pour révéler le statut d'une activité, d'un projet ou d'un programme. Il peut s'agir des indicateurs de performance, de processus, de résultats ou d'effets.
- » **Rapport** : va de pair avec le suivi, souvent à intervalles mensuels, trimestriels ou annuels. Les rapports de performance préparés à intervalles réguliers pendant la durée du projet/programme permettent de suivre l'évolution du projet et de faire le point sur les ressources nécessaires pour atteindre les objectifs du projet. Les examens des performances (par exemple, les réunions avec les parties prenantes, les évaluations rapides) sont effectués pour renforcer la capacité à apporter des améliorations. Ces rapports peuvent également révéler des problèmes tels que l'augmentation des espèces invasives ou l'assèchement des zones humides.
- » **Systèmes de gestion des données et de l'information** par la collecte et le partage de données fiables permettant de prendre des décisions éclairées. Cela comprend l'infrastructure (par exemple, les ordinateurs) et les processus.

Plusieurs outils sont utilisés pour un meilleur suivi-évaluation, notamment un cadre logique, une matrice des indicateurs, un plan de suivi et d'évaluation, une matrice des activités et un suivi du budget et des dépenses. Le tableau 10 montre les critères d'évaluation et la façon dont ils sont liés au cadre logique du projet en utilisant des exemples liés à la foresterie pour chaque composante/élément.

Tableau 10: Critères d'évaluation et leur relation avec le cadre logique.



Source : UNICEF 2003.

6.3 Types de suivi et d'évaluation des pratiques d'adaptation au changement climatique

Le suivi, la présentation des rapports et l'évaluation des pratiques et des projets d'adaptation sont importants pour les initiatives d'adaptation au changement climatique afin de tirer des leçons du processus et de s'adapter. Ce chapitre renforce la capacité et les connaissances des apprenants sur le suivi, l'évaluation et la présentation des rapports des projets, pratiques, politiques et stratégies d'adaptation. Dans cette section, les types de suivi et d'évaluation qui sont essentiellement divisés en systèmes de suivi et d'évaluation communautaires, de programmes, de projets et de politiques ont été mis en évidence (Spearman et McGray 2011). Il existe plusieurs cadres de suivi et d'évaluation de l'adaptation.



Résultats d'apprentissage

A la fin de ce chapitre, l'apprenant devrait être capable de :

- i. Décrire les concepts de suivi et d'évaluation dans le contexte de l'adaptation au changement climatique en foresterie.
- ii. Identifier les méthodes appropriées pour suivre et évaluer l'adaptation au changement climatique dans les projets de foresterie.



Activité 6.3 (Brainstorming) (15 Minutes)

Identifier un projet d'adaptation forestière dans le pays ou région et discuter des méthodes utilisées pour le suivi et l'évaluation.

6.3.1 Systèmes de S&E basés sur la communauté

Les méthodologies de S&E centrées sur la communauté sont normalement des approches ascendantes qui englobent les vulnérabilités locales et les priorités immédiates de la communauté. Elles intègrent les réalités locales et les résultats pertinents tout en améliorant les capacités locales (Estralla et Gaventa 1998, Bynoe 2021). Les initiatives communautaires impliquent l'utilisation de cadres participatifs de S&E où toutes les parties prenantes sont engagées dans la plupart, voire toutes les étapes du processus. Le S&E participatif est un processus dans lequel des partenariats sont développés par les principaux acteurs d'un programme pour collaborer à la conception et à la mise en œuvre systématique de ce dernier, notamment en développant des outils, en fixant des objectifs et des indicateurs, et en partageant des expériences et des connaissances.

Le Fonds Mondial (2020) a défini le suivi basé sur la communauté comme un mécanisme utilisé par les bénéficiaires de services ou les communautés locales pour recueillir, analyser et utiliser les informations de manière continue afin d'améliorer l'accès, la qualité et l'impact des services, et de tenir les prestataires de services et les décideurs responsables.

Le S&E participatif améliore la confiance des parties prenantes, la responsabilisation, l'appropriation, l'inclusion, la volonté d'apprentissage continu et la mise en œuvre efficace des actions dans les projets d'adaptation (O'Connell et al. 2016).

Une autre initiative de l'UE est l'Alliance Mondiale pour le Changement Climatique (AMCC), qui vise à soutenir le dialogue et la coopération sur le changement climatique avec les pays en développement les plus vulnérables au changement climatique. En Ouganda, par exemple, le programme AMCC a établi une base de référence pour le suivi et l'évaluation grâce à un processus participatif approfondi, ce qui a permis d'identifier correctement les vulnérabilités spécifiques au niveau district et, par la suite, de mesurer précisément les changements attribués aux actions du programme. En établissant la base de référence, les communautés ont pu cartographier la vulnérabilité climatique et sélectionner les communautés les plus appropriées pour être le centre de l'intervention (Lamhauge et al. 2011, IIED 2014, Richardson 2018).

Les méthodes participatives de S&E sont variables et comprennent le suivi, l'évaluation, la réflexion et l'apprentissage participatifs pour une adaptation basée sur la communauté qui utilise des outils d'évaluation rurale participative pour que les parties prenantes analysent leurs propres situations et développent des points de vue mutuels sur des actions spécifiques. Les approches participatives stimulent le dialogue et permettent d'apprécier les objectifs et d'aider les parties prenantes à réfléchir sur les facteurs qui influencent l'adaptation et sa valeur pour différentes actions (Krause et al. 2015).

6.3.2 S&E basé sur les programmes, les projets et les politiques

Certains projets ne considèrent pas l'adaptation des cadres de S&E de manière exclusive mais qu'elle est plutôt intégrée dans le processus de développement. Un autre exemple de ces initiatives est une approche du FEM qui prescrit une série de résultats et d'indicateurs comparés à une base de référence pour chaque objectif.

Le cadre de la Capacité Nationale d'Adaptation (CNA) du World Resource Institute est une autre approche qui permet de comprendre les aspects institutionnels de la capacité d'adaptation nationale. En outre, un système consolidé de suivi, de la présentation des rapports et d'évaluation (SRE) a également été développé en Europe pour être utilisé au niveau national (EEA 2015). Le MRE a montré l'importance de la participation de nombreuses parties prenantes, où les indicateurs ont été principalement créés à l'aide de processus itératifs et interactifs impliquant des experts et d'autres parties prenantes.

Un autre cadre de S&E visant à relier les approches descendantes et ascendantes est le "Tracking Adaptation and Measuring Development (TAMD)" qui suit deux pistes (Figure 18). La piste 1 évalue la gestion institutionnelle des risques climatiques tandis que la piste 2 mesure les performances d'adaptation et de développement à travers les échelles (Brooks et Fisher 2014). Le cadre TAMD a été utilisé au Kenya et les résultats ont montré qu'il était adapté aux processus d'évaluation ex et post ante en raison de sa capacité à explorer les liens entre la gestion des risques climatiques au niveau sous-national et les performances de développement aux niveaux locaux (Karani et al. 2015).

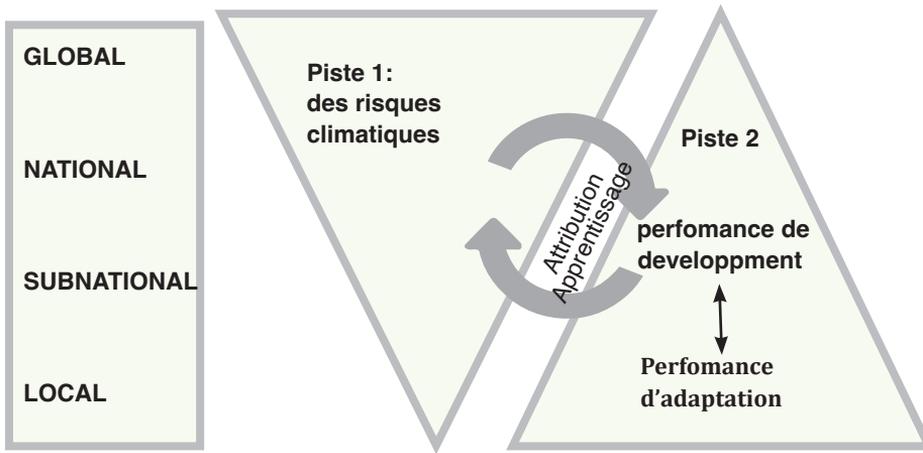


Figure18. La relation entre les pistes 1 et 2 dans le cadre du TAMD (Brooks and Fisher 2014).

Le Plan d'Action Nationale sur le Changement Climatique (NCCAP) du Kenya couvre à la fois l'atténuation et l'adaptation. Un cadre national complémentaire de mesure des performances et des avantages (NPBMF) a été proposé. L'objectif de ce cadre est de suivre à la fois l'atténuation et l'adaptation et leurs synergies. Il s'inspire d'une méthodologie développée par l'IIED, appelée Tracking Adaptation and Measuring Development (TAMD). Le système basé sur des indicateurs utilise le suivi, le rapportage et la vérification (SRV) des actions selon les indicateurs mesurés aux niveaux national et du district, en fonction des effets et du processus. L'agriculture et l'élevage sont deux secteurs pour lesquels des actions prioritaires d'adaptation à suivre sont proposées (OCDE 2015).

6.4 Paramètres de suivi et évaluation

Plusieurs paramètres de suivi et évaluation sont utilisés. Dans cette section, la vulnérabilité, la résilience, la capacité d'adaptation et les indicateurs seront expliqués.

6.4.1 Suivi et évaluation de la vulnérabilité

Le GIEC (2007) a défini la vulnérabilité au changement climatique et a montré que les mesures de vulnérabilité comprennent en principe l'exposition au changement climatique, la sensibilité à ses effets et la capacité à s'adapter pour faire face aux impacts, ce qui a été expliqué de manière détaillée au chapitre 1. La capacité d'adaptation comprend des modifications à la fois du comportement, des ressources et des technologies (Adger et al. 2007, Engle 2011, Vittal et al. 2020). Le suivi des impacts de la vulnérabilité au changement climatique identifie 22 impacts climatiques et 12 impacts liés à l'économie du carbone (daraint.org.). Le manuel Vulnerability Sourcebook propose une approche de suivi et d'évaluation basée sur des évaluations répétées de la vulnérabilité à intervalles définis. Les résultats de ces évaluations répétées sont comparés à l'évaluation initiale (de base) de la vulnérabilité pour détecter les changements dans la vulnérabilité globale (Fritzsche et al. 2014, Vestby 2018).

6.4.2 S&E de la résilience

Le renforcement de la résilience consiste à faire en sorte que les individus, les communautés et les systèmes soient mieux préparés à résister aux événements catastrophiques, qu'ils soient d'origine naturelle ou humaine, et soient capables de se remettre plus rapidement et plus fort de ces stress et chocs sans compromettre leurs perspectives à long terme (Rockefeller Foundation 2015, UK DFID 2011). Le S&E de la résilience fait partie des nombreux outils de suivi de programmes à l'échelle globale tels que le Programme Pilote pour la Résilience au Climat (PPCR), le Fonds Global pour la Prévention des Catastrophes et le Relèvement (GFDRR) et le Tracking Adaptation and Measuring Development (TAMD). Dans chacun de ces programmes, une analyse des systèmes de suivi et d'évaluation et de leurs différentes composantes est effectuée afin de fournir des conseils et des idées pour la résilience au climat et aux catastrophes. Il s'agit notamment des efforts déployés par la Communauté de Pratique du FEM sur l'évaluation du climat, des études de l'OCDE sur le S&E de l'adaptation au changement climatique et de la Communauté de Pratique (CoP) sur le changement SEA (Williams 2016).

Selon Williams (2016), le développement du S&E pour la résilience au climat et aux catastrophes doit toujours prendre en compte les éléments suivants :

- » Les problèmes complexes nécessitent des solutions créatives et adaptatives - le changement climatique étant complexe.
- » Le S&E de la résilience au climat et aux catastrophes pose plusieurs défis méthodologiques - bases de référence, indicateurs, objectifs réalistes et stables pour les résultats et l'impact, impact réaliste à long terme - que ce soit sous forme d'indicateurs ou en général, prise en compte des mauvaises adaptations et méthodologies d'évaluation adaptées.
- » Le domaine du S&E de la résilience au climat et aux catastrophes est tout nouveau. L'engagement des parties prenantes est essentiel et il est prévu de tirer des leçons de l'expérience et de s'adapter en conséquence.

6.4.3 Suivi et évaluation pour la capacité d'adaptation

Le suivi et l'évaluation de la capacité d'adaptation peuvent être effectués au niveau local ou national. Par exemple, le cycle des projets du FIC inclut le suivi et l'évaluation de la capacité d'adaptation par l'Analyse de la Capacité d'Adaptation (ACA) qui identifie les liens entre le climat et le développement et encourage l'inclusion d'activités d'adaptation au climat dans les programmes de développement. L'évaluation peut être réalisée avant la sélection du projet, pendant la phase de conception, à mi-parcours ou à la fin d'une initiative pour identifier les résultats et les possibilités d'amélioration. Elle permet de déterminer la capacité des systèmes humains et de trouver des moyens de remédier aux faiblesses des initiatives de développement. Villanueva (2011) et Recha (2017) ont déclaré que les indicateurs de capacité d'adaptation représentent des facteurs qui ne déterminent pas la vulnérabilité actuelle mais qui permettent à une société de poursuivre des options adaptatives futures. Cette approche a été utilisée en Ouganda, au Mozambique, en Ethiopie, au Kenya, au Ghana et en Sierra Leone.

6.4.4 Indicateurs

Les indicateurs montrent les aspects de l'adaptation qui doivent être suivis et évalués. Il est nécessaire de disposer d'informations claires sur les besoins et les questions clés auxquelles le système de suivi et d'évaluation doit répondre, ce qui est crucial pour la sélection des indicateurs. Les indicateurs d'adaptation peuvent couvrir les aspects suivants (Schwan n.d., Vallejo 2017) :

Les paramètres climatiques. Informations sur les conditions climatiques observées, par exemple les précipitations, la température, les événements extrêmes. Les indicateurs climatiques comprennent la température à la surface du globe, la concentration de CO₂, la glace terrestre et le niveau de la mer.

Impacts climatiques. Informations sur les impacts observés du changement et de la variabilité climatiques sur les systèmes socio-écologiques, comme les personnes déplacées à cause des inondations.

Mesures d'adaptation ("exécution"). Informations permettant de suivre la mise en œuvre des stratégies d'adaptation, par exemple les personnes ayant reçu une formation, le nombre d'ateliers de sensibilisation organisés, le pourcentage de codes de construction mis à jour, etc.

Résultats de l'adaptation (effet). Informations permettant de suivre et d'évaluer les effets des stratégies d'adaptation - par exemple, la superficie plantée ou restaurée, le pourcentage d'augmentation du rendement des cultures par hectare pendant la saison sèche, le pourcentage du revenu des ménages utilisé pour traiter les maladies d'origine hydrique.

Adaptation sociale. Les indicateurs de la capacité d'adaptation sont conçus sur la base des déterminants de la capacité d'adaptation (Smit et al. 2001), à savoir les ressources économiques, la technologie, les infrastructures (informations, compétences et gestion), les institutions et les réseaux et l'équité. Les indicateurs peuvent inclure la proportion des revenus provenant des PFNL, la valeur du matériel d'irrigation, la proportion de la surface cultivée sans labour etc.



Activité 6.4 Brainstorming

Considérer le projet d'adaptation basé sur les forêts dans le pays ou région.
Définir des indicateurs pertinents qui peuvent être utilisés pour suivre les projets afin d'atteindre les effets escomptés.

6.5 Méthodologies de suivi, d'évaluation et de la présentation des rapports

6.5.1 Méthodes et cadres pour le S&E

6.5.1.1 Indicateurs de performance d'adaptation du Fonds vert pour le climat (FVC)

Les indicateurs de performance d'adaptation du FVC sont liés à l'amélioration de la résilience et des moyens de subsistance des communautés et des personnes, à une meilleure résilience des infrastructures et de l'environnement bâti face aux menaces du changement climatique, à une meilleure résilience de la santé, de la sécurité alimentaire et de l'eau, et des écosystèmes et services environnementaux. Le cadre de résultats du FVC décrit les éléments essentiels d'un changement de paradigme concernant les voies de développement à faibles émissions et résilient au climat, pilotées au niveau national, et consolidées à travers des actions de financement pour un développement durable résilient au climat (FVC 2014). En outre, les indicateurs comprennent l'évaluation des résultats des investissements du FVC dans le développement des co-bénéfices économiques, sociaux et environnementaux et la sensibilité au genre (Encadré 6.1) (Favolle et al. 2017).

6.5.1.2 Bilan global (adaptation des NDC)

Le bilan mondial (BM) est une composante majeure du mécanisme de " relèvement " de l'Accord de Paris pour maintenir la limite de 1,5°C ainsi que les autres objectifs de l'Accord de Paris. Il s'agit d'un processus permettant de faire le point, à intervalles de cinq ans, sur les progrès collectifs accomplis dans la réalisation des objectifs de l'accord de Paris. Il est préparé sur la base de l'équité et des meilleures données scientifiques disponibles. Le BM est censé informer les Parties afin qu'elles puissent progressivement mettre à jour et améliorer leurs engagements en matière d'action climatique pour respecter la limite de 1,5°C. Le premier BM prévue en 2023 devrait permettre aux Parties de réviser leurs CDN d'ici 2025 (Fayson 2018). Le processus comporte trois phases :

- » Collecte des données - notamment les données des derniers rapports du GIEC, de la CCNUCC, du PNUE et des communications nationales ;
- » Examen des entrées par le biais d'un processus technique ;
- » Partage des principaux résultats au niveau politique lors d'un événement de haut niveau.

Dans la planification des modalités du bilan (durée, calendrier, phases, flux de travail et résultats), les Parties devraient s'assurer que le processus évolue et se consolide avec le temps en maximisant les opportunités émergeant des changements sociétaux, économiques et technologiques, les leçons apprises et en intégrant les nouvelles informations et les meilleures pratiques (Nothrop et al. 2018).

6.5.1.3 Cadre de suivi et d'évaluation (S&E) du FEM

Le Plan d'action pour la gestion axée sur les résultats (GAR) du FEM vise à affiner les cadres de résultats de ses domaines d'intervention, renforcer la communication des résultats au niveau institution et améliorer la capacité à prendre des décisions de gestion clés sur base des meilleures informations disponibles sur les résultats (FEM 2016). En mai 2014, le Conseil du FPMA/FSCC a adopté un Cadre révisé de gestion axé sur les résultats en faveur du Fonds pour les Pays les Moins Avancés et du Fonds Spécial pour les Changements Climatiques (FPMA/FSCC) (FEM 2014). Le cadre et les indicateurs révisés constituent la base du suivi et du rapport des résultats attendus et réels des projets d'adaptation au changement climatique financés par le FPMA/FSCC.

Le cadre de suivi et d'évaluation élaboré par l'OCDE est surtout pertinent pour les décideurs politiques et les praticiens du suivi et de l'évaluation. Cette observation se fonde sur une évaluation de plusieurs

approches de suivi et d'évaluation. Ils ont découvert des défis liés au suivi et à l'évaluation qui sont également pertinents pour l'adaptation, notamment : i) l'évaluation de l'attribution, ii) l'établissement de bases de référence et d'objectifs, et iii) le traitement des échéances à long terme (Dinshaw et al. 2011).

Encadré 6.1 Les indicateurs du FVC (Fayolle et al. 2017)

- » Réduction en pourcentage du nombre de personnes touchées par les catastrophes liées au climat, y compris les différences entre les groupes vulnérables (femmes, personnes âgées, etc.) et la population dans son ensemble.
- » Pourcentage de ménages adoptant plusieurs stratégies de subsistance/mécanismes d'adaptation.
- » Nombre de ménages en situation de sécurité alimentaire.
- » Pourcentage de ménages ayant accès à une eau adéquate (qualité et quantité pour l'usage du ménage) tout au long de l'année.
- » Incidence des maladies induites par le climat dans les zones où des mesures sanitaires d'adaptation ont été introduites (pourcentage de la population).
- » Superficie totale (ha) des terres agricoles devenant plus résilientes au changement climatique par une modification des pratiques agricoles (par exemple, périodes de plantation, nouvelles variétés indigènes résilientes, systèmes d'irrigation efficaces).
- » Valeur des infrastructures devenues plus résistantes aux événements à évolution rapide (par exemple, les inondations, les ondes de tempête, les vagues de chaleur) et aux processus à évolution lente (par exemple, l'élévation du niveau de la mer).
- » Nombre de projets d'infrastructures ou d'actifs physiques innovants soutenus ou construits pour résister au changement et à la variabilité climatiques.
- » Surface (ha) d'habitat ou kilomètres de littoral réhabilités, restaurés ou protégés.
- » Superficie et nombre de forêts, de systèmes pastoraux, de projets d'agroforesterie ou de systèmes d'adaptation basés sur les écosystèmes établis ou renforcés.
- » Degré d'intégration/de prise en compte du changement climatique dans la planification nationale et sectorielle et coordination dans le partage des informations et la mise en œuvre des projets.
- » Disponibilité des données climatiques collectées, analysées et appliquées à la prise de décision des secteurs sensibles au climat.
- » Perception par les hommes, les femmes, les populations vulnérables et les organismes d'intervention d'urgence de l'opportunité, du contenu et de la portée des systèmes d'alerte précoce.
- » Mesure dans laquelle les ménages, les communautés, les entreprises et le secteur public vulnérables appliquent des outils, des stratégies, des instruments et des actions améliorés pour répondre au changement et à la variabilité climatiques.
- » Pourcentage de la population cible consciente des impacts potentiels du changement climatique et de l'éventail des réponses possibles.
- » Nombre de bénéficiaires directs et indirects, ventilés par sexe et par niveau de revenu.

6.5.1.4 Cadre d'Analyse de la Vulnérabilité Climatique et des Capacités (CAVCC)

La méthodologie du CAVCC fournit un point de départ pour engager les parties prenantes, évaluer la vulnérabilité actuelle et comprendre les risques climatiques futurs. Les résultats constituent une bonne base pour la conception, la mise en œuvre et l'évaluation des stratégies d'adaptation par le biais d'un processus d'apprentissage et de planification participatif. Ils peuvent être intégrés au système de suivi et d'évaluation d'un projet, afin de suivre les changements dans la vulnérabilité résultant des interventions du projet et de l'évolution des conditions climatiques. La méthodologie du CAVCC permet de comprendre

les implications du changement climatique sur la vie et les moyens de subsistance des populations et donne la priorité aux connaissances locales sur les risques climatiques et les stratégies d'adaptation dans le processus de collecte et d'analyse des données. La vulnérabilité au changement climatique peut varier au sein d'un pays, d'une communauté et même d'un foyer. Le CAVCC se focalise sur les communautés mais examine également l'environnement favorable. Les principaux objectifs du CAVCC sont les suivants :

- » **Analyser la vulnérabilité au changement climatique et la capacité d'adaptation au niveau de la communauté.** Le CAVCC rassemble, organise et analyse les informations sur la vulnérabilité et les capacités d'adaptation des communautés, des ménages et des individus. Il offre des outils et des conseils pour la recherche, l'analyse et l'apprentissage participatifs. En outre, le rôle des institutions et des politiques locales et nationales pour faciliter l'adaptation est examiné.
- » **Associer les connaissances locales et les données scientifiques pour mieux comprendre les impacts locaux du changement climatique.** L'un des défis du travail d'adaptation au changement climatique au niveau local est le manque d'informations à échelle réduite sur les impacts. À cela s'ajoute l'insuffisance des données et des informations sur les prévisions météorologiques et climatiques. Le processus de collecte et d'analyse des informations avec les communautés permet de développer les connaissances locales sur les questions climatiques et les stratégies d'adaptation appropriées. Les exercices participatifs et les discussions associées permettent de relier les connaissances des communautés aux informations scientifiques disponibles sur le changement climatique. Ceci aidera les acteurs locaux à comprendre les implications du changement climatique sur leurs moyens de subsistance, afin qu'ils soient mieux à même d'analyser les risques et de planifier l'adaptation (Dazé et al. 2009).

Caractéristiques du CAVCC :

- » Le CAVCC met l'accent sur la compréhension des effets du changement climatique sur la vie et les moyens de subsistance des populations cibles en examinant les risques, la vulnérabilité au changement climatique et la capacité d'adaptation afin de renforcer la résilience future. Des outils tels que l'apprentissage participatif pour l'action (APA) sont utilisés dans une perspective climatique.
- » Le CAVCC tente de combiner les bonnes pratiques des analyses effectuées pour les initiatives de développement, qui ont tendance à se focaliser sur les conditions de pauvreté et de vulnérabilité. Il s'inscrit dans le contexte de réduction des risques de catastrophes (RRC), en se focalisant sur les dangers. Il examine à la fois les aléas et les conditions et analyse les interactions entre les deux. Les aléas font référence à la fois aux chocs, tels que les sécheresses ou les inondations (apparition rapide), et aux stress, tels que les changements de régime pluvial (apparition lente).
- » Le CAVCC met l'accent sur l'évaluation multipartite, l'apprentissage collaboratif et le dialogue. Bien que son objectif primaire soit d'analyser les informations, il a pour but de stabiliser l'agenda de recherche avec un processus d'apprentissage et de dialogue entre les participants locaux. Ceci permet une meilleure compréhension des ressources locales pour soutenir l'adaptation des communautés.

Pour plus d'information

Care International 2009. Climate Vulnerability and Capacity Analysis (CVCA) framework Available at: [care_cvcahandbook_0.pdf](#) (managingforimpact.org)

6.5.1.5 Principe ADAPT du Climat

Les cadres de suivi et d'évaluation de l'adaptation au changement climatique doivent suivre les principes ADAPT, c'est-à-dire des cadres adaptatifs, dynamiques, actifs, participatifs et rigoureux (Villanueva 2011) :

- » **apprentissage et la gestion Adaptatifs** reconnaissant l'apprentissage basé sur l'expérience et les besoins pour faire face à l'incertitude.
- » **bases de référence Dynamiques** identifiant les conditions changeantes de la capacité d'adaptation et de la vulnérabilité et fournissant un retour d'information en temps réel.
- » **compréhension Active** reconnaissant les valeurs et les intérêts divergents.
- » **Participatif** : l'adaptation est reconnue comme un processus spécifique au contexte et la nécessité de trianguler les informations et les décisions.
- » **Travaillé (pour éviter la maladaptation)**, évaluant les compromis et reconnaissant les multiples facteurs de stress et processus à travers les échelles.

6.5.2 Outils de suivi

6.5.2.1 CRISTAL

L'outil d'analyse des risques communautaires pour l'adaptation et les moyens de subsistance (CRISTAL) est un outil de planification et de gestion de projet conçu pour aider les utilisateurs à intégrer la réduction des risques et l'adaptation au changement climatique dans les activités communautaires. L'utilisation de CRISTAL suit une séquence d'étapes analytiques liées logiquement où la plupart des informations sont collectées à partir de consultations avec les parties prenantes, bien que des données scientifiques secondaires sur le changement climatique contribuent également au cadre analytique pour améliorer la compréhension de (IISD 2011) :

- » Comment la zone du projet ou les moyens de subsistance locaux sont affectés par les risques liés au climat.
- » Comment les communautés gèrent les impacts des risques liés au climat.
- » Quelles ressources de subsistance sont les plus touchées par les aléas climatiques et lesquelles sont les plus importantes pour y faire face.
- » Comment les activités du projet affectent l'accès à ou la disponibilité de ces ressources de subsistance critiques.
- » Les ajustements qui peuvent être apportés à un projet pour augmenter l'accès ou la disponibilité de ces moyens de subsistance critiques.

Le processus suit une logique en 4 étapes (Figure 19) et peut aider les utilisateurs à analyser les données sur une feuille excel. Les étapes 1 et 2 fournissent des informations sur le climat et les moyens de subsistance, tandis que les étapes 3 et 4 fournissent des informations utiles pour la planification et la gestion de l'adaptation.

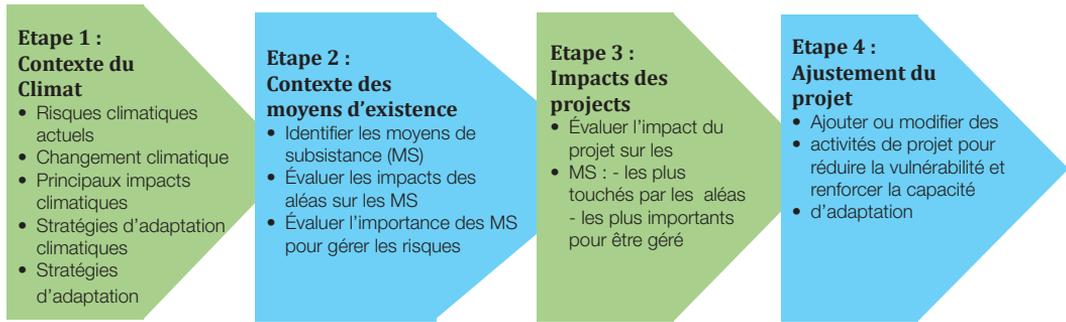


Figure 19. Le processus CRiSTAL (IISD 2011).

6.5.2.2 Outil de d'évaluation et suivi de l'adaptation (AMAT)

L'outil de suivi et d'évaluation de l'adaptation au changement climatique (AMAT) est conçu pour permettre au FEM de mesurer les résultats et effets des projets du FPMA/SCCF et de les résumer pour produire un rapport d'activité international (FEM 2014). Il est destiné à aider à terme le FEM à suivre et à examiner des indicateurs communs dans le temps, ce qui lui permettra d'évaluer les progrès et d'identifier les réalisations mesurables. L'outil n'est destiné qu'à assurer le suivi des informations explicitement en phase avec le cadre logique de l'agence pour la compilation et la présentation des rapports au niveau mondial (ibid). L'AMAT présente les moyens par lesquels le Secrétariat peut rendre opérationnel le cadre de résultats révisé et les aspects connexes de la stratégie de programmation en tant que base pour une meilleure Gestion Axée sur les Résultats (GAR) de l'adaptation au changement climatique dans le cadre du FPMA et du FSCC.

Dans le cadre de l'AMAT, les objectifs, effets et indicateurs de l'adaptation au changement climatique peuvent être facilement classés et regroupés. L'AMAT met l'accent sur les différences entre l'aide au suivi et à l'évaluation de l'adaptation et l'aide conçue pour un programme ou un portefeuille spécifique, ce qui représente une approche plus descendante du suivi et de l'évaluation, guidée par une liste flexible d'indicateurs prédéfinis (Bours et al. 2014).

D'autre part, l'AMAT ne peut pas être utilisé comme une boîte à outils complète car il ignore des questions ou des concepts et ne justifie pas, ne remet pas en question ou n'explique pas le cadre global de gestion axée sur les résultats. Au contraire, l'outil n'est qu'un ensemble de directives à suivre par tous les programmes financés par le FEM à des fins de production de rapports, ce qui rend l'application dans d'autres contextes très limitée (Bours et al. 2014). L'outil est fortement axé sur le suivi des progrès par rapport à des indicateurs spécifiques, plutôt que sur une étude plus distincte de ce qui a fonctionné (ou non), comment et pourquoi. L'AMAT est focalisé sur la vérification de la réalisation des objectifs suivants :

Objectif 1 : Réduire la vulnérabilité aux effets néfastes du changement climatique, y compris la variabilité, aux niveaux local, national, régional et mondial (20 indicateurs).

Objectif 2 : Augmenter la capacité d'adaptation pour faire face aux impacts du changement climatique, notamment la variabilité, au niveau local, national, régional et mondial (6 indicateurs).

Objectif 3 : Promouvoir le transfert et l'adoption de technologies d'adaptation (3 indicateurs).

6.5.2.3 Boîte à outils AdaptME

La boîte à outils AdaptME est un outil pratique destiné à fournir aux praticiens des informations et des conseils essentiels pour concevoir un cadre de suivi et d'évaluation de l'adaptation au changement climatique qui convienne à leur programme, leur contexte et leurs objectifs. AdaptME met l'accent sur

l'approche consistant à poser les bonnes questions, ce qui aide les utilisateurs à appliquer soigneusement les principaux concepts à leurs propres priorités. L'accent est principalement mis sur l'utilisation du S&E comme outil d'apprentissage (Pringle 2011, Bours et al 2014).

Il existe 17 questions fondamentales qui sont prises en compte dans le processus AdaptME (Source : Pringle 2011) :

Objectif :

- » Pourquoi est-ce que je fais l'évaluation ?
- » Comment maximiser les synergies ou gérer les conflits d'objectifs ?
- » Quels sont les objectifs d'apprentissage de l'évaluation ??

Sujet :

- » Qu'est-ce qui est suivi ou évalué ?
- » L'intervention concerne-t-elle le renforcement de la capacité d'adaptation, les actions d'adaptation ou les deux ?

Logique et hypothèses :

- » Quelle est la théorie du changement qui sous-tend l'intervention ?
- » Quelles hypothèses ont été faites et sont-elles valides ?
- » Comment les impacts et effets inattendus/imprévus ont-ils été pris en compte ?

Défis et limites :

- » Quelles sont les "questions délicates" pertinentes pour l'évaluation et comment les gérer ?
- » Quelles sont les limites qui influencent l'approche de S&E ?
- » Quels compromis ont été faits, sont-ils justifiés ?

Mesure des progrès :

- » Les sources de données existantes sont-elles utilisées efficacement ?
- » Les indicateurs sont-ils clairement liés à des buts et objectifs personnels ?
- » Des données qualitatives ont-elles été utilisées pour compléter les indicateurs ?

Engagement et communication :

- » Qui doit être impliqué dans le processus d'évaluation, quand et comment ?
- » Qui sera entendu ?
- » Comment communiquer les résultats ?



Activité 6.5 Brainstorming (10 minutes)

Expliquer les liens et les dépendances entre la planification, le suivi et l'évaluation

6.6 Processus de rédaction de rapports et de feedback.

6.6.1 Utilisation du feedback de S&E (communications nationales, rapports biennaux)

Les rapports de S&E peuvent être destinés aux audiences internes ou externes. Les audiences internes utilisent les rapports pour soutenir la gestion du projet ou du programme tandis que les rapports externes sont destinés aux parties prenantes en dehors des équipes du projet ou du programme. Les rapports externes sont conçus pour démontrer la responsabilité, collecter des fonds, promouvoir un apprentissage plus large et fournir des preuves pour le travail d'influence des politiques et de nombreux autres objectifs différents (INTRAC 2018). Pour les rapports sur l'adaptation au changement climatique, plusieurs mécanismes de présentation sont prévus dans le cadre de la CCNUCC, et il s'agit notamment des communications sur l'adaptation, des plans d'adaptation nationaux (PAN), des communications nationales (CN), des contributions déterminées au niveau national (CDN) et des rapports biennaux de transparence (RBT).

Les communications nationales (CN) sont les rapports soumis par les Parties à la CCNUCC présentant leurs actions pour la mise en œuvre de la Convention. Les directives relatives à la production de rapports sont fournies par la COP et sont constamment révisées et modifiées. Les communications nationales des pays en développement doivent inclure des informations sur les mesures d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre, les inventaires de gaz à effet de serre et les efforts déployés pour faciliter une adaptation acceptable au changement climatique. Dans les trois ans suivant leur adhésion à la Convention, les Parties des pays en développement sont censées soumettre leur première CN, et par la suite, une tous les quatre ans (UNFCCC.int).

La communication peut se faire par le biais de rapports bisannuels (RB) ou de rapports bisannuels d'avancement (RBA). Les RB montrent les progrès accomplis par les parties visées à l'annexe I dans la réalisation de leurs objectifs de réduction des émissions et le soutien apporté aux parties non visées à l'annexe I en termes d'aide technologique, financière ou de renforcement des capacités. Les pays en développement soumettent des RBA pour faire le point sur les informations fournies dans leurs CN, notamment les mesures d'atténuation, les inventaires nationaux de GES, les défis et les lacunes, ainsi que le soutien supplémentaire requis et reçu. Les premiers RBA ont été soumis en décembre 2014 et sont attendus tous les deux ans par la suite.

Les PMA et les petits États insulaires en développement (PEID) soumettent leur RBA au moment opportun. Les informations sur les financements nationaux liés au climat sont également fournies par des sources limitées, notamment les communications nationales, les RBA de la CCNUCC, les examens des dépenses publiques et des institutions liées au climat (CPEIR), les CDN et d'autres études indépendantes (UNFCCC.int, PNUD-PNUE-FEM nd).

6.6.2 Rapport sur les résultats du suivi et de l'évaluation

La production de rapports constitue un moyen de recueillir des preuves des mesures d'adaptation, de suivre les processus de planification de l'adaptation et de rendre compte des progrès accomplis dans la mise en œuvre et l'efficacité des mesures. Ces rapports sur les processus et les résultats des systèmes nationaux de suivi et d'évaluation de l'adaptation pour les composantes des CDN pourraient être utilisés comme une ressource pour informer les Parties sur les progrès réalisés en matière d'adaptation dans le cadre de la CCNUCC (Vallejo 2017). Les rapports utilisent des données spécifiques à chaque pays et sont fournis dans le cadre de divers systèmes de suivi et d'évaluation. Par exemple, certains pays africains ont développé leurs systèmes nationaux de suivi et d'évaluation de l'adaptation et ont soumis

leurs rapports à la CCNUCC. Il s'agit notamment du Kenya, du Mozambique, du Maroc et de l'Afrique du Sud (Encadré 6.2).

Encadré 6.2 Quelques exemples de cadres de suivi en Afrique

Kenya - Proposition de cadre national de mesure des performances et des avantages qui combinait 73 indicateurs descendant évaluant la capacité (adaptative) institutionnelle et 72 indicateurs ascendant mesurant la vulnérabilité, au niveau national (République du Kenya 2012).

Maroc - Système national s'appuyant sur les efforts sub-nationaux ; système régional d'information sur l'environnement (SRIE) dans les régions pilotes, focalisé sur les changements de la vulnérabilité dans les secteurs clés (eau, agriculture, tourisme et biodiversité/forêts), l'état d'avancement de la mise en œuvre des interventions, et les impacts/leçons tirées de ces mesures, le tout basé sur des données facilement disponibles (Vallejo 2017)

Mozambique - Cadre national de suivi et d'évaluation du changement climatique ayant un ensemble de 63 indicateurs pour suivre l'évolution de la vulnérabilité climatique dans huit secteurs afin d'informer les répartitions budgétaires nationales et le financement international du climat (Republic of Mozambique National Council for Sustainable Development 2014).

Afrique du Sud - Le système national de suivi et d'évaluation de la réponse au changement climatique se compose de modules focalisés sur i) les informations climatiques (observations et projections), ii) le suivi des risques, des impacts et de la vulnérabilité climatiques, iii) les mesures d'adaptation (y compris les aspects de gouvernance et d'efficacité). Le système a défini dix effets génériques souhaités en matière d'adaptation, par rapport auxquels les progrès peuvent être mesurés, et ils ont catégorisé leurs projets d'adaptation existants. Les rapports suivants visent à évaluer l'efficacité de ces projets et leur contribution aux résultats souhaités en matière d'adaptation (DEA 2016).

L'outil d'aide à la rédaction de la communication sur l'adaptation (AdComm-DAT) développé par la GIZ est l'un des outils conçus pour faciliter la communication de l'adaptation et peut être utilisé par les pays. L'outil réduit la charge de travail liée à la rédaction des rapports en présentant une structure qui s'appuie sur les orientations fournies dans la décision 9/CMA.1, en se focalisant sur neuf éléments (CCNUCC 2019).

Certains rapports des pays non visés à l'annexe I peuvent être consultés à l'adresse suivante :

<https://unfccc.int/national-reports-from-non-annex-i-parties>



Activité 6.6 Révision (15 Minutes)

1. Distinguer les éléments suivants :
 - i. Suivi et évaluation.
 - ii. Résultat et effet.
2. Expliquer les principales composantes de l'évaluation.
3. Quels sont les paramètres pris en compte dans le suivi et l'évaluation des initiatives d'adaptation ?
4. Identifier et décrire deux méthodes de suivi et d'évaluation des initiatives d'adaptation.

Résumé

Dans cette section, les questions du suivi, de l'évaluation et de la présentation de rapports sur les pratiques d'adaptation ont été examinées. Le suivi est un processus continu tandis que l'évaluation a lieu à intervalles définis et utilise les données issues du suivi. Les approches de suivi et d'évaluation peuvent être basées sur la communauté ou sur un projet/programme. Les paramètres pris en compte dans les initiatives d'adaptation sont la vulnérabilité, la résilience et la capacité d'adaptation. Plusieurs méthodes sont utilisées pour le suivi et l'évaluation, notamment les indicateurs de performance de l'adaptation du FVC, le bilan mondial, le suivi et l'évaluation du FEM et le cadre CAVCC. Les outils de suivi et d'évaluation incluent AMAT et CRiSTal. Les questions de présentation des rapports et de feedback des résultats du suivi et évaluation ont été aussi mis en évidence. Les rapports permettant de rendre compte, de promouvoir l'apprentissage au sens large, de lever des fonds et de fournir des preuves pour la formulation de politiques et bien d'autres objectifs différents ont été établis. Enfin, le chapitre se termine par des exemples de certains systèmes de suivi dans les pays africains et montre que les pays peuvent utiliser l'outil d'aide à la rédaction des communications sur l'adaptation (AdComm-DAT) pour élaborer la structure des rapports d'adaptation.

Références

- Abdollahi H. 2020. Investigating Energy Use, Environment Pollution and Economic Growth in Developing Countries. *Environmental and Climate Technologies* 24(1):275–293.
- Abdollahi S, Madadi M, Ghorbanzadeh S, Ostad-Ali-Askari K, Singh VP, Eslamian S. 2019. Study of Energy Types: Fossil, Nuclear and Renewable Energies and their Evaluation in Terms of Environmental Pollution and Economically. *American Journal of Engineering and Applied Sciences* 12 (3):342-351.
- Abdul-Razak M, Kruse S. 2017. The adaptive capacity of smallholder farmers to climate change in the Northern Region of Ghana. *Climate Risk Management* 17:104-122.
- Abid M, Schilling J, Scheffran J, Zulficar F. 2016. Climate change vulnerability, adaptation and risk perceptions at farm level in Punjab, Pakistan. *Science of the Total Environment* 547:447–460.
- Abiodun BJ, Adegoke J, Abatan AA, Ibe CA, Egbebiyi TS, Engelbrecht F, Pinto I. 2017. Potential impacts of climate change on extreme precipitation over four African coastal cities. *Climatic Change* 143(3):399-413.
- Acosta-Michlik L, Espaldon V. 2008. Assessing vulnerability of selected farming communities in the Philippines based on a behavioural model of agent's adaptation to global environmental change. *Glob Environ Change* 18:554–563.
- ACPC (African Climate Policy Centre) 2013. Climate for Development Africa. Fossil Fuels in Africa in a Carbon Constrained Future. Policy Brief 10. Available as: https://www.uneca.org/sites/default/files/PublicationFiles/policy_brief_10_fossil_fuels_in_africa_in_a_carbon_constrained_future.pdf
- Adaptation Fund. 2019. Annual performance report 2019.
- Adediran J, de Baets N, Mkeni PNS. et al. 2003. Organic Waste Materials for Soil Fertility Improvement in the Border Region of the Eastern Cape, South Africa. *Biological Agriculture and Horticulture* 20(4):283-300.
- Adegeye AI, Jimoh SO, Agera SIN. 2010. Agricultural productivity under taungya and non-taungya land use options: A case study of Vandekyia local government, Benue state, Nigeria. *Journal of Agricultural Research and Development* 9(2).
- Adger WN, Agrawala S, Mirza MMQ, Conde C, O'Brien K, Pulhin J, Pulwarty R, Smit B, Takahashi K. 2007. In Parry ML, Canziani OF, Palutikof JP, van der Linden PJ, Hanson CE. (Eds.): *Assessment of adaptation practices, options, constraints and capacity. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of IPCC.* Cambridge University Press, UK.
- Adger WN, Barnett J, Brown K, Marshall N, O'Brien K. 2013. Cultural dimensions of climate change impacts and adaptation. *Nature Climate Change* 3(2):112-117.
- Adger, Neil W, Nick Brooks, Bentham G, Agnew M. 2004. New indicators of vulnerability and adaptive capacity. Tyndall Centre Technical Report 7.
- Adhikari A, Shah R, Baral S, Khanal R. 2011. Terminologies Used in Climate Change. IUCN.
- Adhikari S, Baral H. 2018. Governing forest ecosystem services for sustainable environmental governance: a review. *Environments* 5(5):53.
- Adhikari S. 2017. 20 Differences between Monitoring and Evaluation. Available at: 20 Differences between Monitoring and Evaluation - Public Health Notes.
- AFC/République de Niger, 2019. Module de formation : irrigation au goutte à goutte. Rapport final, 52 p.

- African Development Bank 2019. African Development Bank launches pilot phase of Adaptation Benefits Mechanism. Available at: African Development Bank launches pilot phase of Adaptation Benefits Mechanism | African Development Bank - Building today, a better Africa tomorrow (afdb.org).
- African Union Commission 2020. The sustainable forest management framework for Africa (2020-2030). African Union.
- Agarwal B. 2009. Gender and Forest Conservation: The Impact of Women's Participation in Community Forest Governance. *Ecological Economics* 68(11):2785-2799.
- AGFOWARD 2017. Yield and climate change adaptation using alley cropping. *Agroforestry Innovation* 36.
- Agrawal A, Cashore B, Hardin R, Shepherd G, Benson C, Miller D. 2013. Economic contributions of forests. Background Paper 1. UNFF 10th Session. Istanbul, Turkey. Available at: http://www.un.org/esa/forests/pdf/session_documents/unff10/EcoContrForests.pdf
- Agrawal A, McSweeney C, Perrin N. 2008. Local institutions and climate change adaptation. In: *Social development notes: the social dimensions of climate change*, vol 113. The World Bank, Washington, DC.
- Aguilar L, Quesada-Aguilar A, Shaw DMP (eds.) 2011. *Forests and Gender*. Gland, Switzerland: IUCN and New York, NY: WEDO. 122 pp.
- Ai-hua XU, Ke-hui CUI, Wen-cheng WANG, Zhen-mei WANG, Jian-liang HUANG, Li-xiao NIE, Shao-bing PENG 2017. Differential responses of water uptake pathways and expression of two aquaporin genes to water-deficit in rice seedlings of two genotypes. *Rice Science* 24(4):187-197.
- Ajani EN, Mgbenka RN, Okeke MN. 2013. Use of Indigenous Knowledge as a Strategy for Climate Change Adaptation among Farmers in sub-Saharan Africa: Implications for Policy. *Asian Journal of Agricultural Extension, Economics & Sociology* 2(1):23-40.
- Ajayi OC, Akinnifesi FK, Sileshi G et al. 2009. Labour inputs and financial profitability of conventional and agroforestry-based soil fertility management practices in Zambia. *Agrekon* 48:276-292.
- Ajiboye AA, Popoola SI, Atayero AA. 2018. Hybrid renewable energy systems: opportunities and challenges in sub-Saharan Africa. In *Proceedings of the international conference on industrial engineering and operations management*, September 27-29:1110-1116.
- Akamani K. 2021. An Ecosystem-Based Approach to Climate-Smart Agriculture with Some Considerations for Social Equity. *Agronomy*, 11(8):1564.
- Akinngbe OM, Irohibe IJ. 2014. Agricultural adaptation strategies to climate change impacts in Africa: A review. *Bangladesh J. Agril. Res.* 39(3):407-418.
- Akinnifesi FK, Ajayi OC, Sileshi G, Chirwa PW, Chianu J. 2010. Fertiliser trees for sustainable food security in the maize-based production systems of East and Southern Africa. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 30(3). Springer Verlag/EDP Sciences/INRA.
- Albrich K, Rammer W, Seidl R. 2020. Climate change causes critical transitions and irreversible alterations of mountain forests. *Global change biology* 26(7): 4013-4027.
- Alemaw BF, Sebusang NM. 2019. Climate change and adaptation-induced engineering design and innovations in water development projects in Africa. *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development* 11(2):197-209.
- Amadalo B, Jama B, Niang A, Noordin Q, Nyasimi M, Place F, Franzel S, Beniast J. 2003. Improved fallows for western Kenya: An extension guideline. World Agroforestry Centre (ICRAF). Nairobi.

- Amadi-Echendu, J., Ebersöhn, L., du Plessis, C., van der Merwe, A., Stols, G., 2020, June. A multidisciplinary case study on managing the resilience of connected systems. In 2020 IEEE Technology & Engineering Management Conference (TEMSCON) (pp. 1-6). IEEE.
- Amare D, Wondie M, Mekuria W, Darr D. 2019. Agroforestry of smallholder farmers in Ethiopia: Practices and benefits. *Small-scale Forestry* 18(1):39-56.
- Amare ZY. 2021. Climate Change and Crop Production in Africa. In *Handbook of Research on Institution Development for Sustainable and Inclusive Economic Growth in Africa*, pp. 204-212. IGI Global, 2021.
- AMCEN/UNEP 2002. *Africa Environment Outlook: Past, present and future perspectives*. Earthprint, Hertfordshire, 410 pp.
- Ampaire EL, Acosta M, Huyer S, Kigonya R, Muchunguzi P, Muna R, Jassogne L 2020. Gender in climate change, agriculture, and natural resource policies: insights from East Africa. *Climatic Change* 158(1):43-60.
- Amuzu J, Jallow BP, Kabo-Bah AT, Yaffa S. 2018. The climate change vulnerability and risk management matrix for the coastal zone of the Gambia. *Hydrology* 5(1):14.
- Andersen KG, Rambaut A, Lipkin WI, et al. 2020. The proximal origin of SARS-CoV-2. *Nat Med.* 26:450–452.
- Angaine PM, Ndungú SM, Onyango AA, Owin, JO 2020. Effect of Desiccation and Storage Environment on Longevity of *Ehretia cymosa* (Thonn.) seeds.
- Ansuategi A, Greño P, Houlden MV. et al. 2015. The impact of climate change on the achievement of the post-2015 sustainable development goals. CDKN.
- Antwi-Agyei P, Nyantakyi-Frimpong H, 2021. Evidence of climate change coping and adaptation practices by smallholder farmers in northern Ghana. *Sustainability* 13(3):1308.
- Anyango SO, Mbewe B, Velice Shizia Nangavo VS, Mwal M. 2018. Towards Sustainable Livelihood Practices in the Indigenous Forests of Zambia's Central Province: Barriers and Opportunities. *Energy and Environment Research* 8(2).
- Anyu JN, Dzekashu WJ. 2020. Freshwater Resource Exploitation: New Security Challenge for Africa. *Advances in Social Sciences Research Journal* 7(6):722–731.
- Apeaning RW, 2019. *Technological and Socio-Economic Feasibility of Climate Mitigation: A Focus on Developing Economies* (Doctoral dissertation, State University of New York at Stony Brook).
- Appelquist WL, Brinckmann JA, Cunningham AB, Hart RE, Heinrich M, Katerere DR, van Andel T. 2020. Erratum: Scientists' Warning on Climate Change and Medicinal Plants. *Planta Med.* 86(1).
- Aquilué N, Filotas É, Craven D, Fortin M-J, Brotons L, Messier C. 2020. Evaluating forest resilience to global threats using functional response traits and network properties. *Ecological applications* 30(5).
- Arakelyan I. 2017. Climate-smart agriculture and rural livelihoods: the case of the dairy sector in Malawi. Semantic scholar.
- Arce JJC. 2019. Background Analytical Study Forests, inclusive and sustainable economic growth and employment. Background study prepared for the fourteenth session of UNFF. Retrieved September 2020 at <https://www.un.org/esa/forests/wp-content/uploads/2019/04/UNFF14-BkgdStudy-SDG8-March2019.pdf>
- Archer ERM, Davis CL, Hoffman MT, Todd S. 2011. Rangelands. Second National Communication to the UNFCCC. Pretoria and Cape Town, South Africa, SANBI.

- Armitage D, Plummer R. (Eds.) 2010. Adaptive capacity and environmental governance. Springer Series on Environmental Management.
- Aronson J, Shackleton S, Sikutshwa L, 2019. Joining the puzzle pieces: Reconceptualising eco-system-based adaptation in South Africa within the current natural resource management and adaptation context. ACDI Brief 2:1-6.
- Assan E. Suvedi M, Olabisi LS, Allen A. 2018. Coping with and Adapting to Climate Change: A Gender Perspective from Smallholder Farming. *Ghana Environments* 5:86.
- Asumadu-Sarkodie S, Owusu PA, Hung YT. 2020. The Impact Assessment of Energy, Agriculture, and Socioeconomic Indicators on Carbon Dioxide Emissions in Ghana. In: *Handbook of Environment and Waste Management: Acid Rain and Greenhouse Gas Pollution Control* (pp. 137-201).
- Acteurs du Tourisme Durable (ATD), 2020. Tourisme et changement climatique, un enjeu local et mondial. Rapport final, 52 p.
- Atlin GN, Cairns JE, Das B. 2017. Rapid breeding and varietal replacement are critical to adaptation of cropping systems in the developing world to climate change. *Global food security* 12:31-37.
- Atyi RE. 2017. Assessing progress in the implementation of forest law enforcement and governance (FLEG) action plan in Africa. Study report. African Development Bank. Abidjan.
- AUDA-NEPAD 2020. Africa restoring 100 million hectares of deforested and degraded land by 2030: www.AFR100.org
- Avtar R, Yunus A P, Saito O, Kharrazi A, Kumar P, Takeuchi K. 2020. Multi-temporal remote sensing data to monitor terrestrial ecosystem responses to climate variations in Ghana. *Geocarto International*. DOI: 10.1080/10106049.2020.1723716.
- Ayanlade A, Sergi CM, Di Carlo P, Ayanlade OS, Agbalajobi DT 2020. When climate turns nasty, what are recent and future implications? Ecological and human health review of climate change impacts. *Current Climate Change Reports*. pp.1-11.
- Ayodotun B, Bamba S, Adio A. 2019. Vulnerability Assessment of West African Countries to Climate Change and Variability. *Journal of Geoscience and Environment Protection* 7(6):13-15.
- Baarsch F, Granadillos JR, Hare W, Knaus M, Krapp M, Schaeffer M, Lotze-Campen H. 2020. The impact of climate change on incomes and convergence in Africa. *World Development* 126:104699.
- Baffour-Ata F, Antwi-Agyei P, Apawu GO, Nkiaka E, Amoah EA, Akorli R, Antwi K. 2021. Using traditional agroecological knowledge to adapt to climate change and variability in the Upper East Region of Ghana. *Environmental Challenges* 4:100205.
- Bai X, Dawson RJ, Üрге-Vorsatz D, Delgado GC, Barau AS, Dhakal S, Dodman D, et al. 2018. Six research priorities for cities and climate change. Pp. 23-25.
- Bailey K, McCleery R, Barnes G. 2019. The role of capital in drought adaptation among rural communities in Eswatini. *Ecology and Society* 24(3).
- Bamwesigye D, Doli A, Hlavackova P. 2020. Redd+: An analysis of initiatives in East Africa amidst increasing deforestation. *European Journal of Sustainable Development* 9(2):224-224.
- Barberon M, Geldner N. 2014. Radial transport of nutrients: the plant root as a polarized epithelium. *Plant Physiol.* 166:528–537.
- Barellas S. 2018. Private Participation in Infrastructure: Analysis and a look in depth to the Sub-Saharan Africa Case in water distribution. Bachelor's thesis, Università Ca'Foscari Venezia.

- Barnett J, O'Neill S. 2010. Maladaptation. *Global Environmental Change. Human and Policy Dimensions* 20:211–213.
- Barrow E, Murphree M. 2001. From concept to practice. In Hulme D, Murphree M. (eds.): *African Wildlife and Livelihoods. The promise & performance of community conservation*. James Currey Ltd. Oxford.
- Bartlow AW, Machalaba C, Karesh WB, Fair JM. 2021. Biodiversity and global health: intersection of health, security and the environment. *Health security* 19(2):214-222.
- Basnet S, Karki BS. 2020. REDD+ across transboundary landscapes: a look into the opportunities and challenges of participatory forest management systems in receiving results-based payments in the Hindu Kush Himalayan Region. *Small-scale Forestry* 19(4):399-418.
- Basyouni, M.E. 2017. Resilient Buildings: A Path towards Climate Change Adaptation Strategies and Interventions for Buildings Resilience. *Int. J. Curr. Eng. Technol.* 7:12.
- Bedeke S, Vanhove W, Gezahegn M, Natarajan K, van Damme P. 2019. Adoption of climate change adaptation strategies by maize-dependent smallholders in Ethiopia. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences* 88:96-104.
- Beever EA, O'Leary J, Mengelt C, West JM, Julius S, Green N, et al. 2015. Improving conservation outcomes with a new paradigm for understanding species' fundamental and realized adaptive capacity. *Conservation Letters* 9: 131-137.
- Behera MD, Murthy MSR, Das P, Sharma E. 2018. Modelling forest resilience in Hindu Kush Himalaya using geoinformation. *Journal of Earth System Science* 127(7):1-14.
- Beillouin D, Ben-Ari T, Malézieux E, Seufert V, Makowski D. 2021. Positive but variable effects of crop diversification on biodiversity and ecosystem services. *Global Change Biolog.* 27:4697– 4710.
- Belay A, Recha JW, Woldeamanuel T. et al. 2017. Smallholder farmers' adaptation to climate change and determinants of their adaptation decisions in the Central Rift Valley of Ethiopia. *Agric & Food Secur* 6:24.
- Belhabib D, Lam VWY, Cheung WWL, 2016. Overview of West African fisheries under climate change: Impacts, vulnerabilities and adaptive responses of the artisanal and industrial sectors, *Marine Policy* 71:15-28.
- Bélisle AC, Wapachee A, Asselin A. 2021. From landscape practices to ecosystem services: Land-scape valuation in Indigenous contexts. *Ecological Economics* 179C.
- Bello DO, Ahoton LE, Saidu A, Akponikpè IPB, Ezin VA, Balogoun I, Aho N. 2017. Climate change and cashew (*Anacardium occidentale* L.) productivity in Benin (West Africa): perceptions and endogenous measures of adaptation. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 11(3):924-946.
- Belton B, Reardon T, Zilberman D. 2020. Sustainable commoditization of seafood. *Nature Sustainability* 3(9):677-684.
- Bennett EM, Carpenter SR, Gordon L, Ramankutty N, Balvanera P, Campbell BM, Cramer W, Foley J, Folke C, Karlberg L. et al. 2014. Resilient thinking for a more sustainable agriculture. *Solutions: For a Sustainable and Desirable Future* 5(5):65-75.
- Bentrup.G; MacFarland, K. 2020. Agroforestry. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Climate Change Resource Center. www.fs.usda.gov/ccrc/topics/agroforestry.
- Bergen P. 2001. Accommodating New Narratives in Conservation in Bureaucracy in TANAPA and community conservation. In Hulme and Murphy: *African Wildlife and livelihoods: The Promise and Performance of community conservation*.

- Berkes F, Colding J, Folke C. (Eds.) 2003. Navigating Social-Ecological Systems: Building Resilience for Complexity and Change. Cambridge University Press, Cambridge.
- Bertram M, Barrow E, Blackwood K, Raza Rizvi A, Reid H, von Scheliha-Dawid S. 2017. Making ecosystem-based adaptation effective: a framework for defining qualification criteria and quality standard. FEBA network paper. GIZ, IIED and IUCN. <http://pubs.iied.org/G04167>
- Besseau P, Graham S, Christophersen T. (eds.) 2018. Restoring forests and landscapes: the key to a sustainable future. Global Partnership on Forest and Landscape Restoration, Vienna, Austria.
- Bezu A, Tezera K. 2019. Impacts of soil and water conservation on crop yield, soil properties, water resources and carbon sequestration: A review. *Journal of Soil Science and Environmental Management* 10(5):103-113.
- Biagina B, Miller A. 2013. Engaging the Private Sector in Adaptation to Climate Change in Developing Countries: Importance, Status, and Challenges. *Climate and Development* 5(3):242-252.
- Biggs R, Schlüter M, Schoon MI (eds). Principles for Building Resilience: Sustaining Ecosystem Services in Social-Ecological Systems. Stockholm Resilience Centre. Cambridge University Press.
- Bildircia M, Özaksoy F. 2016. Woody biomass energy consumption and economic growth in sub-saharan Africa. *Procedia Economics and Finance* 38:287–293.
- Bird N, Watson C, Schalatek L. 2017. The Global Climate Finance Architecture. *Climate Finance Fundamentals 2*. Available at: 11850.pdf (odi.org).
- Biswas DR, Ghosh A, Ramachandran S, Basak BB, Bhattacharyya R, Biswas S S, Moharana PC. 2021. Decay Kinetics of Enzymes as Influenced by Manuring Under Varying Hydrothermal Regimes in a Wheat–Maize Cropping System of Subtropical Cambisols in India. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 21(2):908-921.
- Blaikie P, Cannon T, Davis I, Wisner B. 1994. At Risk. Natural Hazards, people's vulnerability, and disasters. Routledge. London and New York.
- Blum A. 2009. Effective use of water (EUW) and not water-use efficiency (WUE) is the target of crop yield improvement under drought stress. *Field Crops Research* 112:119–123.
- Boadi SA, Owusu K. 2019. Impact of climate change and variability on hydropower in Ghana. *African Geographical Review* 38(1):19-31.
- Bodin P, Wimen BLB. 2007. The usefulness of stability concepts in forest management when coping with increasing climate uncertainties. *For. Ecol. Manage.* 242:541-552.
- Bœuf G., 2017. Changement climatique : les aires marines protégées s'impliquent. Fiche thématique « Océan, biodiversité, climat, Lettre d'information « aire marine n°39 », 5 p.
- Boko M, Niang I, Nyong A, Vogel C, Githeko A, Medany M, Osman-Elasha B, Tabo R, Yanda P. 2007. Africa. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC*. M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge UK, 433-467.
- Bond WJ, Midgley GF. 2000. A proposed CO₂-controlled mechanism of woody plant invasion in grasslands and savannas. *Global Change Biology* 6(8):865–869.
- Bottoman IS. 2020. Assessing Contextualised Household Vulnerability and Coping Mechanisms to Drought in Traditional Authority Symon, Neno District, Malawi. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR)* (54(1):29-48.

- Botzen WW, Bouwer LM, Scussolini P, Kuik O, Haasnoot M, Lawrence J, Aerts JC, 2019. Integrated disaster risk management and adaptation. In: Loss and damage from climate change. Springer, Cham. 287-315.
- Bougeault P, Toth Z, Bishop C, Brown B, et al. 2010. The Thorpex Interactive Grand Global Ensemble. American Meteorological Society. BAMS 1059-1072.
- Bours D, McGinn C, Pringle P. 2014. Monitoring & evaluation for climate change adaptation and resilience: A synthesis of tools, frameworks and approaches, 2nd edition. SEA Change CoP, Phnom Penh and UKCIP, Oxford.
- Bowling LC, Cherkauer KA. 2018. The Green, Blue and Gray Water Rainbow. In: How to Feed the World. Island Press, Washington, DC. pp. 24-45.
- Brandt P, Hamunyela E, Herold M, De Bruin S, Verbesselt J, Rufino MC. 2018. Sustainable intensification of dairy production can reduce forest disturbance in Kenyan montane forests. *Agri-culture, ecosystems & environment* 265:307-319.
- Bravo-Oviedo A, Condés S, del Río M, Pretzsch H, Ducey MJ. 2018. Maximum stand density strongly depends on species-specific wood stability, shade and drought tolerance. *International Journal of Forest Research* 91(4):459-469.
- Brooks N, Fisher S. 2014. Tracking adaptation and measuring development (TAMD) - a step by step guide. International Institute of Environmental Development (IIED), London UK. <http://pubs.iied.org/pdfs/10100IIED.pdf>
- Brown HCP, Sonwa DJ, 2018. Diversity within village institutions and its implication for resilience in the context of climate change in Cameroon. *Climate and Development* 10(5):448-457.
- Brown M. 2020. Checking in on Akon lighting Africa. *Mv magazine*.
- Brown O. 2008. Migration and Climate Change. International Organization for Migration. Geneva.
- Brown TJ, Hall BL, Westerling AL. 2004. The impact of twenty-first century climate change on wildland fire change danger in the western United States: an applications perspective. *Climatic Change* 62: 365-388.
- Bryson JM, Bishop-Williams KE, Berrang-Ford L, Nunez EC, Lwasa S., Namanya DB, Indigenous Health Adaptation To Climate Change Research Team, Harper SL. 2020. Neglected tropical diseases in the context of climate change in East Africa: a systematic scoping review. *The American journal of tropical medicine and hygiene*. 102(6):1443-1454
- Buffille P, Reij C, Guadagno L. nd. Building Resilience to Climate Change through Farmer managed Natural Regeneration in Niger and Land Rehabilitation in Burkina Faso. IUCN. Amsterdam. FMNR (preventionweb.net).
- Bull G. 2018. Forests and Energy. Background Analytical Study 3 prepared for the thirteenth session of the UNFF.
- Burton I, Huq S, Lim B, Pilifosova O, Schipper EL. 2002. From impacts assessment to adaptation priorities: the shaping of adaptation policy. *Climate Policy* 2:145-159.
- Burton I, Kates RW, White G F. 1993. *The Environment as Hazard*. The Guilford Press. New York.
- Buxton DNB. 2020. Climate Change Responses of Cocoa Farmers in Ghana. *International Journal of Environment and Climate Change* 10(8):26-35.
- Bynoe DM. 2021. Multi-Level Governance, Climate Change Adaptation, and Agri-Environmental Stewardship in Small States. (Doctoral thesis). University of Twente.

- Caldecott B, Tilbury J, Ma Y. 2013. Stranded down under? Environment-related factors changing China's demand for coal and what this means for Australian coal assets. Smith School of Enterprise and the Environment. University of Oxford.
- Campbell BM, Thornton P, Zougmore R, Asten P, Lipper L. 2014. Sustainable intensification: What is its role in climate smart agriculture? *Current Opinion in Environmental Sustainability* 8:39-43.
- Cannon T. 2013. Chapter 4: Rural livelihood diversification and adaptation to climate change. In Ensor J, Berger R, Huq S. (eds.): *Community Based Adaptation to Climate Change: emerging lessons*. Practical Action Publishing.
- Carby B. 2018. Integrating disaster risk reduction in national development planning: experience and challenges of Jamaica. *Environmental Hazards* 17(3):219-233.
- Cardona OD, van Aalst MK, Birkmann J, Fordham M, et al. 2012. Determinants of risk: exposure and vulnerability. In Field CB, Baros V, Stocker TF, et al. (Eds.): *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*. Cambridge University Press. pp.65-108.
- CARE International 2009. *Climate Vulnerability and Capacity Analysis Handbook*.
- Carina E, Keskitalo H. 2008. Vulnerability and adaptive capacity in forestry in northern Europe: A Swedish case study. *Climatic Change* 87:219-234.
- Carney D. 1998. Implementing the sustainable livelihoods approach. In Carney D. (ed.): *Sustainable rural livelihoods: what contribution can we make?* DfID, London, UK.
- Carter L, Kaga R, da Rosa AM. 2014. *Public-Private Partnerships Reference Guide*. Version 2.0. The World Bank, the Asian Development Bank and the Inter-American Development Bank.
- Cassidy L, Barnes GD. 2012. Understanding household connectivity and resilience in marginal rural communities through social network analysis in the village of Habu, Botswana. *Ecology and Society* 17(4):11.
- CBD (Convention on Biological Diversity) 2009. *Connecting Biodiversity and Climate Change Mitigation and Adaptation: Report of the Second Ad Hoc Technical Expert Group on Biodiversity and Climate Change*. Montreal, Technical Series No. 41, 126p.
- CDKN. 2014. *The IPCC's Fifth Assessment Report: What is in it for Africa?* Climate and Development Knowledge Network and Overseas Development Institute, London. Available at: http://cdkn.org/wp-content/uploads/2014/04/J1731_CDKN_FifthAssesmentReport_WEB.pdf
- Ceci P, Cicatiello C, Monforte L, Blasi E, Franco S, Branca G, Scarascia-Mugnozza G. 2018. Household livelihoods and the uptake of improved forest management practices: a case study in Guinea. *International Forestry Review* 20 (4):436-451.
- Cement Concrete & Aggregates Australia (CCAA) 2011. *Houses for Flood-prone Areas*. Briefing 18. CCAA.
- Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED). 2009. *General classification*. Avail-able at: <http://www.em-dat.be/classification>
- Chakwizira J. 2019. Rural transport and climate change in South Africa: Converting constraints into rural transport adaptation opportunities. *Journal of Disaster Risk Studies* 11(3):1-8.

- Chambwera M, Heal G, Dubeux C, Hallegatte S, Leclerc L, Markandya A, McCarl BA, Mechler R, and Neumann JE. 2014: Economics of adaptation. In *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the IPCC* [Field, C.B. et al. eds. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA, pp. 952.
- Chandra MS, Naresh RK, Chaitanya J, Charankumar GR. 2020. Impact of integrated natural resource management: challenges and experiences for sustainable livelihoods perspective: An overview. *Pharma Innovation* 9(2):223-234.
- Chatiza K. 2019. Cyclone Idai in Zimbabwe. An analysis of policy implications for post-disaster institutional development to strengthen disaster risk management. Oxfarm briefing paper. Zimbabwe.
- Chatrchyan AM, Yin C, Torquebiau E, Nagothu US. 2018. Multi-level policy measures to support sustainable agriculture intensification for smallholders. In *Agricultural Development and Sustainable Intensification*. Routledge. (pp. 250-273).
- Chaudhry S. 2021. Political Economy of Forest Degradation and Climate Changes in Kenya: Case Study of the Maasai Mau Forest. In W. Leal Filho et al. (eds.): *Handbook of Climate Change Management*. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-030-22759-3_80-1
- Chavan S, Ram N, Keerthika NR, Ram A, Ankur Jha A, Kumar A. 2014. Agroforestry for Adaptation and Mitigation of Climate Change. *Pop. Kheti* 2(3): 214-219.
- Chen R, You Xy. 2020. Reduction of urban heat island and associated greenhouse gas missions. *Mitig Adapt Strateg Glob Change* 25:689–711.
- Chenani E, Yazdanpanah M, Baradaran M, Azizi-Khalkheili T, Najafabadi MM. 2021. Barriers to climate change adaptation: Qualitative evidence from southwestern Iran. *Journal of Arid Environ-ments* 189:104487.
- Chersich MF, Wright CY. 2019. Climate change adaptation in South Africa: a case study on the role of the health sector. *Globalization and health* 15(1):1-16.
- Cheruiyot SA. 2019. *Forest Planning and Management for Human Development in Africa: a case of Kenya* (Doctoral dissertation, University of Nairobi).
- Chevallier R. 2012. Political barriers to climate change adaptation implementation in SADC. In *Overcoming Barriers to climate change adaptation implementation in southern Africa*.
- Chi C-F, Lu S-Y, Hallgren W, Ware D, Tomlinson R. 2021. Role of Spatial Analysis in Avoiding Climate Change Maladaptation: A Systematic Review. *Sustainability* 13(6):3450.
- Chinowsky PS, Schweikert AE, Strzepek NL. et al. 2015. Infrastructure and climate change: a study of impacts and adaptations in Malawi, Mozambique, and Zambia. *Climatic Change* 130:49–62.
- Chishakwe N, Murray L, Chambwera M. 2012. *Building climate change adaptation on community experiences: Lessons from community-based natural resource management in southern Africa*, IIED, London. Available at: 22073490 (osti.gov)
- Christensen JH, Hewitson B, Busuioc A, Chen A, Gao X, Held I, Jones R, Kolli RK, Kwon WT, Laprise R, Magaña Rueda V, Mearns L, Menéndez CG, Räisänen J, Rinke A, Sarr A, Whetton P. 2007. Regional Climate Projections. In Solomon, S. et al. (eds.): *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA.
- Cleland EE. 2011. Biodiversity and Ecosystem Stability. *Nature Education Knowledge* 3(10):14.

- Clements R, Hagggar J, Quezada A, Torres J. 2011. Technologies for Climate Change Adaptation – Agriculture Sector. X. Zhu (Ed.). UNEP Risø Centre, Roskilde.
- Climate –ADAPT 2015. Establishment and restoration of riparian buffers. Available at:
 Establishment and restoration of riparian buffers — Climate-ADAPT (europa.eu)
- Climate Analytics 2019. Climate analytics 2018 annual report.
- Climate Investment Funds 2019. Annual report 2019. The World Bank Group.
- Climate Investment Funds 2018. Private sector; unlocking private capital. CIF.
- Cline WR. 2007. Global Warming and Agriculture: Impact Estimates by Country. The Center for Global Development (CGD) and the Peterson Institute for International Economics, Washington, DC, USA, 186 pp.
- CoastAdapt 2018. Monitoring and Evaluation in climate change adaptation. Available at: Monitoring and Evaluation in climate change adaptation | CoastAdapt
- Coates SJ, Enbiale W, Davis MD, Andersen LK. 2020. The effects of climate change on human health in Africa, a dermatologic perspective: a report from the International Society of Dermatology Climate Change Committee. *International journal of dermatology* 59(3):265-278.
- COMPETE Project 2009. Competence Platform on Energy Crop and Agroforestry Systems for Arid and Semi-Arid Ecosystems in Africa. Available at: <http://www.competebioafrica.net>
- Conservation International 2016. Coastal Forests of Eastern Africa. Available at: <http://www.cepf.net/resources/hotspots/africa/Pages/Coastal-Forests-of-Eastern-Africa.aspx>
- Conway G. 2009. The Science of Climate Change in Africa: Impacts and Adaptation. Grantham Institute for Climate Change Discussion Paper No. 1. Imperial College, London
- Co ofre C, Bouriaud L 2019. Which Silvicultural Measures Are Recommended to Adapt Forests to Climate Change? A Literature Review. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov* 12(61):13-33
- Costa Carvalho, Perez BKM. 2020. Food and climate change: Their connections and mitigation pathways through education. In Leal Filho W, Azul AM, Brandli L, Özuyar PG, Wall T. (eds) *Climate Action. Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-95885-9_38
- Coulibaly JY, Chiputwa B, Nakelse T, et al. 2017. Adoption of agroforestry and the impact on household food security among farmers in Malawi. *Agric. Syst.* 155:52–69.
- Coulibaly ON. 2021. Mali - Land, climate, energy, agriculture and development: A study in the Sudano-Sahel Initiative for Regional Development, Jobs and Food Security. *Agriculture and Development*. ZEF Working Paper Series 199.
- Coulibaly T, Islam M, Managi S. 2020. The impacts of climate change and natural disasters on agriculture in African countries. *Economics of Disasters and Climate Change* 4(2):347-364.
- Crane TA, Delaney A, Tamás PA, Chesterman S, Ericksen P. 2017. A systematic review of local vulnerability to climate change in developing country agriculture. *Wiley Interdisciplinary Reviews. Climate Change* 8(4):464.
- Crawford-Brown D. 2017. Chapter 2: Reducing Economic Vulnerability to Climate Risk through Community Resilience. *Handbook of Disaster Risk Reduction & Management*. World Scientific. pp. 31-46

- CREWS (Climate Risks and Early Warning Systems) 2019. Project portfolio status summary report June – November 2019. Available at: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10225
- Crick F, Gannon KE, Diop M, Sow M. 2018. Enabling private sector adaptation to climate change in sub-Saharan Africa. *Wiley Interdisciplinary Reviews. Climate Change* 9(2):e505.
- CTCN (Climate Technology Centre & Network) 2017. 2017 progress report. CTCN. Copenhagen.
- CTCN 2019. Progress report 2019. UNFCCC-CTCN. Copenhagen. <https://goo.gl/al3jAA>
- Currano ED, Wilf P, Wing SL, Labandeira CC, Lovelock EC, Royer DL. 2008. Sharply increased insect herbivory during the paleocene-eocene thermal maximum. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105:1960–1964.
- Daham A, Han D, Matt Jolly W, Rico-Ramirez M, Marsh A. 2019. Predicting vegetation phenology in response to climate change using bioclimatic indices in Iraq. *Journal of Water and Climate Change* 10(4):835-851.
- Dakora FD, Shen J, Zhang F, Jiao X. 2020. Exploring solutions for sustainable agriculture with “green” and “development” tags in Africa. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*. 7(4):363-365.
- Dale VH, Joyce LA, McNulty S, Neilson RP, Ayres MP, Flannigan MD, Hanson PJ, Irland LC, Lugo AE, Peterson CJ, Simberloff D, Swanson FJ, Stocks BJ, Wotton BM. 2001. Climate change and forest disturbances. *Bioscience* 51(9):723–734.
- Dardonville M, Urruty N, Bockstaller C, Therond O. 2020. Influence of diversity and intensification level on vulnerability, resilience and robustness of agricultural systems. *Agricultural Systems* 184: 102913.
- Darwishi E, Salari-Khales M, YarMohammadi K, Pour-Nosrat S. 2016. Investigating the environmental impacts of fossil fuels on sustainable urban development Case study: Ardebil. *Proceedings of the 2nd International Conference on Information and Communication Technology and Management, (CTM' 16)*. Superior Service Company, Tehran.
- Dave R, Saint-Laurent C, Moraes M, Simonit S, Raes L, Karangwa C. 2017. Bonn Challenge Baro-meter of Progress: Spotlight Report 2017. IUCN, Gland, Switzerland. 36pp
- Davies K, Boyd CS. 2019. Ecological effects of free-roaming horses in North American rangelands. *Bioscience* 69(7):558-565.
- Dazé A, Ambrose K, Ehrhart C. 2009. *Climate Vulnerability and Capacity Analysis Handbook*. Care International.
- De Wit MJ, Stankiewicz J. 2006. Changes in surface water supply across Africa with predicted climate change. *Science* 311(5769):1917-21.
- DEA (Department of Environmental Affairs) 2016. South Africa's 1st Annual Climate Change Report: Monitoring the Adaptation Landscape in South Africa: Desired Adaptation Outcomes, Adaptation Projects and the Intended Nationally Determined Contribution, Theme E. https://www.environment.gov.za/sites/default/files/reports/themeE_adaptation_landscape.pdf
- DEA and SANBI. 2016. Strategic Framework and Overarching Implementation Plan for Ecosystem-Based Adaptation (EbA) in South Africa. Available at: <https://www.sanbi.org/wp-content/uploads/2018/04/final-strategic-framework-and-overarchingimplementation-plan-eba-south-africa.pdf>
- Delgado JA, Barrera Mosquera VH, Escudero López LO, Cartagena Ayala YE, Alwang JR., Stehouwer RC, Arévalo Tenelema JC, D'Adamo R, Domínguez Andrade JM, Valverde F, Alvarado Ochoa, SP. 2019. Conservation agriculture increases profits in an Andean region of South America. *Agrosystems, Geosciences & Environment* 2(1):1-8.

- Delgado JA, Nearing MA, Rice CW. 2013. Chapter Two - Conservation Practices for Climate Change Adaptation. *Advances in Agronomy* 121:47-115.
- Department for Food and International Development (DFID) 2004. *Adaptation to climate change: The right information can help the poor to cope*. Global and local environment team, policy division.
- Department of Regional Development and Environment, Executive Secretariat for Economic and Social Affairs of OAS 1991. *Primer on Natural Hazard Management in Integrated Regional Development Planning*. Office of Foreign Disaster Assistance USAID. Washington DC
- Deressa TT, Hassan RM, Ringler C, Alemu T, Yesuf M. 2009. Determinants of farmers' choice of adaptation methods to climate change in the Nile Basin of Ethiopia. *Global Environmental Change* 19: 248-255.
- Dhlamini CS. 2019. Contribution of Forest Ecosystem Services Toward Food Security and Nutrition. In Leal Filho W, Azul A, Brandli L, Özuyar P, Wall T. (eds): *Zero Hunger. Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-69626-3_67-1
- Dimtsu GY. 2018. Technical evaluation of soil and water conservation measures in Maego Water-shed, North Ethiopia. *African Journal of Environmental Science and Technology* 12(5):177-185.
- Dink T, Arivelo T, Awulachew SB, Kamgaf AF, Moges SA, Nyenzi BS, Sileshi Y. 2011. *Climate Science, Information, and Services in Africa: Status, Gaps and Policy Implications*. Working Paper 1, November 2011, African Climate Policy Centre (ACPC) of the United Nations Economic Commission for Africa (UNECA) under the Climate for Development in Africa (ClimDev Africa) Programme. UNECA, Addis Ababa, Ethiopia, 26 pp
- Dinshaw A, Fisher S, Mcgray H, Rai N, Schaar J. 2014. *Monitoring and evaluation of climate change adaptation: methodological approaches*. OCDE environment working paper no. 74.
- Doney SC, Ruckelshaus MH, Duffy JE, Barry JP, Chan F, English C, Galindo HM, Grebmeier JM, Hollowed AB, Knowlton N, Polovina J, Rabalais NN, Sydeman WJ, Talley LD 2012. Climate change impacts on marine ecosystems. *Annual Review of Marine Science* 4:11-37.
- Dorward A, Kydd J, Poulton C. 1998. *Smallholder Cash Crop Production under Market Liberalisation: A New Institutional Economics Perspective*. CABI, Wallingford.
- Downing TE, Patwardhan A. 2002. *Vulnerability assessment for climate adaptation*. Adaptation Planning Framework Technical Paper 3. Habana/Oxford.
- Droesch AC, Gaseb N, Kurukulasuriya P, Mershon A, Moussa KM, Rankine D, Santos A. 2008. *UNDP Community-Based Adaptation Programme. A Guide to the Vulnerability Reduction Assessment*. UNDP Working Paper Available at: http://www.seachangecop.org/files/documents/2008_12_CBA_Vulnerability_Reduction_Assessment_Guide.pdf
- Dube K, Nhamo G, Chikodzi D. 2020. Climate change-induced droughts and tourism: Impacts and responses of Western Cape province, South Africa. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism* 100319.
- Dube K, Nhamo G. 2020. Sustainable development goals localisation in the tourism sector: Lessons from Grootbos private nature reserve, South Africa. *GeoJournal* 1-18.
- Dungumaro EW, Hyden G. 2010. Challenges and Opportunities to Climate Change Adaptation and Sustainable Development Among Tanzanian Rural Communities. *Sustentabilidade em Debate* 79-91.
- Dungumaro EW, Madulu NF. 2003. Public participation in integrated water resources management: the case of Tanzania. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C* 28 (20–27):1009–1014.

- Dunkelman A, Kerr M, Swatuk LA. 2018. The new green revolution: enhancing rain-fed agriculture for food and nutrition security in Eastern Africa. In: *Water, Energy, Food and People Across the Global South*, pp. 305–324. Springer, Berlin, Germany.
- Dutta J, Thakur TK, Sen T, Choudhury M, et al. 2020. Brief commentary on impact of global climate change on fisheries and aquaculture. *CERD Green Chronicles* 1(1).
- Duva N. 2014. The world's biggest risks. 7 industries at greatest risk from climate change. NBC.com. Available at: <https://www.cnbc.com/2014/10/22/7-industries-at-greatest-risk-from-climate-change.html>
- ECD 2015. *National Climate Change Adaptation: Emerging Practices in Monitoring and Evaluation*, OCDE Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264229679-en>
- ECONADAPT Toolkit. Uncertainties and risk analysis in climate change adaption. Available at: [ECONADAPT Toolbox \(econadapt-toolbox.eu\)](http://econadapt-toolbox.eu)
- EEA. 2015. *National monitoring, reporting and evaluation of climate change adaptation in Europe*. Technical report No 20/2015. www.eea.europa.eu/publications/national-monitoring-reporting-and-evaluation
- Ellis F. 2000. The determinants of rural livelihood diversification in developing countries. *J. Agric. Econ.* 51(2):289-302.
- Ellison D, Morris CE, Locatelli B, Sheil D, et al. 2017. Trees, forests and water: Cool insights for a hot world. *Global Environmental Change* 43:51-61.
- Ellsworth P, White P. 2020. Water use efficiency and the effective use of water in the water-abundant sugarcane agroecosystem: Which is a better measure of agricultural water use? In *AGU Fall Meeting Abstracts*. pp. SY044-09.
- Engle NL, Lemos MC. 2010. Unpacking Governance: Building Adaptive Capacity to Climate Change of River Basins in Brazil. *Global Environmental Change* 20(1):4-13.
- Engle NL. 2011. Adaptive capacity and its assessment. *Global Environmental Change* 21: 647-656.
- Enimu S, Onome G E. 2018. Determinants of Climate Change Adaptation Strategies Among Farm Households in Delta State, Nigeria. *Curr Inves Agri Curr Res* 5(3).
- EPA 2017. *Climate impacts on human health*. EPA. USA.
- Eräranta S, Mladenovi M. 2021. *Integrated Strategic Spatial Planning – A Practice-Based Example of the Communicative Challenges of Integration*. Language. Aalto University working paper. p.21.
- Esiobu NS, Onubuogu GC. 2014. Trends, Perceptions and Adaptation Options of Livestock Farmers to Climate Change in Imo State, Nigeria: A Multinomial Logit Model Approach. *Journal of Economics and Sustainable Development* 5(19).
- Estrella M, Gaventa J. 1998. Who counts reality? Participatory monitoring and evaluation: A literature review. *IDS Working Paper No 70*, Brighton.
- EUIWACC. 2016. *Integrating Climate Change Information and Adaptation in Project Development*. www.eib.org/attachments/press/integrating-climate-change-adaptation-in-project-development.pdf
- Evariste FF, Sonwa DJ, Kemeuze V, Mengelt C. 2018. Assessing climate change vulnerability and local adaptation strategies in adjacent communities of the Kribi-Campo coastal ecosystems, South Cameroon. *Urban climate* 24:1037-1051.

- Everard M, Sharma OP, Vishwakarma VK, Khandal D, et al. 2018. Assessing the feasibility of integrating ecosystem-based with engineered water resource governance and management for water security in semi-arid landscapes: A case study in the Banas catchment, Rajasthan, India. *Science of the Total Environment* 612 :1249-1265.
- Fagariba CJ, Song S, Soule S. 2018. Factors influencing farmers' climate change adaptation in Northern Ghana: Evidence from subsistence farmers in Sissala West, Ghana. *Journal of Environmental Science and Management* 21(1).
- Faiyetole AA. 2019. Outside-in perspectives on the socio-economic-technological effects of climate change in Africa. *International Sociology* 34(6):762-785.
- Falkenmark M, Rockström J. 2006. The new blue and green water paradigm: Breaking new ground for water resources planning and management. *Journal of Water Resources Planning and Management* 132(3):129–132.
- FAO 2008. *Climate Change and food security: A framework document*. Rome.
- FAO 2009. *Climate Change in Africa: The threat to agriculture*. FAO. Accra.
- FAO 2011. *Save and Grow. A policymaker's guide to the sustainable intensification of smallholder crop production*. Rome.
- FAO 2015. *Climate change and food security: risks and responses*. FAO. Available at: [Climate change and food security: risks and responses \(fao.org\)](http://www.fao.org/climate-change-and-food-security)
- FAO 2016a. *Save and Grow in practice maize/rice/wheat; a guide to sustainable cereal production*. Rome.
- FAO 2016b. *Diversification under climate variability as part of a CSA strategy in rural Zambia*. ESA Working Paper No. 16-07. Rome.
- FAO 2016c. *Forty years of community-based forestry. A review of its extent and effectiveness*. FAO forestry paper No. 176. Rome.
- FAO 2017a. *First Trimester newsletter*. Harare. 3p
- FAO 2017b. *B3 Climate Smart Forestry*. In *Climate Smart Agriculture sourcebook*. 29p
- FAO 2019. *Adapting irrigation to climate change (AICCA)*. Retrieved from <http://www.fao.org/in-action/aicca/en/>.
- FAO 2020a. *African Forest Landscape Restoration Initiative - AFR100*. African forestry and wildlife commission. Twenty-second session. South Africa, 9-13 March 2020.
- FAO 2020a. *Desert locust*. Rome: Available at: <http://www.fao.org/locusts/en/>
- FAO 2020b. *Sustainable forest management*. Available at: [Natural Forest Management \(fao.org\)](http://www.fao.org/natural-forest-management/)
- FAO 2020c. *Forests for human health and well-being – Strengthening the forest–health–nutrition nexus*. Forestry Working Paper No. 18. Rome.
- FAO/ITTO/INAB 2003. *International Conference on the contribution of criteria and indicators for sustainable forest management: The way forward*. Final Report 1. Rome.
- Faozanudin M, Islam S. 2021. Migration and Its Impact on Sustainable Development. *Insignia: Journal of International Relations* 8(1):55-70.

- Faurès J-M, Svendsen M, Turrall D. 2007. Reinventing irrigation. In Molden, D. (ed.): Water for food, water for life: A comprehensive assessment of water management in agriculture 353–394. Earthscan, London.
- Fayolle V, Odianose S, Soanes M. 2017. GCF Project Toolkit 2017. Guide to develop a Project pro-posal for the Green Climate Fund (GCF). Acclimatise, London.
- Fayson C. 2018. Taking stock of the Global Stocktake. Climate analytics.
- Fazey I, Gamarra JGP, Fischer J, Reed MS, Stringer LC, Christie M. 2010. Adaptation strategies for reducing vulnerability to future environmental change. *Front. Ecol. Environ.* 8:414–422.
- Feikie X, Das D, Mostafa M. 2017. Integrating information and communication technology as a Solution to sustainable road transportation in South Africa. 36th Southern African Transport Conference (SATC).
- Fellmann T. 2012. The assessment of climate change related vulnerability in the agriculture sector: reviewing conceptual frameworks. In Meybeck, Lankoski, Redfen S et al. (Eds.): Building resilience for adaptation to climate change in agriculture sector. Proceedings of Joint FAO/OCDE workshop 23-24 April 2012. 37-61.
- Fentaa AA, Hailub G, Hadusha Z. 2019. 2. Integrating Climate-Smart Approaches across Landscapes to Improve Productivity, Climate Resilience, and Ecosystem Health. *Climate-Smart Agriculture* 15.
- Feukeng L. 2019. AFRICA: AfDB completes establishment of Adaptation Benefits Mechanism. *Afrik21*.
- Firey W. 1960. Man, Mind and Land. A theory of resource use. The Free Press of Glencoe, Illinois.
- Fisher M, Abate T, Lunduka RW, Asnake W, Alemayehu Y, Madulu RB. 2015. Drought tolerant maize for farmer adaptation to drought in sub-Saharan Africa: Determinants of adoption in eastern and southern Africa, *Climatic Change* 133(2):283–299.
- Fobissie K, Chia E, Enongene K, Oeba VO. 2019. Agriculture, forestry and other land uses in Nation-ally Determined Contributions: the outlook for Africa. *International Forestry Review* 21(S1):1-12.
- Foli EG. 2018. Reshaping the terrain. Forest landscape restoration efforts in Ghana. *GLF Factsheet*.
- Forch G, Schutt B. 2004. Watershed management – an introduction. *FWU, Vol. 4, Lake Abaya research symposium 2004 proceedings.* 119-133
- Ford JD, Berrang-Ford L, Bunce A. et al. 2015. The status of climate change adaptation in Africa and Asia. *Regional Environmental Change* 15:801-814.
- Frank E, Eakin H, Lopez-Carr D. 2011. Social identity, perception and motivation in adaptation to climate risk in the coffee sector of Chiapas, Mexico. *Global Environmental Change* 21: 66-76.
- Frankel N, Gage A. 2007. M&E Fundamentals: A Self-Guided Minicourse. Available at: http://www.endvawnow.org/uploads/browser/files/M_E%20Fundamentals.pdf.
- Frigeri JV, Krefta SM, Alex Saloto Paula AS, Germano AD, Sandiane Carla Krefta SC. 2017. Environmental and socioeconomic benefits of urban trees. *rLAS* 2(1).
- Fritzsche K, Schneiderbauer S, Bubeck P, Kienberger S, Buth M, Zebisch M, Kahlenborn W. 2014. The Vulnerability Sourcebook. Concept. and guidelines for standardised vulnerability assessments. GIZ GmbH. Bonn and Eschborn.
- Fronzek S, Carter TR, Nina P, et al. 2019. Determining sectoral and regional sensitivity to climate and socio-economic change in Europe using impact response surfaces. *Reg. Environ. Change* 19:679–693.

- Fuentes-Lillo E, Lembrechts J J, Cavieres L A, Jiménez A, Haider S, Barros A, Pauchard A. 2021. Anthropogenic factors overrule local abiotic variables in determining non-native plant invasions in mountains. *Biological Invasions* 2021 p16.
- Füssel HM. 2007. Adaptation planning for climate change: concepts, assessment approaches, and key lessons. *Sustain Sci* 2: 265–275.
- Gachassin M, Boris N, Gaël R. 2010. Roads impact on poverty reduction - a Cameroon case study. World Bank Policy Research Working Paper 5209.
- Gaillard J-C. 2010. Vulnerability, capacity and resilience. *J Int Dev.* 22(2):218–232.
- Garrity D, Akinnifesi F, Ajayi O, Weldesemayat S, Mowo J, Kalinganire A, Larwanou M, Bayala J. 2010. Evergreen Agriculture: a robust approach to sustainable food security in Africa. *Food Security* 2:197–214.
- Garrity DP, Bayala J. 2019. Zinder: farmer-managed natural regeneration of Sahelian parklands in Niger. In van Noordwijk M. (ed.): Sustainable development through trees on farms: agroforestry in its fifth decade. ICRAF Southeast Asia Regional Program. Bogor, Indonesia. pp 153 174.
- Gbegbelegbe S, Serem J, Stirling C, Kyazze F, Radeny M, Michael Misiko M, Tongruksawattana S, Nafula L, Gakii M, Sonder K. 2018. Smallholder farmers in eastern Africa and climate change: a review of risks and adaptation options with implications for future adaptation programmes. *Climate and Development* 10(4): 289-306.
- GCF (Global Climate Fund) 2014. Initial Results Management Framework of the Fund (Progress Report). Agenda item 8 GCF/B.06/04 9. Meeting of the Board 19-21 February 2014. Bali, Indonesia.
- GEDI MM. 2019. Administration of devolved water services: Transformational Leadership, Planning and Water Provision in Arid and Semi-Arid Lands in Kenya. PhD thesis. Management University of Africa. Kenya.
- GEF (Global Environment Facility) 2012. Climate change adaptation – LDCF/SCCF Adaptation monitoring and assessment tool (AMAT), guidance note. GEF.
- GEF 2014. Updated results-based management framework for adaptation to climate change under the least developed countries fund and the special climate change fund. GEF, Washington DC.
- GEF 2016. GEF Corporate Scorecard and Results Based Management Action Plan: Update on Progress and Planned Work. GEF/C.50/03. GEF, Washington DC.
- Gessesse D, Zerihun M, 2017. Sustainable Land Management for Agricultural Risk Management. *Agricultural Risk Management in Africa*, p.30.
- Gharajedaghi J. 2012. Chapter 1. How the Game Is Evolving. *Systems Thinking (Third Edition)*. Morgan Kaufmann. pp 3-24.
- Giller KE, Tittonell P, Rufino MC, et al. 2011. Communicating complexity: integrated assessment of trade-offs concerning soil fertility management within African farming systems to support innovation and development. *Agric. Syst.* 104:191-203.
- Giordano S. 2014. Climate change vulnerability and risk - key concepts Available at: [Vulnerability_Risk_FGiordano\(lifeseadapt.eu\)](http://Vulnerability_Risk_FGiordano(lifeseadapt.eu))
- Githeko AK. 2021. Health related vulnerabilities and enabling institutions to facilitate responses to climate change in East Africa. *East Africa Science* 3(1):1-18.

- Glantz MH, Pierce GE. 2021. Forecast Hesitancy: Why are People Reluctant to Believe, Accept or Respond to Various Weather, Water and Climate Hazard-Related Forecasts? *International Journal of Disaster Risk Science* 12:600–609.
- Global Fund 2020. Community-based monitoring: An Overview.
- Godfray HCJ, Garnett T. 2014. Food security and sustainable intensification. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 369: 20120273.
- Godwin NR. 2003. Five Kinds of Capital: Useful Concepts for Sustainable Development. Global development and environment institute. Working paper NO. 03-07.
- Gold M, Cernusca M, Hall M. (eds.) 2013. Training Manual for Applied Agroforestry Practices. Available at: www.centerforagroforestry.org
- Gossner MM, Beenken L, Arend K, Begerow D, Peršoh D. 2021. Insect herbivory facilitates the establishment of an invasive plant pathogen. *ISME Communications* 1(1):1-8.
- Gott J, Morgenstern R, Turnšek M. 2019. Aquaponics for the Anthropocene: Towards a 'Sustainability First' Agenda. In *Aquaponics Food Production Systems*, Springer, Cham, pp. 393-432.
- Gowing J, Walker D, Parkin G, Forsythe N, Haile AT, Ayenew DA. 2020. Can shallow groundwater sustain small-scale irrigated agriculture in sub-Saharan Africa? Evidence from NW Ethiopia. *Groundwater for Sustainable Development* 10:100290.
- Green Climate Fund 2020. Updated Strategic Plan for the Green Climate Fund 2020-23. Draft by the Co-Chairs. Meeting of the Board 10-12 March 2020. Geneva, Switzerland Provisional agenda item 9. GCF/B.25/09.
- Gregory P, Ingram JSI, Brklacich M. 2005. Climate change and food security. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 360:2139-2148.
- Guernier V, Hochberg ME, Guégan J-F. 2004. Ecology Drives the Worldwide Distribution of Human Diseases. *PLoS Biol* 2(6): e141. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0020141>
- Guerry A D, Polasky S, Lubchenco J, Chaplin-Kramer R, Daily GC, Griffin R, Ruckelshaus M, Bateman IJ, Duraiappah A, Elmqvist T, Feldman MW, Folke C, Hoekstra J, Kareiva PM, Keeler BL, Li S, McKenzie E, Ouyang Z, Reyers B, Ricketts TH, Rockström J, Tallis H, Vira V. 2015. Natural capital and ecosystem services informing decisions: from promise to practice. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112(24):7348-7355.
- Güil Oumrait N. 2017. Impacts of climate change on global health: a scoping review on the case of malaria. Available at: <http://hdl.handle.net/10230/33091>.
- GWP (Global Water Programme) 2020. The need for an integrated approach. Available at: *The Need for an Integrated Approach - GWP*
- Haas J, Klaassen US, Akhmetzyanov L, den Ouden J. 2020. Does input of rich litter facilitate tree growth and climate response of oak (*Quercus robur*) growing in the neighborhood of black cherry (*Prunus serotina*). Wageningen University and Research Forest Ecology and Management group.
- Hallmeyer K, Tonkonogy B. 2018. Designing Technical Assistance Activities for Adaptation and Resilience Companies. Climate Policy Initiative.
- Hamilton ML, Lubell M. 2019. Climate change adaptation, social capital, and the performance of polycentric governance institutions. *Climatic Change* 152(3):307-326.
- Hänke H, Börjeson L, Hylander K, Enfors-Kautsky E. 2016. Drought tolerant species dominate as rainfall and tree cover returns in the West African Sahel. *Land Use Policy* 59:111-120.

- Hapeman K. 2012. The Effects of Politics on Natural Disasters: Lessons Learned from Bangladesh. Available at: https://www.du.edu/korbel/crric/media/documents/katie_hapeman1.pdf
- Harder DL, Tokarski KO. 2018. The power to change a social system. In *Organizational Behaviour and Human Resource Management* (pp. 49-72). Springer, Cham.
- Harrus S, Baneth G. 2005. Drivers for the emergence and re-emergence of vector-borne protozoal and rickettsial organisms. *International journal for parasitology* 35:1309–1318.
- Hart SJ, Henkelman J, McLoughlin PD, Nielsen SE, Truchon-Savard A, Johnstone. JF. 2019. Examining forest resilience to changing fire frequency in a fire-prone region of boreal forest. *Global change biology* 25(3):869-884.
- Hathie I, Seydie B, Samaké L, Sakho-Jimbira S, 2017. Ending rural hunger: the case of Senegal. Available at: <https://www.africaportal.org/publications/ending-rural-hunger-case-senegal/>
- Heikkilä TV, Grönqvist R, Jurvélius M. 2010. *Wildland fire management handbook for trainers*. FAO. Rome.
- Helmore K. 2013. *Laying the Foundations for Climate Resilient Development: Voices from Africa*. Africa Adatation Programme. UNDP.
- Hernandez JGV, Pallagst K, Hammer P. 2018. Urban Green Spaces as a Component of Ecosystem Functions, Services, Users, Community Involvement, Initiatives and Actions. *Int J Environ Sci Nat Res* 8(1)
- Hertel TW, de Lima CZ. 2020. Climate impacts on agriculture: Searching for keys under the street-light. *Food Policy* 95:101954.
- Holling CS. 1996. Engineering Resilience versus Ecological Resilience. In Schulze, P.E. (Ed.): *Engineering within Ecological Constraints*. National Academy Press, Washington DC, 31-43.
- Holling CS. 1973. Resilience and stability of ecosystems. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 4:1-23.
- Holmgren M, Sörqvist, P. 2018. Are Mental Biases Responsible for the Perceived Comfort Advantage in “Green” Buildings? *Buildings* 8(2):20.
- Hooli LJ. 2016. Resilience of the poorest: coping strategies and indigenous knowledge of living with the floods in Northern Namibia. *Reg Environ Change* 16: 695–707.
- Hopper E, Weyman A, 2019. A sociological view of large groups. In *The large group* (pp. 159-189). Routledge.
- Hughes K, Morgan S, Baylis K, Oduol J, Smith-dumont E, Vågen T, Kegode H. 2020. Assessing the downstream socio-economic impacts of agroforestry in Kenya. *World Development* 128:104835.
- Huq S, Rahman A, Konate M, Sokona Y, Reid H. 2003. *Mainstreaming Adaptation to Climate Change in Least Developed Countries (LDCs)*. IIED, London.
- Hutauruk TR, Lahjie AM, Simarangkir BDAS, Aipassa MI, Ruslim Y. 2018. Setulang forest conservation strategy in safeguarding the conservation of non-timber forest products in Malinau District. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 144(1): 012055. IOP Publishing.
- Hwang T, Martin KL, Vose JM, Wear D, Miles B, Kim Y, Band LE. 2018. Nonstationary hydrologic behavior in forested watersheds is mediated by climate-induced changes in growing season length and subsequent vegetation growth. *Water Resources Research* 54: 5359–5375.

- Ibáñez I, Acharya K, Juno E, Karounos C, Lee BR, McCollum C, Tourville J. 2019. Forest resilience under global environmental change: Do we have the information we need? A systematic review. *PloS one*. 14(9):e0222207.
- Ibrahim MB, Gaya AA. 2016. Mitigating Desertification Through Shelter Belts: Review of Concept and its application in Northern Nigeria. *Research Journal of Geography* 3(2).
- IIED 2014. Monitoring and evaluating climate adaptation: a review of GCCA experience. Available at: <http://pubs.iied.org/17253IIED>
- IISD (International Institute for Sustainable Development) 2011. Summary of CRiSTAL: Community-based Risk Screening Tool - Adaptation & Livelihoods. IISD/ IUCN/SEI.
- IISD 2018. GLF Africa 2018 Calls for Increased Global Ambition on Ecosystem Restoration. Global Landscape Forum.
- International Conference on Water and the Environment 1992. The Dublin Statement on Water and Sustainable Development adopted January 31, 1992, in Dublin, Ireland. UN Documents
- Gathering a body of global agreements. The Dublin Statement on Water and Sustainable Development - UN Documents: Gathering a body of global agreements (un-documents.net)
- INTRAC 2018. Reporting. M&E Universe. Available at: [Reporting.pdf](http://intrac.org/Reporting.pdf) (intrac.org)
- IPBES Media Release. Worsening Worldwide Land Degradation Now 'Critical', Undermining Well-Being of 3.2 billion People. Available at <https://bit.ly/2l6BdVF>.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 1990. Climate Change. Scientific assessment. In Houghton JT, Jenkins GJ, Ephraums JJ (eds). WMO-UNEP. Cambridge University Press. NY.
- IPCC 2001. Climate Change 2001: Synthesis Report. A Contribution of Working Groups I, II, and III to the Third Assessment Report of the IPCC. In Watson, R.T. and the Core Writing Team (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, USA. 398 pp.
- IPCC 2001. Climate change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. In: JJ McCarthy JJ, Canziani OF, Leary NA, Dokken DJ, White KS (Eds.). IPCC Working Group II, Third Assessment Report. Cambridge University Press. USA.
- IPCC 2007a. Climate change 2007: synthesis report. IPCC Fourth Assessment Report. Geneva, Switzerland.
- IPCC 2007b. Appendix I: Glossary. In M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson (eds.). Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report.
- IPCC 2011. Summary for Policymakers. IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. In: Edenhofer O. et al. (eds.). Cambridge University Press. Cambridge, UK and New York, USA.
- IPCC 2012. Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. A special report of working groups I and II of the IPCC. Cambridge University Press. Cambridge, UK and New York, USA. 582p.
- IPCC 2013. Climate change 2013: the physical science basis. Contribution of Working Group 1 to the Fifth Assessment Report of the IPCC. In Stocker TF, Qin D, Plattner G-K, Tignor M, Allen SK, Boschung J, Nauels A, Xia Y, Bex V, Midgley PM (eds). Cambridge University Press. Cambridge, UK and New York, USA. pp 1535.

- IPCC 2014. Climate change 2014. Impact, adaptability and vulnerability. Part A. Global and sectorial aspects. Contribution of working group II to the fifth assessment report of the IPCC. Field CB, Barros VR, Dokken DJ, et al. (eds.) Cambridge University Press. Cambridge. UK. 1132p
- IPCC 2019. Summary for Policymakers. In: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. Shukla PR. et al. (eds.), in press.
- IRENA 2019. Renewable capacity statistics 2019, International Renewable Energy Agency (IRENA). Abu Dhabi.
- Isling 2016. Ecological Concept: Resilience and Resistance. Davidson College.
- IUCN (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources) 2008. International Conference Proceedings: The Role of NTFPs in Poverty Alleviation and Biodiversity Conservation. IUCN, Hanoi, Vietnam. 260 pp.
- IUCN, RSPB, English Nature 2004. Climate Change and Nature: Adapting for the Future.
- IUCN 2020. Bonn Challenge Regional Action. Available at: Regional Action | Bonchallenge (bonchallenge.org)
- IUCN 2021 Forest landscape restoration. Available at: Forest landscape restoration | IUCN
- Jepkemei TR, Christopher O, Agnes N, Kibet N, Rhoda B, Maling'a Joyce OP. 2017. The Collective Learning Community for Climate Change Adaptation in Maucho Ward of Njoro Sub- County, Kenya. Universal Journal of Agricultural Research 5(2):164-175.
- Jiménez Cisneros BE, Oki T, Arnell NW, Benito G, Cogley JG, Döll P, Jiang T, Mwakalila SS. 2014. Freshwater resources. In Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of IPCC [Field CB, Barros VR, Dokken DJ, et al. (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge, UK and New York, USA, pp. 229-269.
- Jiru EB, Wari BN. 2019. Role of Vetiver Grass (*Vetiver zizanioides*) for soil and water conservation in Ethiopia. International Journal of Agricultural Economics 4(3):87.
- Jolly WM, Nemani R, Running SW. 2005. A generalized, bioclimatic index to predict foliar phenology in response to climate. Global Change Biology 11(4):619-632.
- Kalame FB, Aidoo R, Nkem J, Ajayie OC, Kanninen M, Luukkanen O, Idinoba M. 2011. Modified taungya system in Ghana: a win-win practice for forestry and adaptation to climate change? Environmental Science & Policy 14(5):519-530.
- Kalungu JW, Filho WL, Mbugue DO, Cheruiyot HK. 2015. Assessing the Impact of Rainwater Harvesting Technology as Adaptation Strategy for Rural Communities in Makueni County, Kenya. In Leal Filho W. (ed): Handbook of Climate Change Adaptation. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Kangas A, Korhonen KT, Packalen T, Vauhkonen J. 2018. Sources and types of uncertainties in the information on forest-related ecosystem services. Forest Ecology and Management 427:7-16.
- Karani I, Mayhew J, Anderson S. 2015. Tracking adaptation and Measuring Development in Isiolo County, Kenya. New Directions for Evaluation 147: 75-87.
- Kareem B, Lwasa S, Tugume D, Mukwaya P, Walubwa J, Owuor S, Kasaija P, Sseviiri H, Nsangi G, Byarugaba D. 2020. Pathways for resilience to climate change in African cities. Environmental Research Letters 15(7):073002.

- Karimi V, Karami E, Karami S, Keshavarz M. 2021. Adaptation to climate change through agri-cultural paradigm shift. *Environment, Development and Sustainability* 23(4):5465-5485.
- Kassa G. 2021. Agroforestry, a pathway to climate smart agribusiness: Lessons to smallholder farmers. *Research Square* 1-20.
- Katengeza SP, Holden ST, Lunduka RW. 2019. Adoption of Drought Tolerant Maize Varieties under Rainfall Stress in Malawi. *J Agric Econ*, 70:198-214.
- Kathuli P, Itabari J. 2015. In situ soil moisture conservation: utilization and management of rainwater for crop production in Adapting African Agriculture to Climate Change. pp. 127–142, Springer, Berlin, Germany.
- Kelly PM, Adger WN. 2000. Theory and practice in assessing vulnerability to climate change and facilitating adaptation. *Climatic Change* 47:325–352.
- Kennedy M. 2020. Why are swarms of locusts wreaking havoc in East Africa? NPR. Available at: <https://n.pr/2zkJciW>
- Kerhoulas LP, Kolb TE, Hurteau MD, Koch GW. 2013. Managing climate change adaptation in forests: a case study from the US Southwest. *J Appl Ecol* 50:1311–1320.
- Kerr CA. 2012. Drought resilience of maize-legume agroforestry systems in Malawi. PhD thesis. University of California, Berkeley.
- Khalil MB, Jacobs BC, McKenna K, Kuruppu N. 2020. Female contribution to grassroots innovation for climate change adaptation in Bangladesh. *Climate and Development* 12(7):664–676.
- Khan 2008. Disaster management cycle – a theoretical approach. Available at: Microsoft Word - 6 Khan Pakistan FFF.doc (mnmk.ro)
- Khan AS, Yi H, Zhang L, Yu X, Mbanzamihigo E, Umuhumuza G, Ngoga T, Yevide SIA. 2019. An integrated social-ecological assessment of ecosystem service benefits in the Kagera River Basin in Eastern Africa. *Regional Environmental Change* 19(1):39-53.
- Kihila JM. 2018. Indigenous coping and adaptation strategies to climate change of local communities in Tanzania: a review. *Climate and Development* 10(5):406-416.
- Killeen TJ, Solórzano LA. 2008. Conservation strategies to mitigate impacts from climate change in Amazonia. *Philosophical Transactions of the Royal Society* 363.
- Kimaro J. 2019. A Review on Managing Agroecosystems for Improved Water Use Efficiency in the Face of Changing Climate in Tanzania. *Advances in Meteorology* Article ID 9178136, 12 pp. <https://doi.org/10.1155/2019/9178136>
- Kline KL, Dale V. 2020. Protecting biodiversity through forest management: Lessons learned and strategies for success. *International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources* 26(4).
- Kling MM, Auer SL, Comer PJ, Ackerly DD, Hamilton H. 2020. Multiple axes of ecological vulnerability to climate change. *Global change biology* 26(5):2798-2813.
- Konijnendijk CC, Annerstedt M, Nielsen AB, Maruthaveeran S. 2013. Benefits of Urban Parks. A systematic review. IFPRA.
- Korner C, Basler D. 2010. Phenology Under Global Warming. *Science* 327(5972):1461– 1462.
- Krause D, Schwab M, Birkmann J. 2015. An Actor-Oriented and Context-Specific Framework for Evaluating Climate Change Adaptation. *New Directions for Evaluation* 147:37-48.

- Krosby M, Theobald DM, Norheim R, McRae BH. 2018. Identifying riparian climate corridors to inform climate adaptation planning. *PLoS one* 13(11):e0205156.
- Krumm F, Bollmann K, Brang P, Schulz-Marty T, KÜchli C, Schuck A, Rigling A. Context and solutions for integrating nature conservation into forest management: an overview. In Krumm F, Schuck A, Rigling A (Eds.): *How to balance forestry and biodiversity conservation. A view across Europe*. European Forest Institute (EFI), Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research (WSL). (pp. 10-25).
- Kuhl L, van Maanen K, Scyphers S. 2020. An analysis of UNFCCC-financed coastal adaptation projects: Assessing patterns of project design and contributions to adaptive capacity. *World Development* 127:104748.
- Kulakowski D, Seidl R, Holeksa J, Kuuluvainen T, Nagel TA, Panayotov M, Svoboda M. et al. 2017. A walk on the wild side: disturbance dynamics and the conservation and management of European mountain forest ecosystems. *Forest ecology and management* 388:120-131.
- Kumamoto M, Mills A. 2012. What African countries perceive to be adaptation priorities: results from 20 countries in the Africa adaptation programme, *Climate and Development* 4 (4):265-274.
- Kumar S. 2020. Social, Economic and Environmental Impacts of Renewable Energy Resources. Chapter 11. In Okedu KE, Tahour A, Aissaou AG. (Eds.): *Wind Solar Hybrid Renewable Energy System*. IntechOpen. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.89494>
- Kuyah S, Sileshi GW, Nkurunziza L, Chirinda N, Ndayisaba PC, Dimobe K, Öborn I, 2021. Innovative agronomic practices for sustainable intensification in sub-Saharan Africa. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 41(2):1-21.
- La CH, Liao PC, Chen SH, WangYC, Cheng C, Wu CF. 2021. Risk Perception and Adaptation of Climate Change: An Assessment of Community Resilience in Rural Taiwan. *Sustainability* 13(7):3651.
- Laczko F, Aghazarm C. (Eds) 2009. *Migration, Environment and Climate Change: Assessing the Evidence*. International Organization for Migration, Geneva, pp. 7-40.
- Lambin EF, Meyfroidt P. 2011. Global land use change, economic globalization, and the looming land scarcity. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 108:3465–3472.
- Lamhauge N, Lanzi E, Agrawala S, Mullan M, Kingsmill N, Kramer AM. 2011. Monitoring and evaluation for adaptation. Conceptual Paper. OCDE.
- Lane E, Dean S, Paulik R, Blackett P, White I, Serrao-Neumann S, Wilson M. 2020. Reducing flood inundation hazard and risk. In Ministry for the Environment, Wellington.
- Langat DK, Maranga EK, Aboud AA, Cheboiwo JK. 2016. Role of Forest Resources to Local Livelihoods: The Case of East Mau Forest Ecosystem. Kenya. *International Journal of Forestry Research*. 10 p. Available at: <https://doi.org/10.1155/2016/4537354>
- Langill S, Ndathi AJN. 1998. Indigenous knowledge of desertification: A progress report from the Desert Margins Program in Kenya. People, Land and Water Series Report 2. IDRC, Ottawa.
- Lavell A, Oppenheimer M, Diop C, Hess J, Lempert R, Li J, Muir-Wood R, Myeong S. 2012. Climate change: new dimensions in disaster risk, exposure, vulnerability and resilience. In: *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*. In Field, CB, et al (eds.): *A Special Report of Working Groups I and II of the IPCC*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, USA, pp. 25-64.

- Layton RH. 2020. Adaptation and cumulative processes in human prehistory. McDonald Institute for Archaeological Research. Chapter 7. Pp. 103-114.
- Least Developed Countries Expert Group 2012. National Adaptation Plans. Technical guidelines for the national adaptation plan process. UNFCCC secretariat. Bonn, Germany. Available at: <http://unfccc.int/NAP>.
- Lemelin R, Dawson J, Stewart EJ. (eds.) 2012. Last Chance Tourism: Adapting Tourism Opportunities in a Changing World. Routledge. Abingdon, Oxon, UK.
- Levin S. 2015. Ecological resilience. Encyclopaedia Britannica. Available at: <https://www.britannica.com/science/ecological-resilience>
- Levina E, Tirpak D. 2006. Adaptation to Climate Change: Key Terms, OCDE/IEA COM/ENV/EPOC/IEA/SLT.1 (Paris; OCDE),
- Lézine AM, Izumi K, Kageyama M, Achoundong G. 2019. A 90,000-year record of Afromontane forest responses to climate change. *Science* 363(6423):177-181.
- Liang L, Gong P. 2017. Climate change and human infectious diseases: A synthesis of research findings from global and spatio-temporal perspectives. *Environment international* 103:99-108.
- Lin BB. 2010a. Agroforestry Adaptation and Mitigation Options for Smallholder Farmers Vulnerable to Climate Change. 95th ESA Annual Convention. DOI: 10.1201/b17775-12
- Lin BB. 2010b. The role of agroforestry in reducing water loss through soil evaporation and crop transpiration in coffee agroecosystems, *Agricultural and Forest Meteorology* 150(4):510-518.
- Lin BB. 2011. Resilience in Agriculture through Crop Diversification: Adaptive Management for Environmental Change. *BioScience* 61(3):183-193.
- Lister N-M, Kay JJ, Bocking S. 2019. Celebrating diversity: adaptive planning and biodiversity conservation. In *Biodiversity in Canada*. University of Toronto Press, pp. 189-218.
- Liwenga ET. 2003. Food insecurity and coping strategies in semi-arid areas: The Case of Mvumi in Central Tanzania. PhD Dissertation No. 11. Stockholm Studies in Human Geography, Stockholm University, Sweden.
- Locatelli B, Kanninen M, Brockhaus M, Colfer CJP, Murdiyarso D, Santoso H. 2008. Facing an uncertain future: How forests and people can adapt to climate change. *Forest Perspectives* no. 5. CIFOR, Bogor, Indonesia.
- López I, Pardo M. 2018. Socioeconomic indicators for the evaluation and monitoring of climate change in national parks: an analysis of the Sierra de Guadarrama National Park (Spain). *Environments* 5(2):25.
- López-Vicente M, Wu GL. 2019. Soil and water conservation in agricultural and forestry systems.
- Lovell ST, Taylor JR. 2013. Supplying urban ecosystem services through multifunctional green infrastructure in the United States. *Landscape Ecol.* 28:1447-1463.
- Lucky UA, de Guzman LI, Fadare SA. 2021. Diffusing entrepreneurial innovation and tourism: Empirical evidence of permaculture. *International Journal of Business Studies* 5(2):118-137.
- Ludena CE, Yoon SW, Sánchez-Aragón L, Miller S, Yu B-K. 2015. Vulnerability Indicators of Adaptation to Climate Change and Policy Implications for Investment Projects. Inter-American Development Bank, Technical Note No. 858, Washington DC.
- Ludena CE, Yoon SW. 2015. Local Vulnerability Indicators and Adaptation to Climate Change: A Survey. Inter-American Development Bank, Technical Note No. 857 (IDB-TN857), Washington DC.

- Luhmann N. 2020. Organization, membership and the formalization of behavioural expectations. *Systems Research and Behavioral Science* 37(3):425-449.
- Luke SH, Slade EM, Gray CL, et al. 2019. Riparian buffers in tropical agriculture: scientific support, effectiveness, and directions for policy. *Journal of Applied Ecology* 56: 85– 92.
- Luo P, Zhou M, Deng H, Lyu J, Cao W, Takara K, Nover D, Schladow. SJ. 2018. Impact of forest maintenance on water shortages: Hydrologic modeling and effects of climate change. *Science of the Total Environment* 615:1355-1363.
- Luther J, Hainsworth A, Tang X, Harding J, Torres J, Fanchiotti M. 2017. Concerted International Efforts for Advancing Multi-Hazard Early Warning Systems. WMO.
- Macchi M, Oviedo G, Gotheil S, Kross K, Boedihartono A, Wolfangel C, Howell M. 2008. Indigenous and traditional peoples and climate change. IUCN Issues Paper. Available at: http://cmsdata.iucn.org/downloads/indigenous_peoples_climate_change.pdf
- MacDonald AM, Bonsor HC, Dochartaigh BEO, Taylor RG. 2012. Quantitative maps of groundwater resources in Africa. *Environmental Research Letters* 7(2):1748-9326.
- Mack O, Khare A. 2016. Perspectives on a VUCA World. In Mack O., Khare A., Krämer A., Burgartz T. (eds.): *Managing in a VUCA World*. Springer, Cham.
- Magnan A. 2014. Avoiding maladaptation to climate change: towards guiding principles. *Surveys and Perspectives Integrating Environment and Society* 7(1).
- Magnan AK, Schipper ELF, Burkett M et al. 2016. Addressing the risk of maladaptation to climate change. Advanced review. *WIREs Clim Change* 7:646–665.
- Maikut C. nd. Update on the Adaptation Benefit Mechanism. Available at: Microsoft PowerPoint - ABM Presentation Art 6.8 Roundtable 5 November Uganda.pptx (unfccc.int).
- Makate C, Makate M, Mango M, Siziba S. Increasing resilience of smallholder farmers to climate change through multiple adoption of proven climate-smart agriculture innovations. Lessons from Southern Africa. *Journal of Environmental Management* 231: 858-868.
- Malhi Y, Franklin J, Seddon N, Solan M, Turner M G, Field CB, Knowlton N. 2020. Climate change and ecosystems: threats, opportunities and solutions. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 375.
- Malik A, Qin X, Smith SC. 2010. *Autonomous Adaptation to Climate Change: A Literature Review*.
- Mallawaarachchi T, Foster A. 2009. Dealing with irrigation drought: the role of water trading in adapting to water shortages in 2007-08 in the southern Murray-Darling Basin, ABARE research report 09.6 to the Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts, Canberra,
- Mandumbu R, Nyawenze C, Rugare JT, Nyamadzawo G, Parwada C, Tibugari. H. 2020. Tied Ridges and Better Cotton Breeds for Climate Change Adaptation. In W. Leal Filho et al. (eds.): *African Handbook of Climate Change Adaptation*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-42091-8_23-1
- Mango LM, Melesse AM, McClain ME, Gann D, Setegn SG. 2011. Land use and climate change impacts on the hydrology of the upper mara river basin, Kenya: results of a modeling study to support better resource management, *Hydrology and Earth System Sciences* 15(7):2245–2258.
- Manoa DO, Oloo T, Kasaine S. 2017. The Efficiency of the Energy Saving Stoves in Amboseli Ecosystem - Analysis of Time, Energy and Carbon Emissions Savings. *Open Journal of Energy Efficiency* 6:87-96.

- Marten GG. 2001. Human Ecology - Basic Concepts for Sustainable Development. Chapter 4 - Ecosystems and Social Systems as Complex Adaptive Systems. EarthScan Publications. 256p.
- Martin SF, Bergmann J, Rigaud KK, Yameogo ND. 2020. Climate Change, Internal Displacement and Development: Submission to the UN High Panel on Internal Displacement.
- Mauambeta DDC. 1999. Sustainable management of indigenous forests in Mwanza East, Malawi: an innovative approach to community-based natural resource management projects. Proceedings of the international workshop on community forestry in Africa on "participatory forest management: a strategy for sustainable forest management in Africa". 26-30 April 1999 Banjul, the Gambia. pp 95-104.
- Mbow C, Smith P, Skole D, Duguma L, Bustamante M. 2014. Achieving mitigation and adaptation to climate change through sustainable agroforestry practices in Africa. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 6:8-14.
- Mbukwa JN. 2014. Some aspects of correlation of physical capital and infrastructures on household food security: evidence from rural Tanzania. *Journal of Economics and Sustainable Development* 5(9):26-34.
- McCarthy JJ, Canziani OF, Leary NA, Dokken DJ, White KS. (eds.) 2001. *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge University Press.
- McGrath J M, Lobell DB. 2013. Regional disparities in the CO₂ fertilization effect and implications for crop yields. *Environmental Research Letters* 8(1):014054.
- Mehta L, Adam HN, Srivastava S. 2019. Unpacking uncertainty and climate change from 'above' and 'below'. *Reg Environ Change* 19:1529–1532.
- Mendelsohn, R.O. and Massetti, E., 2017. The use of cross-sectional analysis to measure climate impacts on agriculture: theory and evidence. *Review of Environmental Economics and Policy* 11(2):280-298.
- Menghistu HT, Abraha AZ, Tesfay G, Mawcha GT. 2020. Determinant factors of climate change adaptation by pastoral/agro-pastoral communities and smallholder farmers in sub-Saharan Africa: a systematic review. *International Journal of Climate Change Strategies and Management* 12(3): 305-321.
- Mequannt M, Fikadu Y, Mebrahtu H, Filmon T. 2020. Farmers' choices and factors affecting adoption of climate change adaptation strategies: evidence from north-western Ethiopia. *Heliyon* 6(4).
- Mersha AA, van Laerhoven F. 2018. The interplay between planned and autonomous adaptation in response to climate change: Insights from rural Ethiopia. *World Development* 107:87-97.
- Mertz O, Mbow C, Reenberg A, Diouf A. 2009. Farmers' Perceptions of Climate Change and Agricultural Adaptation Strategies in Rural Sahel. *Environmental Management* 43:804-816.
- Meynard CN, Lecoq M, Chapuis PM, Piou C. 2020. On the relative role of climate change and management in the current desert locust outbreak in East Africa. *Global Change Biology* 26:3753–3755.
- Mfitumukiza D, Barasa B, Carter L, Nankya AM, Nansamba G, Okiror JF, Lukanda I, Sengendo M, Mbogga MS. 2017. The contribution of farmer field schools in facilitating smallholder farmer's adaptation to drought in Kiboga District, Uganda. *International Journal of Agriculture and Forestry* 7(3):67-75.
- Micale V, Tonkonogy B, Mazza F. 2018. Understanding and Increasing Finance for Climate Adaptation in Developing Countries. Climate Policy Initiative report. GIZ.
- Millennium Ecosystem Assessment 2005. *Ecosystems and human well-being: Biodiversity synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC, USA.

- Misebo AM. 2018. The Role of Agronomic Practices on Soil and Water Conservation in Ethiopia. Implication for Climate Change Adaptation: A Review. *Journal of Agricultural Science* 10(6). Canadian Center of Science and Education.
- Mitchell T, Maxwell S. 2010. *Defining climate compatible development*. London: CDKN.
- Mitter H, Schönhart M, Larcher M, Schmid E. 2018. The Stimuli-Actions-Effects-Responses (SAER) - framework for exploring perceived relationships between private and public climate change adaptation in agriculture. *Journal of environmental management* 209:286-300.
- Mngumi LE. 2020. Ecosystem services potential for climate change resilience in peri-urban areas in Sub-Saharan Africa. *Landscape and Ecological Engineering* 16 (2):187-198.
- Mock N B, Béné C, Constatas M, Frankenberger T. 2015. *Systems Analysis in the Context of Resilience*. Resilience Measurement Technical Working Group. Technical Series No. 6. Food Security Information Network. FAO, Rome. Available at: http://www.fsincop.net/fileadmin/user_upload/fsin/docs/resources/FSIN_TechnicalSeries_6.pdf
- Mordecai EA, Ryan SJ, Caldwell JM, Shah MM, LaBeaud AD. 2020. Climate change could shift disease burden from malaria to arboviruses in Africa. *The Lancet Planetary Health* 4 (9):e416-e423.
- Morissette J. 2020. Identification of tools for implementing an ecosystem-based approach to species recovery under the Species at Risk Act. <http://hdl.handle.net/10222/80259>
- Mortsch LD. 2006. Impact of climate change on agriculture, forestry and wetlands. In Bhatti, J., Lal, R., Apps, M. and Price, M. (eds.): *Climate change and managed ecosystems*. pp. 45–67. Taylor and Francis, CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Moseley WG. 2016. *Agriculture on the Brink: Climate Change, Labor and Smallholder Farming in Botswana*. Land 5:21.
- Moser SC, Ekstrom JA. 2010. A framework to diagnose barriers to climate change adaptation. *Proc. of the National Academy of Sciences* 107 (51):22026-22031.
- Moubarakatou T. 2017. *Factors Affecting Household Participation in Non-Timber Forest Products Market In Eastern Uganda* (Doctoral dissertation, University of Nairobi).
- Msalilwa U, Augustino S, Gillah PR. 2013. Community perception on climate change and usage patterns of non-timber forest products by communities around Kilolo District, Tanzania. *Ethiopian Journal of Environmental Studies and Management* 6 (5):507–516.
- Mucheru-Muna M, Waswa F, Mairura FS. 2017. Socio-economic factors influencing utilisation of rainwater harvesting and saving technologies in Tharaka South, Eastern Kenya. *Agricultural Water Management* 194:150-159.
- Muoghalu IJ. 2014. Vulnerability of biophysical and socioeconomic systems in moist tropical forests in west and central Africa to climate change. *African Forest Forum. Working Paper Series 2* (13): 45 pp. Available at: [English_73.pdf](#) (afforum.org).
- Muronzi H, Mukarwi L. 2019. Smallholder Farmers' Adaptive Capacity to Climate Change and Variability in Zimbabwe. In: *The Sustainability Ethic in the Management of the Physical, Infrastructural and Natural Resources of Zimbabwe*. DOI: 10.2307/j.ctvmd84s6.17
- Murphy B, Corbyn D. 2013. *Energy and Adaptation Exploring how energy access can enable climate change adaptation*. Practical Action consulting. PISCES. UK.

- Musarandega H, Chingombe W, Pillay R. 2018. Harnessing local traditional authorities as a potential strategy to combat the vagaries of climate change in Zimbabwe. *Journal of Disaster Risk Studies* 10(1):1-6.
- Musinguzi P, Ebanyat P, Basamba TA, Tumuhairwe JB, Opolot E, Olupot G, Tenywa JS, Mwanjalolo JGM. 2021. Sustainable Land Management Paradigm: Harnessing Technologies for Nutrient and Water Management in the Great Lakes Region of Africa. In *Sustainability in Natural Resources Management and Land Planning* (pp. 185-200). Springer, Cham.
- Mutanga S, Simelane T, Mujuru M. 2018. Africa at a Crossroads: Future Prospects for Africa after 50 Years of the Organisation of African Unity/African Union. *Africa Institute of South Africa* 24-25.
- Muthee KW, Mbow C, Macharia GM, Leal-Filho W. 2017. Ecosystem services in adaptation projects in West Africa. *Intern. Journal of Climate Change Strategies and Management* 10 (4):533-550.
- Mwangi E, Meinzen-Dick R, Sun Y. 2011. Gender and sustainable forest management in East Africa and Latin America. *Ecology and Society* 16(1):17.
- Myeni L, Moeletsi ME, Clulow AD. 2019. Present status of soil moisture estimation over the African continent. *Journal of Hydrology: Regional Studies* 21:14-24.
- Myers SS, Zanobetti A, Kloog I, Huybers P, Leakey AD, Bloom AJ, (et al.) 2014. Increasing CO2 threatens human nutrition. *Nature* 510(7503):139.
- Myers SS, Smith MR, Guth S, Golden CD, Vaitla B, Mueller ND, Dangour AD, Huybers P. 2017. Climate Change and Global Food Systems: Potential Impacts on Food Security and Undernutrition. *Annual Review of Public Health* 38(1): 259-277.
- Nagothu US, Bloem E, Borrell A. 2018. Agricultural development and sustainable intensification: Technology and policy innovations in the face of climate change. In: *Agricultural Development and Sustainable Intensification* (pp. 1-22). Routledge.
- Nassary EK, Baijukya F, Ndakidemi PA. 2019. Sustainable intensification of grain legumes optimizes food security on smallholder farms: a review. *International Journal of Agriculture and Biology* 23:25-41.
- National Academy of Engineering 2018. Adaptability of the US Engineering and Technical Work-force. *Proceedings of a Workshop*. pp 5-44.
- National Research Council 2009. *Emerging Technologies to Benefit Farmers in Sub-Saharan Africa and South Asia*. The National Academies Press. Washington, DC. <https://doi.org/10.17226/12455>.
- National Research Council 2010. *Informing an Effective Response to Climate Change*. The National Academies Press. Washington, DC. <https://doi.org/10.17226/12784>.
- Nciizah T, Nciizah E, Mubekaphi C, Nciizah AD. 2021. Role of Small Grains in Adapting to Climate Change: Zvishavane District, Zimbabwe. In *African Handbook of Climate Change Adaptation*. Springer, Cham. (pp. 581-599)
- Ncube B, Lugardien A. 2015. Insights into indigenous coping strategies to drought for adaptation in Agriculture: A Karoo scenario. Report to the Water Research Commission. WRC Report No 2084/1/15.
- Ndambi OA, Pelster DE, Owino JO, de Buissonje F, Vellinga T. 2019. Manure management practices and policies in sub-Saharan Africa: implications on manure quality as a fertilizer. *Frontiers in Sustainable Food Systems* 3:29.
- Ndhleve S, Nakin MDV, Longo-Mbenza B. 2017. Impacts of supplemental irrigation as a climate change adaptation strategy for maize production: a case of the Eastern Cape Province of South Africa. *Water SA* 43(2):222-228.

- Nelson F. (ed.) 2010. *Community Rights, Conservation and Contested Land: The Politics of Natural Resource Governance in Africa*. Earthscan, New York
- Ng'Andwe P, Chungu D, Ratnasingam J, Ramanantoandro T, Donfack P, Mwitwa J. 2017. Forestry industry development in Zambia: an opportunity for public private partnership for small and medium enterprises. *International Forestry Review* 19(4):467-477.
- Ngigi SN. 2009. *Climate change adaptation strategies: Water resources management options for smallholder farming systems in Sub-Saharan Africa*. The MDG Centre for East and Southern Africa. The Earth Institute at Columbia University, New York. Pp.189.
- Nhamo G, Muchuru S. 2019. Climate adaptation in the public health sector in Africa: Evidence from UNFCCC national communications. *Journal of Disaster Risk Studies*, 11(1):1-10.
- Nhamo L, Mabhaudhi T, Modi AT. 2019. Preparedness or repeated short-term relief aid? Building drought resilience through early warning in southern Africa. *Water SA* 45(1):75-85.
- Niang I, Ruppel OC, Abdrabo MA, Essel A, Lennard C, Padgham J, Urquhart P. 2014. Africa. In *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the IPCC*. In Barros VR, et al. (eds.). Cambridge University Press. Cambridge, UK and New York, USA. pp1199-1265.
- Nicotra AB, Beever EA, Robertson AL, Hofmann GE, O'Leary J. 2015. Assessing the components of adaptive capacity to improve conservation and management efforts under global change. *Conserv. Biol.* 29:1268-1278.
- Nielsen JO, Reenberg A. 2010. Cultural barriers to climate change adaptation: A case study from Northern Burkina Faso. *Glob Environ Change* 20:142-152.
- Njogu HW. 2021. Effects of floods on infrastructure users in Kenya. *Journal of Flood Risk Management*, p.e12746. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12746>
- Nkhonjera GK. 2017. Understanding the impact of climate change on the dwindling water resources of South Africa, focusing mainly on Olifants River basin: A review. *Environmental Science & Policy* 71:19-29.
- Nkomo JC, Gomez B. 2006. *Estimating and Comparing Costs and Benefits of Adaptation Projects: Case Studies in South Africa and the Gambia*.
- Nkonya E, Koo J, Kato E, Johnson T. 2018. Climate risk management through sustainable land and water management in Sub-Saharan Africa. In *Climate Smart Agriculture*. Springer, Cham. (pp. 445-476).
- Noble IR, et al. 2014: Adaptation needs and options. In *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the IPCC*. In Field CB, et al. (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA. pp. 833-868. Available at: 14 — Adaptation Needs and Options (ipcc.ch)
- Northrop E, Biru H, Lima S, Bouye M, Song R. 2016. *Examining the Alignment Between the Intended Nationally Determined Contributions and Sustainable Development Goals*. Working Paper. WRI, Washington DC, USA. Available at: https://www.wri.org/sites/default/files/WRI_INDCs_v5.pdf
- Norwegian Red Cross 2019. *Overlapping vulnerabilities: the impacts of climate change on humanitarian needs*. Norwegian Red Cross, Oslo.
- Nursey-Bray M, Palmer R, Stuart A, Arbon V, Rigney L-I. 2020. Scale, colonisation and adapting to climate change: Insights from the Arabana people, South Australia. *Geoforum* 114:138-150.

- Nyagumbo I, Tesfai M, Nagothu US, Setimela P, Karanja JK, Mutenje M, Madembo C. 2018. Sustainable intensification and maize value chain improvements in sub-Saharan Africa. In *Agricultural Development and Sustainable Intensification* (pp. 52-80). Routledge.
- Nyairo R, Machimura T, Matsui T. 2020. A combined analysis of sociological and farm management factors affecting household livelihood vulnerability to climate change in rural Burundi. *Sustainability* 12(1):4296.
- Nyamwanza AM, New M. 2016. Anticipatory adaptation and the role of decadal climate information in rural African livelihood systems: Lessons from the Mid-Zambezi Valley, Zimbabwe. *International Journal of Climate Change Strategies and Management* 8(2):236-252.
- Nyika J, Adediran AA, Olayanju A, Adesina OS, Edoziuno FO. 2020. The Potential of Biomass in Africa and the Debate on Its Carbon Neutrality. *Biotechnological Applications of Biomass*. Available at: <https://www.intechopen.com/chapters/73230>
- Nyika JM. 2021. Sustainable Ecosystem Management: Challenges and Solutions. In: *Impacts of Climate Change on Agriculture and Aquaculture*. IGI Global 118-139.
- Nyiwul LM. 2019. Climate change mitigation and adaptation in Africa: Strategies, synergies, and constraints. In: *Climate Change and Global Development*. Springer, Cham. (pp. 219-241).
- Nyiwul L. 2021. Innovation and adaptation to climate change: Evidence from the water sector in Africa. *Journal of Cleaner Production* 298:126859.
- O'Connell D, Abel N, Grigg N, Maru Y, Butler J, Cowie A, Stone-Jovicich S, Walker B, Wise R, Ruhweza A, Pearson L, Ryan P, Stafford Smith M. 2016. *Designing projects in a rapidly changing world: Guidelines for embedding resilience, adaptation and transformation into sustainable development projects. (Version 1.0)*. Global Environment Facility, Washington, D.C.
- O'Neal K. 2002. *Effects of Global Warming on Trout and Salmon in U.S. Streams*. Defenders of Wildlife.
- Obia A, Cornelissen G, Martinsen V, Smebye AB, Mulder J. 2020. Conservation tillage and biochar improve soil water content and moderate soil temperature in a tropical Acrisol. *Soil and Tillage Research* 197:104521.
- ODI 2016. *Analysis of resilience measurement frameworks and approaches*. The Resilience Measurement, Evidence and Learning Community of Practice (CoP).
- Oeba VO, Abdourahmane SI. 2019. Role of Tree-Based Systems in Enhancing Food Security and Nutrition. In Leal Filho W, Azul A, Brandli L, Özuyar P, Wall T. (eds): *Zero Hunger. Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals*. Springer, Cham
- Oeba VO, Larwanou M. 2017. *Forestry and Resilience to Climate Change: A Synthesis on Application of Forest-Based Adaptation Strategies to Reduce Vulnerability Among Communities in Sub-Saharan Africa*.
- Oeba VO, Otor SCJ, Kung'u JB, Muchiri MN, Mahamane L. 2018. Soil carbon sequestration differentials among key forest plantation species in Kenya: promising opportunities for sustainable development mechanism. *Agriculture, Forestry and Fisheries* 7(3):65-74.
- OCDE 2002. *Glossary of key terms in evaluation and results-based management*. OCDE/DAC, Paris. <http://www.OCDE.org/development/peer-reviews/2754804.pdf>
- OCDE 2009. *Integrating Climate Change Adaptation into Development Co-operation: Policy Guidance*. OCDE Publishing. 194p

- OCDE 2014. Monitoring and evaluation of climate change adaptation: methodological approaches. OCDE environment working paper no. 74.
- Ofoegbu C, Chirwa P, Francis J, Babalola F. 2017. Assessing vulnerability of rural communities to climate change: A review of implications for forest-based livelihoods in South Africa. *International Journal of Climate Change Strategies and Management* 9(3):374-386.
- Ofoegbu C, Speranza CI. 2021. Discourses on sustainable forest management and their integration into climate policies in South Africa. *International Forestry Review* 23(2):168-181.
- Okaka WT. 2020. Climate Change-Induced Flood Disaster Policy Communication Issues for Local Community Adaptation Resilience Management in Uganda: Climate Information Services for Effective National Flood Risk Assessment Decision Communication. In *Decision Support Methods for Assessing Flood Risk and Vulnerability*, pp. 230-249. IGI Global.
- Okpara JN, Afiesimama EA, Anuforum AC, Owino A, Ogunjobi KO. 2017. The applicability of Standardized Precipitation Index: drought characterization for early warning system and weather index insurance in West Africa. *Natural Hazards* 89(2):555-583.
- Olivero J, Fa JE, Real R, Márquez AL, Farfán MA, Vargas JM, Gaveau DLA, Salim MA, Park D, Suter J, King S, Leendertz SA, Sheil D, Nasi R. 2017. Recent loss of closed forests is associated with Ebola virus disease outbreaks. *Scientific Reports* 7: Article 14291. doi: 10.1038/s41598-017-14727-9
- Onyango AA, Angaine PM, Inoti SK, Owino JO. 2020. Patula pine (*Pinus patula*) cones opening under different treatments for rapid seed extraction in Londiani, Kenya. *Journal of Horticulture and Forestry* 12(2):63-69.
- Onyango SO. 2017. Farmers' knowledge and adaptation practices to climate change in lower Nyakach division of Kisumu county, Kenya. Doctoral dissertation, Maseno University.
- Oppenheimer M, Glavovic BC, Hinkel J, van de Wal R, et al. 2019. Sea Level Rise and Implications for Low-Lying Islands, Coasts and Communities. In: *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*. H.-O. Pörtner, et al. (eds.). In press.
- Orindi V A, Eriksen S H. 2005. *Mainstreaming Adaptation to Climate Change in the Development Process in Uganda*. African Centre for Technology Studies Press, Kenya.
- Osbahr H, Twyman C, Adger WN, Thomas DSG. 2010. Evaluating successful livelihood adaptation to climate variability and change in southern Africa. *Ecology and Society* 15(2):27.
- Osman Balgis N, Elhasssan G, Ahmed H, Zakiieldin S. 2005. Sustainable livelihood approach for assessing community resilience to climate change: Case studies from Sudan. Working Paper No.17 (AIACC Project No. AF14),
- Othniel Yila J, Resurreccion B. 2013. Determinants of smallholder farmers' adaptation strategies to climate change in the semi- arid Nguru Local Government Area, North-eastern Nigeria. *Management of Environmental Quality* 24(3):341-364.
- Otto IM, Reckien D, Reyer CPO, Marcus R, Le Masson V, Jones L, Norton A, Serdeczny O. 2017. Social vulnerability to climate change: A review of concepts and evidence. *Regional environmental change* 17(6):1651-1662.
- Owino JO, Olago D, Wandiga SO, Ndambi A. 2020a. A cluster analysis of variables essential for climate change adaptation of smallholder dairy farmers of Nandi County, Kenya. *African Journal of Agricultural Research* 16(7):1007-1014.

- Owino JO, Olago D, Wandiga SO, Ndambi A. 2020b. Constraints limiting the improvement of manure management as climate smart technology for smallholder dairy farmers. *African Journal of Agricultural Research* 16(8):1155-1168.
- Owino JO, Angaine PM, Onyango AA, Ojunga SO, Otuoma J. 2020c. Evaluating variation in seed quality attributes in *Pinus patula* clonal orchards using cone cluster analysis. *Journal of Forests* 7(1):1-8.
- Owino J, Lomekuya F, Kemboi J, Malala J, Orina A, Ang'elei I, Njeru M, Lukwendah A, Nyambati R, Amwatta J, Cheboiwo J, Muturi GM, Chikamai B. 2020d. Sustainable management of the natural vegetation cover and fish breeding grounds in the western shores of Lake Turkana. *Acad. J. Environ. Sci.* 8(6):96-102.
- Owino JO, Kemboi J, Muturi GM. 2021. Rangeland rehabilitation using micro-catchments and native species in Turkana County, Kenya. *Journal of Ecology and the Natural Environment* 13(2):30-40.
- Pandey S, Shukla R, Saket R, Verma D. 2019. Enhancing carbon stocks accumulation through forest protection and regeneration. A review. *Int. J. Environ.* 8(1):16-21.
- Pandy WR, Rogerson CM. 2018. Tourism and climate change: Stakeholder perceptions of at-risk tourism segments in South Africa. *Euroeconomica* 37(2).
- Pandy, WR. and Rogerson, CM. 2021. Climate change risks and tourism in South Africa: Projections and policy. *GeoJournal of Tourism and Geosites* 35(2):445-455.
- Partey ST, Zougmore RB, Ouédraogo M, Thevathasann NV. 2017. Why Promote Improved Fallows as a Climate-Smart Agroforestry Technology in Sub-Saharan Africa? *Sustainability* 9:1887.
- Paul CJ, Weinthal ES, Bellemare MF, Jeuland MA. 2016. Social capital, trust, and adaptation to climate change: Evidence from rural Ethiopia. *Global Environmental Change* 36:124-138.
- Pauleit S, Fryd O, Backhaus A, Jensen MB. 2013. Green Infrastructure and Climate Change. In Loftness V, Haase D. (eds.): *Sustainable Built Environments*. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5828-9_212
- Paumgarten F, Shackleton CM. 2011. The role of non-timber forest products in household coping strategies in South Africa: the influence of household wealth and gender. *Popul. Environ.* 33(1):108-131.
- Pecl GT, Ogier E, Jennings S, van Putten I, Crawford C, Fogarty H, Frusher S, et al. 2019. Autonomous adaptation to climate-driven change in marine biodiversity in a global marine hotspot. *Ambio* 48(12):1498-1515.
- Pereira L. 2017. Climate Change Impacts on Agriculture across Africa. *Oxford Research Encyclo-pedia. Environmental Science*. DOI: 10.1093/acrefore/9780199389414.013.292. 31p.
- Pereira T, Shackleton S, Donkor FK. 2019. Integrating Climate Change Adaptation (CCA) and Disaster Risk Reduction (DRR) for greater local level resilience: lessons from a multi-stakeholder think-tank. Policy Brief 16. Rhodes University.
- Pfeifer M, Gonsamo A, Woodgate W, Cayuela L, Marshall AR, Ledo A, Paine TCE, et al. 2018. Tropical forest canopies and their relationships with climate and disturbance: results from a global dataset of consistent field-based measurements. *Forest Ecosystems* 5(1):1-14.
- Phan DU, Nakagoshi N. 2007. Analyzing urban green space pattern and eco-network in Hanoi, Vietnam. *Landsc. Ecol. Eng.* 3:143-157.
- Pharo PFI. 2015. Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation. PART II Chapter 17. OCDE Development Co-operation Report 2015.

- Phillips G. 2017. Potential sources of international funding for forestry projects. AfDB.
- Pimentel D. 1993. Climate changes and food supply. *Forum for Applied Research and Public Policy* 8(4):54-60.
- Piper FI, Paula S. 2020. The role of nonstructural carbohydrates storage in forest resilience under climate change. *Current Forestry Reports* 6:1-13.
- Polley HW, Bailey DW, Nowak RS, Stafford-Smith M. 2017. Ecological consequences of climate change on rangelands. In *Rangeland Systems*. Springer, Cham. 229-260.
- Popoola L, Saka J, Amusa TO. 2020. Prospects for public private partnership in Nigerian forestry sector. *African Journal of Rural Development* 4(1):125-140.
- Potdar A, Unnikrishnan S, Singh A. 2019. A framework for climate change management in organisations: a case for India. *World Review of Entrepreneurship, Management and Sustainable Development* 15(3):303-334.
- Pramova E, Locatelli B, Brockhous M, Fohlmeister S. 2012. Ecosystem services in the national adaptation programmes of action. *Climate Policy* 12(4):393-409.
- Pringle P. 2011. *AdaptME: Adaptation monitoring and evaluation*, UK Climate Impacts Programme, Oxford.
- Prinz D. 1986. Increasing the productivity of smallholder farming systems by introduction of planted fallows. *Plant Res. Dev.* 24:31-56.
- Priya UK, Senthil R. 2021. A review of the impact of the green landscape interventions on the urban microclimate of tropical areas. *Building and Environment* 205:108190.
- PROVIA 2013. *PROVIA Guidance on Assessing Vulnerability, Impacts and Adaptation to Climate Change*. Consultation document, UNEP, Nairobi, Kenya. 198 pp.
- Prutsch A, Felderer A, Balas M, König M, Clar C, Steurer R. 2014. *Methods and Tools for Adaptation to Climate Change. A Handbook for Provinces, Regions and Cities*. Environment Agency Austria, Wien.
- Pudyastuti PS, Nugraha NA. 2018. Climate change risks to infrastructures: A general perspective. *AIP Conference Proceedings* 1977, 040030. Available at: <https://doi.org/10.1063/1.5043000>
- Rabaiotti D, Woodroffe R. 2019. Coping with climate change: limited behavioral responses to hot weather in a tropical carnivore. *Oecologia* 189(3):587-599.
- Rai RK, Neupane BK, Sapkota K. 2019. Non-timber Forest Product and its Impacts on Livelihood in the Middle Hill: A Case of Lamjung district, Nepal. *J. of Geography and Geology* 11(4):29-37.
- Rainsford FW, Kelly LT, Steve WJ Leonard SWJ, Bennett AF. 2020. Post-fire development of faunal habitat depends on plant regeneration traits. *Austral. Ecology* 45(6): 800-812.
- Ramirez-Cabral NYZ, Kumar L, Shabani F. 2017. Global risk levels for corn rusts (*Puccinia sorghi* and *P. polysora*) under climate change projections. *Journal of Phytopathology* 165(9):563-574.
- Ramyar R, Zarghami E. 2017. Green infrastructure contribution for climate change adaptation in urban landscape context. *Applied Ecology and Environmental Research*, 15(3):1193-1209.
- Ranger N, Garbett-Shiels S-L. 2012. Accounting for a changing and uncertain climate in planning and policymaking today: lessons for developing countries. *Clim Dev*. doi: 10.1080/17565529.2012.732919
- Rankoana SA., 2020. Climate change impacts on water resources in a rural community in Limpopo province, South Africa: a community-based adaptation to water insecurity. *International Journal of Climate Change Strategies and Management* 12(5):587-598.

- Ransom JN. 2017. Informal Innovation and Climate Change: The Role of Kenyan Jua Kali Metal Workers in Developing and Distributing Fuel-Efficient Cookstoves. Doctoral dissertation, George Mason University.
- Rao KPC, Steenhuis TS, Cogle AL, Srinivasan ST, Yule DF, Smith GD. 1998. Rainfall infiltration and runoff from an Alfisol in semi-arid tropical India. II. Tilled systems. *Soil Tillage Res.* 48:61–69.
- Rao N, Mishra A, Prakash A, Singh C, Qaisrani A, Poonacha P, Vincent K, Bedelian C. 2019. A qualitative comparative analysis of women's agency and adaptive capacity in climate change hotspots in Asia and Africa. *Nature Climate Change* 9(12):964-971.
- Ray B, Shaw R. 2018. Changing built form and implications on urban resilience: loss of climate responsive and socially interactive spaces. *Procedia engineering* 212:117-124.
- Razzaque MdA, Alamgir M, Rahman MdM. 2018. Climate Change Vulnerability in Dacope Upazila, Bangladesh. *Journal of Scientific Research and Reports* 21(4):1-12.
- Reardon T, Berdegue J, Barrett CB, Stamoulis K. 2007. Household Income Diversification into Rural Nonfarm Activities. In Haggblade S, Hazell P, Reardon T, (eds.): *Transforming the Rural Nonfarm Economy*. Johns Hopkins University Press. Baltimore, MA, USA.
- Recha CW. 2017. Climate Variability: Attributes and Indicators of Adaptive Capacity in Semi-arid Tharaka sub-County, Kenya. *Open Access Library Journal* 4:1-14.
- Reddy PP. 2016. Micro-catchment rainwater harvesting. In: *Sustainable Intensification of Crop Production*. Springer, Berlin, Germany. pp. 209–222.
- Rempel A, Buckley M. 2018. The Economic Value of Riparian Buffers in the Delaware River Basin. *ECONorthwest*. Portland.
- Republic of Kenya 2012, National Performance and Benefit Measurement Framework: Section B: Selecting and Monitoring Adaptation Indicators, Ministry of Environment and Mineral Resources, Kenya. Available at: http://www.kccap.info/index.php?option=com_phocadownload&view=catego ry&id=5:subcomponent-3-national-adaptation-plan.
- Republic of Mozambique National Council for Sustainable Development 2014, National Climate Change Monitoring and Evaluation System (SNMAMC). Available at: <http://www.cgcmc.gov.mz/attachments/article/176/SNMAMC%20English%20Final%20Version%2020150929%20Final.pdf>
- Ribot JC. 2009. Vulnerability does not just come from the sky: Toward Multi-scale Pro-poor Climate Policy. In Robin, M, Andrew N. (eds.): *Social Dimensions of Climate Change: Equity and Vulnerability in a Warming World*. Washington, DC. The World Bank.
- Richardson AM. 2018. Toward a Capability-Based Account of Intergenerational Justice. *International Journal for Moral Philosophy* 17(3):363-388.
- Ries TR. 2017. Bacterially Mediated Water Stress Tolerance in Wheat Conferred by Phenazine-Producing Rhizobacteria. Doctoral dissertation.
- Robbins R. 2019. (Unpublished). Independent Evaluation of the Liberty Centre BLF Project. https://www.uclan.ac.uk/research/explore/groups/connect_centre_int_research_new_approaches_prevent_violence_harm.php
- Rockefeller Foundation 2015. Resilience webpage. New York: Rockefeller Foundation.
- Rockström J, Falkenmark M. 2000. Semiarid crop production from a hydrological perspective: Gap between potential and actual yields. *Critical Reviews in Plant Sciences* 19(4):319–346.

- Rockstrom J, Falkenmark M. 2015. Agriculture: increase water harvesting in Africa. *Nature* 519(7543):283–285.
- Rodriguez DJ, Delgado A, DeLaquil P, Sohns A. 2013. Thirsty energy. World Bank. Washington DC.
- Ros-Tonen MAF, Wiersum KF. 2005. The scope of improving rural livelihoods through non-timber forest products. *People, Trees and Livelihoods* 15(2):129-148.
- Roy S, Alam A. 2020. Impacts of climatic disasters in the coastal area of Bangladesh: climate service's way forward. In: *Handbook of climate Services* (pp. 311-325). Springer, Cham.
- Rweyendela AG, Mwegoha WJ. 2021. The treatment of climate change impacts and adaptation in the environmental impact assessment of the standard Gauge railway project in Tanzania. *Climate and Development*, pp.1-11.
- Saleh M. 2021. Urbanization rate in Africa in 2020, by country. Statistica. Available at: • Africa: urbanization rate by country 2020 | Statista
- Salgueiro-Otero D, Ojea E. 2020. A better understanding of social-ecological systems is needed for adapting fisheries to climate change. *Marine Policy* 122:104123.
- Salih AAM, Baraibar M, Mwangi KK. et al. 2020. Climate change and locust outbreak in East Africa. *Nat. Clim. Chang.* 10:584–585.
- Sannat C, Rawat N, Gupta AK, Gumasta P, Hirpurkar SD. 2020. Emerging Trends of Viral Zoonoses: A Problem Needs Solution. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 9 (1):1523-1536.
- Savidou G, Atteridge A, Omari-Motsumi K, Trisos CH. 2021. Quantifying international public finance for climate change adaptation in Africa. *Climate Policy* 21(8):1020-1036.
- Saxe H, Cannell MGR, Johnsen Ø, Ryan MG, Vourlitis G. 2001. Tree and forest functioning in response to global warming. *New Phytologist* 149:369-399.
- Sayer CA, Bullock JM, Martin PA. 2017. Dynamics of avian species and functional diversity in secondary tropical forests. *Biological Conservation* 211:1-9.
- Scarano RF. 2017. Ecosystem-based adaptation to climate change: concept, scalability and a role for conservation science. *Perspectives in Ecology and Conservation* 15(2):65-73.
- Schilling J, Hertig E, Trambly Y, Scheffran J. 2020. Climate change vulnerability, water resources and social implications in North Africa. *Regional Environmental Change* 20(1):1-12.
- Schirmer J, Yabsley B, 2018. Living well with a changing climate. Report prepared for the ACT Government. University of Canberra, Canberra. Available at: URL: https://www.environment.act.gov.au/__data/assets/pdf_file/0019/1316521/Longitudinal-Survey-ACT-Resilience-to-Climate-Change-Report.pdf.
- Schlef KE, Kaboré L, Karambiri H, Yang YE, Brown CM, 2018. Relating perceptions of flood risk and coping ability to mitigation behavior in West Africa: Case study of Burkina Faso. *Environmental science & policy* 89:254-265.
- Schlenker W, Lobell DB. 2010. Robust negative impacts of climate change on African agriculture. *Environ Res Lett* 5:014010.
- Schneider S, Sarukhan J. 2001. Overview of Impacts, Adaptation, and Vulnerability. In *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Cambridge University Press, New York. Chapt. x.
- Schoeneberger M, Bendrub G, Gooijer H, Soolanayakanahal R, Sauer T, Brandle J, Zhan X, Cuer D. 2012. Branching out: agroforestry as a climate change mitigation and adaptation for agriculture. *Journal of Soil and Water Conservation* 67(5):128-136.

- Schwan S. nd. Repository of Adaptation Indicators. Introduction. Real case examples from national Monitoring and Evaluation Systems. GIZ/IISD.
- Schweikert A, Chinowsky P, Espinet X, Tarber M. 2014. Climate change and infrastructure impacts: comparing the impact on roads in ten countries. *Procedia Engineering* 78:306-316.
- Segnon AC, Totin E, Zougmoré RB, Lokossou JC, Thompson-Hall M, Ofori BO, Achigan-Dako EG, Gordon C. 2020. Differential household vulnerability to climatic and non-climatic stressors in semi-arid areas of Mali, West Africa. *Climate and Development*: DOI: <https://doi.org/10.1080/17565529.2020.1855097>
- Seidl R, Thom D, Kautz M. et al. 2017. Forest disturbances under climate change. *Nature Clim Change* 7:395–402.
- Seo SN. 2017. Beyond the Paris Agreement: Climate change policy negotiations and future directions. *Regional Science Policy & Practice* 9(2):121-140.
- Seppälä, R Buck A and Katila. P (eds.) 2009. *Adaptation of Forests and People to Climate Change. A Global Assessment Report*. IUFRO World Series 22. Helsinki. 224 p.
- Serdeczny O, Adams S, Baarsch F, Coumou D, Robinson A, Hare W, Schaeffer M, Perrette M, et al. 2016. Climate change impacts in Sub-Saharan Africa: from physical changes to their social repercussions. *Regional Environmental Change* 15(8).
- Serrat O. 2017. *The Sustainable Livelihoods Approach*. In: *Knowledge Solutions*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-0983-9_5:21-26.
- Shackleton S. 2014. Impacts of Climate Change on Food Availability: Non-Timber Forest Products. In Freedman B. (ed.): *Global Environmental Change. Handbook of Global Environmental Pollution*, vol 1. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-5784-4_117
- Sharifi A, Simangan D, Kaneko S, 2021. Three decades of research on climate change and peace: A bibliometrics analysis. *Sustainability Science* 16(4):1079-1095.
- Sharifi A. 2020. Co-benefits and synergies between urban climate change mitigation and adaptation measures: A literature review. *Science of the total environment* 750:141642.
- Sheppard JP, Reckziegel RB, Lars Borrass L, et al. 2020. Agroforestry: An Appropriate and Sustainable Response to a Changing Climate in Southern Africa. *Sustainability* 12:6796;
- Shinn L. 2018. *Renewable Energy: The Clean Facts*. Available at: [Renewable Energy Definition and Types of Renewable Energy Sources | NRDC](https://www.nrdc.org/resources/reports/2018/01/2018-renewable-energy-definition-and-types-of-renewable-energy-sources)
- Siders AR. 2018. *Adaptive Capacity to Climate Change*. Stanford University.
- Sikka AK, Islam A, Rao KV. 2018. Climate-smart land and water management for sustainable agri-culture. *Irrigation and Drainage* 67(1):72-81.
- Sillmann J, Shepherd TG, van den Hurk B, Hazeleger W, Martius O, Slingo J, Zscheischler J. 2021. Event-Based Storylines to Address Climate Risk. *Earth's Future* 9(2):e2020EF001783.
- Sim HC, Appanah S, Youn YC. 2004. Opportunities with Clean Development Mechanism, Environmental Services and Biodiversity. *Proceedings of the workshop forests for poverty reduction*. 27–29 August 2003. Seoul.
- Simon NO, Mwenda MN. 2021. Influence of Stakeholders' Participation in Monitoring and Evaluation Process on Implementation of HIV & AIDS Projects in Kenya: A Case of Dreams Project in Nairobi County. *European Journal of Business and Management Research* 6(1):32-37.

- Simonsen SH, Biggs R, Schlüter M, Schoon M, et al. 2015. Applying resilience thinking: Seven principles for building resilience in social-ecological systems. In Biggs R, Schlüter M, Schoon M. (eds.): Principles for Building Resilience; Sustaining Ecosystem Services in Social-Ecological Systems. Stockholm Resilience Centre. Cambridge University Press. Available at: <https://stockholmresilience.org/download/18.10119fc11455d3c557d6928/1459560241272/SRC%20Applying%20Resilience%20final.pdf>
- Singh RK, Singh A, Kumar S, Sheoran P, Sharma DK, Stringer LC, Quinn CH, Kumar A, Singh D. 2020. Perceived Climate Variability and Compounding Stressors: Implications for Risks to Livelihoods of Smallholder Indian Farmers. *Environmental Management* 66(5):826-844.
- Sjöberg J, Mantilla Jativa S. 2019. Agroforestry - the Silver Bullet for Sustainable Agriculture? A multi-stakeholder analysis of Peru's Agroforestry Policy in fostering sustainable smallholder agriculture in the Amazon. Lund University.
- Smeets E, Dornburg V, Faaij A. 2009. Traditional, Improved and Modern Bioenergy Systems for Semi-Arid and arid Africa—Experiences from the COMPETE Network. Available at: <http://www.compete-bioafrica.net>
- Smeets E, Dornburg V, Faaij A. 2020. Report on Potential Projects for Financing Support. Experiences from the COMPETE Network. 2009. Available at: <http://www.competebioafrica.net>
- Smit B, Pilifosova O. (eds.) 2001. IPCC TAR. Adaptation to Climate Change in the Context of Sustainable Development and Equity. Available at: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/wg2TARchap18.pdf>
- Smit B, Wandel J. 2006. Adaptation, Adaptive Capacity and Vulnerability. *Global Environmental Change* 16:282-292.
- Smith JB, Schellnhuber H, Mirza MMQ. et al. 2001. Vulnerability to Climate Change and Reasons for Concern: A Synthesis. Chapter 19 IPCC TAR.
- Smith M N, Taylor TC, van Haren J, Rosolem R, Restrepo-Coupe N, Adams J, Saleska SR. 2020. Empirical evidence for resilience of tropical forest photosynthesis in a warmer world. *Nature plants* 6(10):1225-1230.
- Sokona Y, Uku J, Zablone O, Diop SH, Kunamwene I, Lesolang P, Scott C. 2021. Accelerating adaptation action in Africa. CDKN working paper.
- Sonwa DJ. 2018. Forest and Climate Change Response in Africa. Proceedings of the ASC – TUFs 'Kickoff' Symposium, Tokyo University of Foreign Studies, 3 November 2017: 71-82.
- Sousa-Silva R, Verbist B, Lomba A, Valent P, Suškevi s M, Picard O, Hoogstra-Klein MA, et al. 2018. Adapting forest management to climate change in Europe: linking perceptions to adaptive responses. *Forest Policy and Economics* 90:22-30.
- Soussana JF, Lüscher A. 2007. Temperate grasslands and global atmospheric change. A review. *Grass Forage Sci.* 62:127–134.
- Sovacool BK. 2011. Hard and soft paths for climate change adaptation. *Climate Policy* 11(4):1177–1183.
- Spathelf P, Stanturf J, Kleine M. et al. 2018. Adaptive measures: integrating adaptive forest management and forest landscape restoration. *Annals of Forest Science* 75:55.
- Spearman M, McGray H. 2011. Making Adaptation Count: Concepts and Options for Monitoring and Evaluation of Climate Change Adaptation. GIZ GmbH. Eschborn, Germany. Pp. 8

- Spittlehouse DL, Stewart RB. 2003. Adaptation to climate change in forest management. *BC Journal of Ecosystems and Management* 4(1).
- Staal A, Tuinenburg OA, Bosmans JHC, Holmgren M, van Nes EH, Scheffer M, Zemp DC, Dekker SC. 2018. Forest-rainfall cascades buffer against drought across the Amazon. *Nature Climate Change* 8(6):539-543.
- STAP 2017. Strengthening Monitoring and Evaluation of Climate Change Adaptation: A STAP Advisory Document. Global Environment Facility, Washington, D.C.
- Stapleton SO, Nadin R, Watson C, Kellett J. 2017. Climate change, migration and displacement; The need for a risk-informed and coherent approach. ODI/UNDP.
- Steiner A, Aguilar G, Bomba K, et al. 2020. Actions to transform food systems under climate change. Wageningen, The Netherlands: CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS).
- Stern N. 2007. *The Economics of Climate Change: The Stern Review*, Cambridge University Press: Cambridge.
- Stevens-Rumann CS, Kemp KB, Higuera PE, Harvey BJ, Rother MT, Donato DC, Morgan P, Veblen TT. 2018. Evidence for declining forest resilience to wildfires under climate change. *Ecology letters* 21(2):243-252.
- Stringer LC, Dougill AJ, Dyer JC, Vincent K, Fritzsche F, Leventon J, Falcão MP, Manyakaidze P, Syampungani S, Powell P. 2014. Advancing climate compatible development. *Reg Environ Change* 14(2):1-13.
- Sylla MB, Jeremy SP, Aissatou F, Kangbeni D, Harald K. 2018. Climate change to severely impact West African basin scale irrigation in 2 C and 1.5 C global warming scenarios. *Scientific reports* 8(1):1-9.
- Tadesse D. 2010. The impact of climate change in Africa. ISS Paper 220. Available at: <https://www.files.ethz.ch/isn/136704/PAPER220.pdf>
- Taibi F-Z, Konrad S. 2018. Pocket guide to NDC. European Capacity Building Initiative (ecbi).
- Taiye OA, Dauda MM, Emmanuel AO. 2017. Assessment of the effects of emerging grazing policies on land degradation in Nigeria. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management* 21(6):1183-1187.
- Taiz L, Zeiger E. 2010. Plant physiology. In: *Water balance of plants*. Fifth Edition. Ed. Sinauer Associates. pp. 50-51
- Tarawali G, Ogunbile OA. 1995. Legumes for sustainable food production in Semi-arid Savanna. *ILEIA Newsletter for Low External Input and Sustainable Agriculture*. Farmers facing change 11(4):18-19.
- Taylor RG, Scanlon B, Doll P, Rodell M, van Beek R, Wada Y, et al. 2013. Ground water and climate change. *Nat. Clim. Change* 3: 322-329.
- Tchawe H.E. 2019. Management of knowledge transfer for capacity building in Africa. *Journal of Comparative International Management* 20(1):1-20.
- Tesfa M, Branca G, Cacchiarelli L, Perelli C, Nagothu US. 2020. Transition towards bio-based economy in small-scale agriculture in Sub-Saharan Africa through sustainable intensification. In *The Bioeconomy Approach* (pp. 83-106). Routledge.

- Thibaut, T., Blanfuné, A., Boudouresque, C.F., Personnic, S., Ruitton, S., Ballesteros, E., Bellan-Santini, D., Bianchi, C.N., Bussotti, S., Cebrian, E. and Cheminée, A., 2017. An ecosystem-based approach to assess the status of Mediterranean algae-dominated shallow rocky reefs. *Marine pollution bulletin* 117(1-2):311-329.
- Thierfelder C, Chivenge P, Mupangwa W, Rosenstock TS, Lamanna C, Eyre JX. 2017. How climate-smart is conservation agriculture (CA) – its potential to deliver on adaptation, mitigation and productivity on smallholder farms in southern Africa. *Food Security* 9(3):537-60.
- Thomas K, Hardy RD, Lazrus H, Mendez M, Orlove B, Rivera-Collazo I, Roberts JT, Rockman M, Warner BP, Winthrop R. 2019. Explaining differential vulnerability to climate change: A social science review. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change* 10 (2): e565.
- Thompson I, Mackey B, McNulty S, Mosseler A. 2009. Forest Resilience, Biodiversity and Climate Change. A synthesis of the biodiversity/resilience/stability relationship in forest ecosystems. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal. Technical Series no. 43. 67 p.
- Thompson I. 2011. Biodiversity, ecosystem thresholds, resilience and forest degradation. *Unasylva* 238:62.
- Thornton PK, Jones PG, Ericksen PJ, Challinor AJ. 2011. Agriculture and food systems in sub-Saharan Africa in a 4 C+ world. *Philos Trans A Math Phys Eng Sci* 369:117-136.
- Thurman LL, Stein BA, Beever EA, Foden W, GeangeSR, Green N, Gross JE et al. 2020. Persist in place or shift in space? Evaluating the adaptive capacity of species to climate change. *Frontiers in Ecology and the Environment* 18(9):520-528.
- Tibesigwa B, Visser M, Twine W. 2014. Investigating the sensitivity of household food security to agriculture-related shocks and the implication of informal social capital and natural resource capital: the case of rural households in Mpumalanga, South Africa. Working Paper 470. Economic Research Southern Africa. Claremont, South Africa. URL: <https://econrsa.org/node/965>
- Tidemann EM. 1996. Watershed Management. Guidelines for Indian Conditions. Omega Scientific Publishers, New Delhi.
- Tieminie RN, Loh CE, Tieguhong J, Nghobuoche MF, Mandief PS, Tieguhong MR. 2021. Non-timber forest products and climate change adaptation among forest dependent communities in Bamboko forest reserve, southwest region of Cameroon. *Environmental Systems Research*. 10(1):1-13.
- Tilman D, Cassman KG, Matson PA, Naylor R, Polasky S. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418.
- Tippmann R, Agoumi A, Perroy L, Doria M, Henders S, Goldmann R. 2013. Assessing Barriers and Solutions to Financing Adaptation Projects in Africa. IDRC, Ottawa.
- Tittonell P, Giller KE. 2013. When yield gaps are poverty traps: The paradigm of ecological intensification in African smallholder agriculture. *Field Crop. Res.* 143:76–90.
- Troilo P. 2011. PPPs in the developing world. Devex. Available at: PPPs in the developing world | Devex.
- Tröltzsch J, Rouillard J, Tarpey J, Lago M, Watkiss P, Hunt A. 2016. The economics of climate change adaptation: Insights into economic assessment methods. ECONADAPT Deliverable 10.2
- Turner S, Moloney S, Glover A, Funfgeld H. 2014. A review of the monitoring and evaluation literature for climate change adaptation (Literature Review). Centre for Urban Research, RMIT University, Melbourne.

- Twerefou DK, Chinowsky P, Adjei-mantey K. 2015. The Economic Impact of Climate Change on Road Infrastructure in Ghana. *Journal of Sustainability* 11949–11966.
- UK DFID (Department for International Development) 2011. *Defining Disaster Resilience: A DFID Approach Paper*. London.
- UN (United Nations) 2002. *Gender mainstreaming; an overview*. New York.
- UN 2015. *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development*. Available at: Sustainable.development.un.org/A/RES/70/1
- UNCCD 2021. Great Green Wall receives over \$14 billion to regreen the Sahel – France, World Bank listed among donors. Available at: [Great Green Wall receives over \\$14 billion to regreen the Sahel – France, World Bank listed among donors](https://www.unccd.int/news-and-stories/story/great-green-wall-receives-over-14-billion-to-regreen-the-sahel-france-world-bank-listed-among-donors) | UNCCD
- UNDP (United Nations Development Programme) 2004. *Adaptation Policy Frameworks for Climate Change*. Cambridge University Press. Cambridge, UK.
- UNDP 2006. *Human Development Report 2006. Beyond Scarcity: Power, poverty and the global water crisis*. Available at: <http://hdr.undp.org/hdr2006/report.cfm>
- UNDP 2009. *Handbook on planning, monitoring and evaluating for development results*. UNDP. New York USA.
- UNDP 2016. *Climate Information & Early Warning Systems Communications Toolkit UNDP Programme on Climate Information for Resilient Development in Africa*.
- UNDP 2018. *Climate Change Adaptation in Africa. UNDP Synthesis of Experiences and Recommendations*.
- UNDP 2021. *Economic Diversification. UNDP Climate Change Adaptation* (adaptation-undp.org).
- UNDP-UNEP 2011 *Mainstreaming climate change adaptation into development planning: a guide for practitioners*. Poverty-Environment Facility, Nairobi.
- UNDP-UNEP 2015. *Gambia National Adaptation Plan Process. Stocktaking report and a road map for advancing Gambia's NAP process Draft final report*.
- UNDP-UNEP-GEF (nd). *The national communications process. National Communications Support Programme (NCSP), Resource kit*. [undp24.pdf\(unclearn.org\)](http://undp24.pdf(unclearn.org)).
- UNEP (United Nations Environment Programme) 2016. *Zoonoses: blurred lines of emergent disease and ecosystem health*. In *UNEP Frontiers 2016 report – emerging issues of environmental concern*, pp. 18–30. Nairobi.
- UNEP 2020a. *Emissions Gap Report*. Nairobi.
- UNEP 2020b. *Six nature facts related to coronaviruses* [online]. 8 April. Available at: www.unenvironment.org/news-and-stories/story/six-nature-facts-related-coronaviruses
- UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) 2007. *Climate change: impacts, vulnerabilities and adaptation in developing countries*.
- UNFCCC 2010. *Report of the Conference of the Parties on its 16th Session, held at Cancun 29 November to 10 December 2010, Addendum, Part 2: Action taken by the Conference of the Parties*.
- UNFCCC 2012. *UNFCCC Database of Private Sector Initiative on Adaptation*. Available at: http://unfccc.int/adaptation/nairobi_work_programme/private_sector_initiative/items/6547.php

- UNFCCC 2014. Background Paper for the UNFCCC Technology Executive Committee (TEC) Workshop on Technologies for Adaptation. Bonn, Germany, 4 March 2014.
- UNFCCC 2014. Synthesis report on methods and tools for, and good practices and lessons learned relating to, adaptation planning processes addressing ecosystems, human settlements, water resources and health, and good practices and lessons learned related to processes and structures for linking national and local adaptation planning. FCCC/SBSTA/2014/4, Bonn. 27
- UNFCCC 2015. Paris Agreement. Available at: https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf
- UNFCCC 2017 Human health and adaptation: understanding climate impacts on health and opportunities for action. Synthesis paper by the secretariat. Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice Forty-sixth session, Bonn 8–18 May 2017.
- UNFCCC 2019. Report of the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Paris Agreement on the third part of its first session, held in Katowice from 2 to 15 December 2018. Available at: [FCCC/PA/CMA/2018/3/Add.1 \(unfccc.int\)](https://unfccc.int/paris_agreement/items/9444).
- UNFCCC 2019. UN climate change annual report 2018. UNFCCC. Bonn.
- UNFCCC 2020a. Private Sector Initiative – Partners. Available at: [Private Sector Initiative - Partners | UNFCCC](https://unfccc.int/private-sector-initiative-partners/)
- UNFCCC 2020b. Climate-related risks and extreme events. Available at: <https://unfccc.int/topics/resilience/resources/climate-related-risks-and-extreme-events>
- UNFCCC 2021. Rwanda Green Fund. Available at: [Rwanda Green Fund – FONERWA | Rwanda | UNFCCC](https://unfccc.int/rwanda-green-fund/).
- UNFF 2015. Ministerial Declaration of the High-Level Segment of the Eleventh Session of the UNFF, International Arrangement on “The Forests We Want: Beyond 2015”. New York. ECOSOC, p. 4. Available at: <https://www.un.org/ecosoc/sites/www.un.org.ecosoc/files/documents/2015/dec.2015254.pdf>
- UNICEF 2003. Programme Policy and Procedures Manual: Programme Operations, UNICEF, New York. 109-120.
- UNISDR 2005. Hyogo Framework for Action 2005-2015: Building the resilience of nations and communities to disasters. In: Report of the World Conference on Disaster Risk Reduction, Jan. 2005, Kobe, Japan, United Nations International Strategy for Disaster Reduction, Geneva, Switzerland, pp. 40-62.
- UNISDR 2009. Terminology: Basic terms of disaster risk reduction.
- UNISDR 2015. Sendai framework for disaster risk reduction 2015–2030. UNISDR, Geneva. available at: <http://www.preventionweb.net/files/43291>
- UNISDR 2016. Updated technical non-paper on indicators for global targets A, B, C, D, E and G of the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction (30 Sep 2016). Sessional and Inter-sessional documentation and information of the Open-ended Intergovernmental Expert Working Group on Disaster Risk Reduction and Terminology (OIEWG).
- UNCC Secretariat 2019a. Various approaches to long-term adaptation planning. Adaptation Committee. Bonn. Available at: [variousapproaches .pdf \(unfccc.int\)](https://unfccc.int/paris_agreement/items/9444)
- UNCC Secretariat 2019b. Climate action and support trends. Based on national reports submitted to the UNFCCC secretariat under the current reporting framework.

- UN Economic Commission for Africa, African Climate Policy Centre (UNECA) 2011. Climate change and health across Africa: issues and options. Working paper 20. 48p.
- UN Task Team on Social Dimensions of Climate Change 2011. The social dimensions of climate change discussion draft. ILO.
- UNWTO 2018. UNWTO tourism highlights: 2018 edition. World Tourism Organization, 20 pp. Available at: <https://www.e-unwto.org/doi/pdf/10.18111/9789284419876>.
- Upenji R. 2020. Improve Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Yield through Cattle Manure in Nioka Region, Ituri Province, DRC. Open Access Library Journal 7(09):1.
- USAID 2015. Evaluation Toolkit. Available at: <https://usaidelearninglab.org/sites/default/mergedpdfs/print-toolkitall.pdf>
- USAID 2018. ADS Chapter 201 Program Cycle Operational Policy. Retrieved from: <https://www.usaid.gov/ads/policy/200/201>.
- Usman RA, Olorunfemi FB, Awotayo GP, Tunde AM, Usman BA. 2013. Disaster risk management and social impact assessment: understanding preparedness, response and recovery in community projects. Environmental Change and Sustainability. IntechOpen.
- Vallejo L. 2017. Insights from national adaptation monitoring and evaluation systems. Climate Change Expert Group Paper. OCDE/IEA 2017(3) <https://doi.org/10.1787/2227779X>
- van der Geest K, de Sherbinin A, Kienberger S, Zommers Z, Sitati A, Roberts E, James R. 2019. The impacts of climate change on ecosystem services and resulting losses and damages to people and society. In: Loss and damage from climate change. Springer, Cham, pp. 221-236.
- van Diemen R. 2019. AI Annex I: Glossary. Climate Change and Land (2019):803.
- van Noordwijk M, Verbist B, Vincent G, Tomich TP. 2001. Simulation models that help us to understand local action and its consequences for global concerns in a forest margin landscape. ICRAF, Bogor.
- van Ruijven BJ, De Cian E, Sue Wing I. 2019. Amplification of future energy demand growth due to climate change. Nat Commun 10: 2762. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-10399-3>
- Vanwalleghem T, Gomez JA, Amate JI, Gonzalez de Molina M, Vanderlinden K, Guzman G, Laguna A, Giraldez JV. 2017. Impact of historical land use and soil management change on soil erosion and agricultural sustainability during the Anthropocene. Anthropocene 17:13–29.
- Velichko AA, Kurenkova EI, Dolukhanov PM. 2009. Human socio-economic adaptation to environment in Late Palaeolithic, Mesolithic and Neolithic Eastern Europe. Quaternary International 203(1–2):1–9.
- Vestby J. 2018. Climate, development and conflict: Learning from the past and mapping uncertainties of the future. PhD Thesis. University of Oslo. <http://urn.nb.no/URN:NBN:no-63672>
- Vij S, Moors E, Bashir Ahmad Md. Arfanuzzaman, Bhadwal S, Biesbroek R, Giovanna Gioli G, Groot A, Mallick D, Regmi B, Saeed BA, Ishaq S, Thapa B, Werners SE, Wester P. 2017. Climate adaptation approaches and key policy characteristics: Cases from South Asia. Environmental Science & Policy 78:58-65.
- Villanueva PS. 2011. Learning to ADAPT: Monitoring and evaluation approaches in climate change adaptation and disaster risk reduction – challenges, gaps and ways forward, SCR Discussion Paper 9. Strengthening Climate Resilience (SCR). Available at: www.seachangecop.org/node/103
- Vincent K, Colenbrander W. 2018. Developing and applying a five-step process for mainstreaming climate change into local development plans: A case study from Zambia. Climate Risk Management 21:26-38.

- Vincent K, Mambo J. 2017. Building on the links between climate change adaptation and disaster risk reduction. CSIR.
- Vink M, Schouten G. 2018. Foreign-Funded Adaptation to Climate Change in Africa: Mirroring Administrative Traditions or Traditions of Administrative Blueprinting? *Review of Policy Research* 35(6):792-834.
- Vinya R, Malhi Y, Brown ND, Fisher JB, Brodribb T, Aragão L. 2019. Seasonal changes in plant–water relations influence patterns of leaf display in Miombo woodlands: evidence of water conservative strategies. *Tree Physiology* 39(1):104–112.
- Vittal H, Karmakar S, Ghosh S, Murtugudde R. 2020. A comprehensive India-wide social vulnerability analysis: highlighting its influence on hydro-climatic risk. *Environmental Research Letters* 15(1):014005.
- Waha K, van Wijk MT, Fritz S, et al. 2018. Agricultural diversification as an important strategy for achieving food security in Africa. *Global Change Biol.* 24:390–3400.
- Walker B, Salt D. 2006. Resilience thinking: sustaining ecosystems and people in a changing world. Island Press. Washington, DC.
- Walker B. 1995. Conserving biological diversity through ecosystem resilience. *Cons. Biol.* 9:747-752.
- Walker WE, Harremoës P, Rotmans J, van der Sluijs J, et al. 2003. Defining uncertainty: a conceptual basis for uncertainty management in model-based decision support. *Integr. Assess.* 4(1):5–17.
- Wang FM., Ford JD, Lesnikowski AC, Chen C, Berrang-Ford L, Biesbroek GR, Heymann J, Grecequet M, Huq S. 2018. Assessing stakeholder needs for adaptation tracking. In Christiansen L, Martinez D, Naswa P (Eds.): *Adaptation Metrics: Perspectives on measuring aggregating and comparing adaptation results*. UNEP-DTU perspectives Series 2018(1):49-61.
- Wan H, Li S. 2018. Boundary, Environment and Social Change of a Social System. In :Introduction to Social Systems Engineering. Springer, Singapore. Pp. 387-433.
- Ward A, Wilson A. 2019. Design for Adaptation: Living in a Climate-Changing World. Available at: <https://www.buildinggreen.com/feature/design-adaptation-living-climate-changing-world>
- Warfield C. 2008. The Disaster Management Cycle. Available at: http://www.gdrc.org/uem/disasters/1-dm_cycle.html.
- Watson HK. 2009. Potential impacts of EU policies on sustainable development in southern Africa. *StudiaDiplomatica* LXII (4):85-102.
- WBCSD (World Business Council for Sustainable Development) 2015. Land degradation neutrality. A business perspective.
- Wei X, Li Q, Zhang M, Giles-Hansen K, Liu W, Fan H, Wang Y, Zhou G, Piao S, Liu S. 2018. Vegetation cover - another dominant factor in determining global water resources in forested regions. *Global change biology* 24(2):786-795.
- Weiskopf SR, Rubenstein MA, Crozier LG et al. 2020. Climate change effects on biodiversity, ecosystems, ecosystem services, and natural resource management in the United States. *Review. Science of The Total Environment* 733:137782.
- Weitzman ML. 2007. A review of the Stern Review on economics of climate change. *Journal of economic literature* 45:703-724.
- Werdiningtyas R, Wei Y, Western AW. 2020. Understanding Policy Instruments as Rules of Inter-action in Social-Ecological System Frameworks. *Geography and Sustainability* 1(4):295-303.

- WHO (World Health Organization) 2004. Using climate to predict infectious disease outbreaks: a review. Communicable Diseases Surveillance and Response, Protection of the Human Environment, Roll Back Malaria. Geneva.
- Wilkinson A, Eidinow E. 2008. Evolving practices in environmental scenarios: a new scenario typology. *Environ Res Lett* 3:1–11.
- Wilkinson E, Schipper L, Simonet C, Kubik Z. 2016. Climate change, migration and the 2030 Agenda for Sustainable Development. ODI Briefing Note. London.
- Williams A. 2016. Options for Results Monitoring and Evaluation for Resilience-building Operations. The World Bank. Washington DC.
- Williamson T B, Nelson HW. 2017. Barriers to enhanced and integrated climate change adaptation and mitigation in Canadian forest management. *Canadian Journ. of Forest Research* 47(12):1567-1576.
- Winterbottom R. 2014. Restoration: It's About More than Just the Trees. WRI.
- Woittiez LS, Rufino MC, Giller KE, Mapfumo P. 2013. The use of woodland products to cope with climate variability in communal areas in Zimbabwe. *Ecol Soc* 18(4).
- World Bank 2020. Tracking SDG 7. The energy progress report 2020. IBRD. Washington DC.
- World Bank and IEA 2017. Sustainable energy for all global tracking framework progress toward Sustainable Energy. IBRD. Washington DC.
- World bank Group. nd. Anticipatory adaptation to climate change. Chapter 4. Available at: Microsoft Word - Adaptation Evaluation 4.04_10.24.2012.docx (worldbankgroup.org)
- World Bank 2012. World Development Report 2012. Gender Equality and Development. IBRD. Available at: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/4391> License: CC BY 3.0 IGO.
- World Bank 2016. Enhance Livelihoods of Forest Communities. Available at: Enhance Livelihoods of Forest Communities (worldbank.org)
- World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) 2015. Land degradation neutrality: A business perspective. WBCSD. Available at: [WBCSDLandDegradationNeutralityABusinessPerspective_651616121.pdf](https://www.commonland.com/WBCSDLandDegradationNeutralityABusinessPerspective_651616121.pdf) (commonland.com)
- World social report 2020. Chapter 3. Climate change: exacerbating poverty and inequality. Pp81-106
- WRI 2014. Atlas of Forest and Landscape Restoration Opportunities. Available at: Atlas of Forest and Landscape Restoration Opportunities | World Resources Institute (wri.org)
- WRI 2015. Release: African Countries Launch AFR100 to Restore 100 million Hectares of Land. Available at: RELEASE: African Countries Launch AFR100 to Restore 100 Million Hectares of Land | World Resources Institute (wri.org).
- Wright CY, Moore CE, Chersich M, Hester R, Schwerdtle PN, Mbayo GK, Akong CN, Butler CD. 2021. A Transdisciplinary Approach to Address Climate Change Adaptation for Human Health and Well-Being in Africa. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18(8):4258.
- Wu Q, Cheng G, Ma W, Liu Y. 2008. Railway Construction Techniques Adapting to Climate Warming in Permafrost Regions. *Adv. Clim. Change Res.* 4 (Suppl.):60J66.
- Wuepper D, Ayenew HY, Sauer J. 2018. Social Capital, Income Diversification and Climate Change Adaptation: Panel Data Evidence from Rural Ethiopia. *Journal of Agric. Econ.* 69 (2):458–475.
- Wullschleger SD, Tschaplinski TJ, Norby RJ. 2002. Plant water relations at elevated CO₂—implications for water-limited environments. *Plant Cell Environ.* 25 :319–331.

- Xu F, Wang Y, Xiang N, Tian J, Chen L. 2020. Uncovering the willingness-to-pay for urban green space conservation: A survey of the capital area in China. *Resources, Conservation and Recycling* 162:105053.
- Yang Y, Das K, Marrios-Masias FH, Singletary L. 2018. Detecting Multiwall Carbon Nanotube Uptake and Translocation in Lettuce to Enhance Food Safety Assessment. Extension I University of Nevada, Reno, FS-18-03
- Yohannes Z, Teshome M, Belay M. 2020. Adaptive capacity of a mountain community to climate change: case study in the Semien Mountains of Ethiopia. *Environment, Development and Sustainability* 22(4):3051-3077.
- Yohe G, Tol RSJ. 2002. Indicators for social and economic coping capacity-moving toward a working definition of adaptive capacity. *Global Environmental Change* 12:2540.
- York R, Bell S E. 2019. Energy transitions or additions? Why a transition from fossil fuels requires more than the growth of renewable energy. *Energy Research & Social Science* 51:40-43.
- Yosef BA, Asmamaw DK. 2015. Rainwater harvesting: An option for dryland agriculture in arid and semi-arid Ethiopia. *International Journal of Water Resources and Environmental Engineering* 7(2): 17-28.
- Yoseph-Paulus R, Hindmarsh R. 2018. Addressing inadequacies of sectoral coordination and local capacity building in Indonesia for effective climate change adaptation. *Climate and development* 10(1):35-48.
- Yousefpour R, Nakamura N, Matsumura N. 2020. Forest Management Approaches for Climate Change Mitigation and Adaptation: A Comparison Between Germany and Japan. *Journal of Sustainable Forestry* 39(6):635-653.
- Zamasiya B, Nyikahadzoi K, Mukamuri BB. 2017. Factors influencing smallholder farmers' behavioural intention towards adaptation to climate change in transitional climatic zones: A case study of Hwedza District in Zimbabwe. *Journal of Environmental Management* 198:233-239.
- Zhang F, Welch EW. 2021. More than just managerial self-efficacy: conceptualizing and predicting top managers' means efficacy about the organization under extreme events. *Journal of Managerial Psychology*. Available at: <https://doi.org/10.1108/JMP-11-2020-0584>
- Zhang X. 2015. Conjunctive surface water and groundwater management under climate change. *Frontiers in Environmental Science* 3. 59p
- Zhongming Z, Linong L, Wangqiang Z Wei L. 2018. Strengthening Functional Urban Regions in Azerbaijan: National Urban Assessment 2017.
- Zhu C, Kobayashi K, Loladze I, Zhu J, Jiang Q, Xu A, et al. 2018. Carbon dioxide (CO₂) levels this century will alter the protein, micronutrients, and vitamin content of rice grains with potential health consequences for the poorest rice-dependent countries. *Sci Adv.* 2018:4.
- Ziska LH, Wallace RD, Barger CT, LaForest JH, Choudhury RA, Garrett KA, Vega FE. 2018. Climate Change, Carbon Dioxide, and Pest Biology. *Managing the Future: Coffee as a Case Study. Agronomy* 8(8):152.
- Zulu LC, Djenontin IN, Grabowski P. 2021. From diagnosis to action: Understanding youth strengths and hurdles and using decision-making tools to foster youth-inclusive sustainable agriculture intensification. *Journal of Rural Studies* 82 :196-209.



Forum forestier africain

Une plateforme pour les acteurs du secteur forestier africain



Forum forestier africain

United Nations Avenue, Gigiri
B. P. 30677-00100
Nairobi, Kenya

Tél : +254 20 722 4203
Fax : +254 20 722 4001
Site Web : www.afforum.org

ISBN 978-9966-7465-2-8



9 789966 746528

