



Forum Forestier Africain

Une plateforme pour les parties prenantes de la foresterie Africaine



Les Forêts et L'atténuation du Changement Climatique

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

12





Forum Forestier Africain

Une plateforme pour les parties prenantes de la foresterie Africaine

Les Forêts et L'atténuation du Changement Climatique

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

Citation correcte : Les Forêts et L'atténuation du Changement Climatique : un recueil de cours pour la formation professionnelle 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 : Kilimandjaro Tanzanie (Crédit : Paul Hampton) ; Paysage de forêt de carquois. Kokerbooms en Namibie, Afrique (Crédit : JaySi) ; paysage tropical, baobabs et autres types de végétation (Crédit : Angola- Miguel Almeida).

Photo de la couverture arrière : Coucher de soleil africain sur les pentes du parc national des montagnes de balle (Crédit : Martin Mecnarowski).

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.

Contents

Abréviations et Acronymes	ix
Remerciementsxii	
Préface	xiii
Aperçu du recueil	xvii
PARTIE I :CONCEPTS D'ADAPTATIONAU CHANGEMENT CLIMATIQUE.....	01
Chapitre 1 : Aperçu des Concepts D'adaptation	02
1.1 Aperçu du chapitre.....	02
1.2 Terminologies de base pour l'adaptation au changement climatique.....	03
1.2.1 Changement et variabilité climatiques	03
1.2.2 Événements extrêmes	03
1.2.3 Aléas et risques	04
1.2.4 Incertitude.....	04
1.2.5 Vulnérabilité	05
1.2.6 Vulnérabilité au changement climatique.....	05
1.2.7 Résilience	07
1.2.8 Contrôle de la situation	07
1.2.9 Adaptation.....	08
1.2.10 Maladaptation	08
1.3 Aperçu des impacts du changement climatique et de la variabilité climatique sur les secteurs de développement	11
1.3.1 Secteur forestier	12
1.3.2 Secteur agricole.....	14
1.3.3 Secteur de l'eau	15
1.3.4 Secteur de la santé.....	16
1.3.5 Secteur des infrastructures/construction et logement	17
1.3.6 Secteurs des transports et de l'énergie.....	17
1.3.7 Secteur du tourisme	18
1.4 Vulnérabilité des forêts et des populations au changement climatique	20
1.4.1 Évaluations de la vulnérabilité	22

Chapitre 2 : Adaptation au Changement Climatique et Options D'adaptation24

2.1	Aperçu du chapitre.....	24
2.2	Types d'adaptation.....	25
2.2.1	Adaptation anticipée et réactive	25
2.2.2	daptation autonome et planifiée	26
2.2.3	Adaptation privée et publique	27
2.2.4	Autres types d'adaptation.....	27
2.3	Déterminants de la capacité d'adaptation	29
2.3.1	Déterminants socio-économiques de l'adaptation	29
2.4	Caractéristiques influençant la propension d'un système à s'adapter	33
2.4.1	Vulnérabilité	33
2.4.2	Impact potentiel.....	34
2.4.3	Capacité d'adaptation	36
2.4.4	Résilience	38
2.4.5	Susceptibilité	40
2.4.6	Réactivité	40
2.4.7	Adaptabilité	41

Chapitre 3 : Actifs, Ressources, et Approches D'adaptation.....44

3.1	Aperçu du chapitre.....	44
3.2	Actifs, ressources et capitaux pour l'adaptation.....	45
3.3	Outils pour hiérarchiser les stratégies et les options d'adaptation	48
3.3.1	Analyse coûts-avantages (ACA)	48
3.3.2	Analyse coût-efficacité (ACE)	49
3.3.4	Évaluation du potentiel de mise à l'échelle (ASP).....	50
3.3.5	Priorisation et engagement du secteur des entreprises (BSPE)	51
3.3.7	Forces, Faiblesses, Opportunités et Menaces (FFOM).....	53
3.3.8	Autres outils.....	54
3.4	Mécanismes de financement de l'adaptation.....	56
3.4.1	Secteur privé	57
3.4.2	Niveau national.....	59
3.4.3	Les accords bilatéraux	59
3.5	Intégration de l'adaptation au changement climatique dans les politiques, plans, programmes et projets de développement	64
3.6	Développement de projets d'adaptation.....	70
3.6.2	Adaptation à base communautaire (CoBA).....	72
3.6.4	Approches de conservation de la biodiversité	73
3.6.5	Développement compatible avec le climat	75

PARTIE II: DAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE BASÉE SUR LA FORÊT	77
Chapitre 4 : Forêts Et Changement Climatique	78
4.1 Aperçu du chapitre.....	78
4.2 Réponse et résilience des forêts au changement climatique	79
4.2.1 Réponses des forêts et arbres au changement climatique	79
4.2.2 Réponse de la végétation au changement climatique.....	80
4.2.3 Résistance des espèces au changement climatique	81
4.2.4 Éco-physiologie de la croissance des arbres.....	81
4.2.5 Variation génétique intra- et inter-spécifique	82
4.3 Physiologie du stress.....	84
4.4 Génétique végétale appliquée et amélioration des arbres	86
4.5 Suivi de la croissance, de la mortalité et des recrutements des espèces	89
4.6 Rétroaction de la phénologie des arbres au changement climatique.....	91
4.7 Résilience des forêts au changement climatique.....	94
4.7.1 Restauration forestière et réhabilitation des forêts dégradées.....	95
4.7.2 Actions d'adaptation dans la gestion forestière	99
4.7.5 Élaboration de plans de gestion des incendies de forêt.....	103
4.7.6 Sylviculture pour le changement climatique.....	105
4.7.7 Gestion des ravageurs	105
4.7.8 Techniques de pépinière	107
4.7.10 Accroître la séquestration du carbone grâce à l'amélioration des systèmes de gestion forestière	109
4.8 Gouvernance forestière	114
Chapitre 5 : Stratégies/Mesures D'adaptation Basées Sur Les Forêts.....	117
5.1 Aperçu du chapitre.....	117
5.2 Rôle des forêts dans l'adaptation des systèmes sociaux au changement climatique	118
5.3 Adaptation socio-économique	133
5.3.1 Moyens de subsistance durables et diversifiés basés sur la forêt	133
5.3.2 Renforcement des systèmes et réseaux sociaux dans le contexte des forêts et ressources en arbres	135
5.3.3 Genre et adaptations forestières	137
5.3.4 Mécanismes et stratégies endogènes de survie et d'adaptation.....	138

Chapitre 6 : Stratégies Nationales, Régionales et Internationales D'adaptation..... 141

6.1	Aperçu du chapitre.....	141
6.2	Protection des modèles actuels de biodiversité	142
6.3	Programmes d'action nationaux d'adaptation (PANA), Plans nationaux d'adaptation (PNA)...	145
6.3.2	Plans Nationaux d'Adaptation	147
6.3.3	Législation et politiques d'adaptation au changement climatique	149
6.4	Les défis de l'adaptation	151
6.4.3	Défis techniques/technologiques	153
6.4.4	Défis financiers et économiques.....	154
6.4.5	Défis socio-économiques.....	154
6.5	Études de cas sur les stratégies d'adaptation au changement climatique basées sur les forêts	156
6.6	Initiatives d'adaptation en Afrique	158
6.6.1	Adaptation des contributions déterminées au niveau national (CDN)	158
6.6.2	Mécanismes des avantages de l'adaptation	159
6.6.3	Autres initiatives Africaines d'adaptation.....	159

PARTIE III: ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE NON BASÉE SUR LES FORÊTS..... 163

Chapitre 7 : Autres Secteurs Impactés Par Le Changement Climatique 164

7.1	Aperçu du chapitre.....	164
7.2	Secteurs de développement affectés par le changement climatique.....	165
7.2.1	Secteur agricole.....	165
7.2.2	Systèmes côtiers et marins et pêche.....	167
7.2.3	Santé et assainissement.....	168
7.2.4	Environnement bâti et infrastructures	170
7.2.5	Ressources énergétiques.....	171
7.2.6	Ressources en eau	172
7.2.7	Secteur des transports	173
7.2.8	Secteur du tourisme	175
7.3	Mesures d'adaptation sectorielles	177
7.3.1	Adaptation structurelle et physique.....	177

Chapitre 8 : Autres Options D'adaptation	186
8.1 Aperçu du chapitre.....	186
8.2 Systèmes d'alerte précoce.....	187
8.3 Options structurelles et physiques.....	191
8.3.1 Construction de bâtiments dans des zones sûres.....	192
8.3.2 Meilleure conception des bâtiments.....	192
8.4 Approche de l'adaptation basée sur les écosystèmes.....	194
8.5.1 Diversification des moyens de subsistance.....	196
8.5.2 Accès amélioré aux marchés.....	197
8.5.3 Utilisation des connaissances et des pratiques autochtones.....	197
8.5.4 Filets sociaux et de sécurité.....	198
8.5.5 Migrations incluant les personnes déplacées à l'intérieur du pays.....	199
Chapitre 9 : Options Politiques, Institutionnelles et Réglementaires	201
9.1 Aperçu.....	201
9.2 Importance des options institutionnelles et réglementaires pour soutenir l'adaptation au changement climatique.....	202
9.3 Intégration de la dimension genre dans la planification et les actions d'adaptation.....	204
9.4 Couverture assurance, subventions et risques.....	207
9.5 Intégration de l'adaptation au climat dans la politique, la planification et les actions sectorielles.....	208
9.6 Coordination intersectorielle dans la planification de l'adaptation.....	210
9.7 Cadres juridiques.....	211
9.8 Gestion des risques de catastrophes.....	212
9.8.1 Buts et objectifs.....	212
9.8.2 Types de catastrophes et gestion des catastrophes.....	213
9.8.3 Cycle de gestion des catastrophes.....	216
9.9 Études de cas sur les stratégies d'adaptation au changement climatique dans le secteur non forestier.....	218

PART IV:	MONITORING, REPORTING AND EVALUATION OF ADAPTATION PRACTICES TO CLIMATE CHANGE	221
Chapitre 10 :	Suivi, Notification et Évaluation des Pratiques D'adaptation au Changement Climatique	222
10.1	Aperçu du chapitre.....	222
10.2	Concepts et objectif du suivi et de l'évaluation.....	223
10.3	Types de suivi et d'évaluation des pratiques d'adaptation au changement climatique	229
10.3.1	Systèmes communautaires de S&E	229
10.3.2	Les programmes, projets et politiques basés sur les systèmes de S&E	230
10.4	Paramètres de suivi et d'évaluation	232
10.4.1	Suivi et évaluation de la vulnérabilité.....	232
10.4.2	S&E de la résilience.....	232
10.4.3	S&E pour la capacité d'adaptation	233
10.4.4	Indicateurs	233
10.5	Méthodologies de suivi, d'évaluation et de notification.....	235
10.5.1	Méthodes et cadres de suivi et d'évaluation.....	235
10.5.2	Les outils de suivi.....	238
Chapitre 11 :	Tendances Futures de L'adaptation au Changement Climatique Dans le Secteur Forestier en Afrique	244
11.1	Aperçu du chapitre	244
11.2	Introduction	245
11.3	Impacts climatiques prévus	246
11.4.	L'avenir des politiques liées au climat.....	247
11.5	L'avenir de l'adaptation des forêts	248
Références	249

Abréviations et Acronymes

AbE	Adaptation basée sur les écosystèmes
ACA	Analyse coûts-avantages
ACC	Adaptation au changement climatique
ACE	Analyse coût-efficacité
ACM	Analyse Multi Critères
ADN	Acide désoxyribonucléique
AEM	Accords environnementaux multilatéraux
AFOLU	Agriculture, foresterie et autres utilisations des terres
AFR100	Initiative pour la restauration des paysages forestiers africains
AMAT	Outil de suivi et d'évaluation de l'adaptation
ASP	Évaluation du potentiel de mise à l'échelle
BAD	Banque Africaine de développement
BMD	Banques multilatérales de développement
BR	Rapports biennaux
BSPE	Priorisation et engagement du secteur des entreprises
BUR	Rapports biennaux actualisés
C	Carbone
CCD	Développement compatible avec le climat
CCNUCC	Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques
CDB	Convention sur la Diversité Biologique
CDN	Contributions déterminées au niveau national
CGIAR	Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale
CNULCD	Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification
CO ₂	Dioxyde de carbone
CoBA	Adaptation à base communautaire
COP	Conférence des Parties
CPA	Cadre de la politique d'adaptation
CRiST-AL	Outil de contrôle des risques communautaires – Adaptation et moyens de subsistance
CSC	Captage et stockage du carbone
CTCN	Réseau des centres de technologies climatiques
CTF	Fonds des technologies propres
CVCA	analyse de la vulnérabilité et des capacités climatiques
DFID	Département du Royaume-Uni pour le développement international
EFE	Efficacité de l'utilisation de l'eau
EUW	Utilisation efficace de l'eau
FA	Fonds pour l'adaptation
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
FEM	Fonds pour l'environnement mondial
FFOM	Forces, faiblesses, opportunités et menaces
FIC	Fonds d'investissement climatique
FIC	Fonds International pour le Climat
FLR	Restauration des Forêts et des Paysages
FONERWA	Fonds Vert Rwandais
FVC	Fonds vert pour le climat
GCF	Gestion communautaire des forêts

GCRN	Gestion communautaire des ressources naturelles
GDF	Gestion durable des forêts
GES	Gaz à effet de serre
GFDRR	Facilité mondiale pour la prévention des catastrophes et le relèvement
GGW	Grande Muraille Verte
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GIRE	Gestion Intégrée des Ressources en Eau
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
GLF	Forum mondial sur les Paysages
GST	Bilan mondial
Ha	Hectare
ICI	Initiative Climat Internationale
INDC	Contributions prévues déterminées au niveau national
LDCF	Fonds pour les pays les moins avancés
MAA	Mécanisme des avantages de l'adaptation
MRV	Suivi, notification et vérification
NC	Communication Nationale
NHMS	Système national hydrométéorologique
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
ODD	Objectifs de développement durable
ONG	Organisations Non-Gouvernementale
PAM	Programme alimentaire mondial
PANA	Programme d'action national d'adaptation
PARCC	Aires protégées résilientes au changement climatique
PFNL	Produits forestiers non ligneux
PIB	Produit intérieur brut
PIED	Petits États insulaires en développement
PIF	Programme d'Investissement Forestier
PMA	Pays les moins avancés
PME	Entreprises de Taille Moyenne
PNA	Plans nationaux d'adaptation
PNUD	Programme des Nations Unies pour le développement
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'environnement
PPCR	Programme pilote de résilience climatique
PPP	Partenariat Public Privé
PSD	Élaboration de scénarios participatifs
PSE	Paiement pour services écosystémiques
PSI	Initiative du secteur privé
REDD+	Réduction des émissions liées à la déforestation et à la dégradation des forêts
RNGA	Régénération naturelle gérée par les agriculteurs
ROA	Analyse des options réelles
ROS	espèces réactives de l'oxygène
RRC	Réduction des risques de catastrophe
S&E	Suivi et Evaluation
SAP	Systèmes d'Alerte Précoce
SCCF	Fonds spécial pour le changement climatique
SI	Intensification durable
Sida	Agence suédoise de développement international
SPA	Priorité stratégique sur l'adaptation

SREP	Programme de mise à l'échelle des énergies renouvelables
TAMD	Suivi de l'adaptation et mesure du développement
UNDRR	Bureau des Nations Unies pour la gestion des risques de catastrophe
USAID	Agence des États-Unis pour le développement international
VRA	Evaluation de la réduction de la vulnérabilité
WRI	Institut des ressources mondiales

Remerciements

Ce recueil de cours 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 les personnes et institutions, notamment les gouvernements, 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.

Préface

Les forêts et les arbres hors forêts 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. Ils sont donc au centre du développement socio-économique et de la protection de l'environnement sur le 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, ils 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 les orientations nécessaires pour améliorer le bien-être des populations et l'environnement dans lequel elles vivent.

La séquestration du carbone est élevée dans les forêts en croissance ; un processus qui influence positivement la réduction du 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. 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 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 le développement 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 toutes les couches de la société soient conscientes des mécanismes de réduction de la pauvreté 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 a 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. Cet atelier 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 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 formations 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'incluent pas les notions clés et documentations 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 dans 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 de cours pour la formation professionnelle dans le secteur forestier en Afrique
2. Forêts et adaptation au changement climatique : un recueil de cours pour la formation technique dans le secteur forestier en Afrique
3. Forêts et adaptation au changement climatique : un recueil de cours pour la formation de courte durée dans le secteur forestier en Afrique
4. Forêts et atténuation du changement climatique : un recueil de cours pour la formation professionnelle dans le secteur forestier en Afrique
5. Forêts et atténuation du changement climatique : un recueil de cours pour la formation technique dans le secteur forestier en Afrique
6. Forêts et atténuation du changement climatique : un recueil de cours 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 cours validés sur « Forêts et atténuation du changement climatique : recueil de cours pour les formations de courte durée dans le secteur forestier en Afrique » et sur « Forêts et adaptation au changement climatique : recueil de cours pour les formations de courte durée dans le secteur forestier en Afrique » ont été utilisés pour former 165 acteurs forestiers issus 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 bancables de carbone forestier. De plus, de nombreuses parties prenantes ont déjà utilisé les modules de formation et les recueils de cours pour améliorer les programmes de leurs établissements et la manière dont l'éducation et la formation sur le changement climatique sont dispensées.

Ces recueils de cours et ateliers de formation ont été largement financés par l'Agence Suisse pour le Développement et la Coopération (DDC) avec une contribution de l'Agence Suédoise de Coopération Internationale au Développement (Sida).

L'élaboration des recueils de cours 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 de cours, 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

Aperçu du recueil

La capacité d'un écosystème forestier à s'adapter au changement climatique pour réduire sa vulnérabilité et renforcer sa résilience aux impacts anticipés du changement climatique est l'axe principal de ce module. Le changement climatique a de nombreuses répercussions sur la société et les écosystèmes. Les réponses adaptatives se produisent dans les systèmes physiques, écologiques et humains, et impliquent des changements dans les processus sociaux et environnementaux, les perceptions des risques climatiques, les pratiques et les fonctions pour réduire les risques et exploiter de nouvelles opportunités. Ce module met l'accent sur le rôle des forêts dans l'adaptation au changement climatique (ACC) et montre comment les forêts et les arbres s'adaptent au changement climatique. Le module présente également aux apprenants le concept d'adaptation au changement climatique, les types d'adaptation, l'évaluation des mécanismes d'adaptation forestiers et non forestiers, les déterminants de l'adaptation, le suivi et l'évaluation (S&E), l'évaluation de l'impact (économique, social, biologique) d'adaptation, ainsi que l'intégration de l'ACC dans les politiques et plans de développement. À la fin de ce module, les apprenants seront dotés de connaissances et de compétences pour concevoir et mettre en œuvre des stratégies d'ACC forestières et non forestières.

Le recueil est divisé en quatre sections/parties dont la **partie I** traite des concepts de base de l'ACC et comprend les chapitres 1 à 3. **Le chapitre 1** traite des concepts liés à l'ACC, notamment le changement climatique, la variabilité climatique, les aléas, les risques, l'incertitude, la résilience et l'adaptation. La vulnérabilité peut être biophysique (qualité du sol, disponibilité de l'eau, ensoleillement, dioxyde de carbone (CO₂), température convenable et, dans certains cas, abondance des pollinisateurs) ou sociale (environnement social, politique et économique). Un aperçu du changement climatique et de la vulnérabilité climatique dans les secteurs de développement et la vulnérabilité des forêts et des systèmes sociaux au changement climatique sont également discutés. La relation entre les forêts et les populations et les stratégies d'adaptation basées sur les forêts sont décrites. **Le chapitre 2** met en évidence les problèmes liés à l'adaptation aux impacts du changement climatique alors que les individus, les communautés et les nations s'efforcent d'atténuer et de faire face aux impacts du changement climatique et de sa variabilité. L'adaptation peut prendre plusieurs formes, notamment une adaptation anticipée, autonome, réactive ou planifiée. L'adaptation peut aussi être à court terme ou à long terme. Les principaux déterminants de la capacité d'adaptation sont les niveaux de richesse économique, de technologie, d'information et de compétences, d'infrastructures, d'institutions et d'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'adapter au changement climatique. Afin de s'adapter, les individus et les communautés sont donc influencés par des facteurs socio-économiques tels que l'âge, le niveau d'éducation, la taille du ménage, le régime foncier, le fait d'être chef de famille, etc. pour 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 dans 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'un système à s'adapter telles que la résilience, la susceptibilité, la réactivité et l'adaptabilité sont également discutées.

Le chapitre 3 traite des actifs et des ressources qui influencent la propension d'un système à s'adapter. Les systèmes socio-écologiques doivent s'adapter aux événements extrêmes causés par le changement climatique en renforçant leur résilience. Cela peut être réalisé grâce à l'accumulation d'actifs, de ressources et de ressources financières. 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 des

changements et des variations climatiques auxquels un système est exposé, de sa sensibilité et de sa capacité d'adaptation. Si un système, une communauté ou une société qui est exposée à des aléas est capable de résister, d'absorber, de s'adapter, de se transformer et de se remettre des effets d'un aléa en temps opportun et de manière efficace, notamment par la préservation et la restauration de ses structures de bases, des rétroactions et de ses fonctions à travers la gestion des risques, il est résilient. Certains outils permettant de hiérarchiser les stratégies d'adaptation comme l'analyse coûts-avantages (ACB), l'analyse coût-efficacité (CEA), l'analyse multicritères (AMC), l'évaluation du potentiel de mise à l'échelle, la priorisation et l'engagement des entreprises, l'élaboration de scénarios participatifs (PSD) et l'analyse de forces, faiblesses, opportunités et menaces (FFOM) sont donnés, et suivis des mécanismes de financement des actions d'adaptation. Le financement de l'adaptation peut être assuré par le secteur privé, les gouvernements nationaux, des sources bilatérales ou multilatérales. Le chapitre se termine par une discussion sur l'intégration de l'ACC dans la planification du développement et les cadres qui peuvent être utilisés pour développer des projets d'adaptation.

La partie II du module met en évidence l'ACC basée sur les forêts et commence par le **chapitre 4** qui présente une discussion sur les mécanismes utilisés par les arbres et les forêts pour répondre aux effets du changement climatique. Les réponses et la résilience des forêts peuvent concerner des arbres individuels ou des espèces ou des assemblages de végétation. Les mécanismes et les activités de gestion qui peuvent être appliqués pour accroître l'adaptation des écosystèmes et des sociétés humaines qui dépendent des forêts comprennent la restauration des forêts, la réhabilitation des terres et les actions d'adaptation de la gestion forestière qui comprennent les manipulations sylvicoles, la gestion des incendies, les techniques de pépinière, la lutte antiparasitaire, l'augmentation de la séquestration du carbone (C) et l'amélioration de la gouvernance forestière. Au **chapitre 5**, nous apprenons que les forêts ont un rôle à jouer dans la subsistance des humains et des animaux qui en dépendent. Le chapitre traite également de l'adaptation basée sur le genre et des mécanismes d'adaptation et d'adaptation autochtones. L'adaptation peut prendre la forme d'innovations technologiques telles que la conservation des sols et de l'eau, l'agroforesterie, la foresterie urbaine et le reverdissement, l'intensification agricole et l'utilisation des énergies renouvelables. L'adaptation socio-économique comprend des initiatives d'adaptation basées sur la forêt telles que l'utilisation de produits forestiers non-ligneux (PFNL), le renforcement des systèmes sociaux, les considérations du genre et l'utilisation de mécanismes endogènes d'adaptation. **Le chapitre 6** met en évidence les stratégies d'adaptation nationales, régionales et internationales et souligne l'importance de protéger les caractéristiques actuelles de la biodiversité. Le chapitre montre l'importance du programme d'action national d'adaptation (PANA), des plans nationaux d'adaptation (PAN) et des contributions nationales déterminées (ND). Il existe des défis, des obstacles et des lacunes dans la mise en œuvre de l'adaptation qui peuvent être liés à des catégories politiques/institutionnelles, technologiques/techniques, financières/économiques ou sociales. Le chapitre se termine par quelques initiatives africaines d'adaptation.

La partie III traite de de l'adaptation non forestière au changement climatique et commence par analyser comment les secteurs du développement sont affectés par le changement climatique et leurs mécanismes d'adaptation au **chapitre 7**. Il s'agit des secteurs de l'agriculture, des pêches côtiers et marins, de la santé et de l'assainissement ; de l'environnement bâti et des infrastructures ; de l'énergie ; de l'eau et du secteur des transports et du tourisme. Les mesures d'adaptation dans chacun des secteurs comprennent des options technologiques, structurelles et physiques, socioéconomiques et politiques. **Le chapitre 8** traite d'autres mesures d'adaptation sectorielles, notamment les systèmes d'alerte précoce (EWS), les options structurelles et physiques, l'adaptation basée sur les écosystèmes (EbA) et les options socio-économiques. **Le chapitre 9** traite des politiques, des institutions et des questions réglementaires associées à l'ACC. Le chapitre se termine par une discussion sur la gestion des catastrophes et quelques études de cas.

La partie IV est la dernière avec deux **chapitres 10 et 11**. **Le chapitre 10** se concentre sur le suivi, la notification et l'évaluation des pratiques d'adaptation. Ces concepts et l'objectif du suivi sont abordés, y compris les types de systèmes de S&E qui peuvent être basés sur des programmes, des projets ou des politiques. Le chapitre couvre également les paramètres de S&E et inclut le S&E pour la vulnérabilité, la résilience, la capacité d'adaptation et les indicateurs associés. Le chapitre se termine par une discussion sur les méthodes, les cadres et les outils de l'ACC, y compris le processus de rapport et de rétroaction. **Le chapitre 11** résume certaines des questions et se penche sur l'avenir de l'ACC dans la le secteur forestier Africain.

Résultats d'apprentissage du compendium

Doter les apprenants des connaissances et des compétences nécessaires pour concevoir et mettre en œuvre des stratégies forestières et non forestières d'ACC.

Objectifs du recueil

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

- i. décrire les concepts liés au changement climatique et à l'ACC ;
- ii. décrire les différents types d'adaptation ;
- iii. comprendre comment le changement climatique affecte les secteurs de développement ;
- iv. expliquer la vulnérabilité des populations et des forêts au changement climatique ;
- v. analyser les déterminants de l'adaptation au changement climatique dans le secteur forestier ;
- vi. décrire les facteurs qui influent sur l'adaptation ;
- vii. décrire les actifs et les ressources de l'ACC ;
- viii. appliquer différents outils pour hiérarchiser les options d'adaptation ;
- ix. appliquer/opérationnaliser les mécanismes de financement de l'adaptation ;
- x. décrire les outils analytiques de base pour identifier les opportunités d'intégration et les points d'entrée ;
- xi. identifier des exemples appropriés à adopter dans ses propres situations ;
- xii. analyser les approches de suivi et d'évaluation de l'adaptation ; et
- xiii. concevoir et opérationnaliser des projets d'adaptation.

PARTIE I :
CONCEPTS D'ADAPTATION
AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Chapitre 1 : Aperçu des Concepts D'adaptation

1.1 Aperçu du chapitre

Les écosystèmes forestiers régulent les systèmes climatiques grâce à leur capacité à accumuler d'énormités de carbone (C) dans la biomasse, la litière et le sol. À cet égard, l'importance des forêts a été soulignée dans l'atténuation et l'adaptation au changement climatique. Afin de comprendre les concepts d'adaptation, il est important que vous vous familiarisiez avec la signification de certains termes et concepts opérationnels clés utilisés dans l'adaptation au changement climatique (ACC). Ce chapitre présente aux apprenants les concepts de changement liés à l'adaptation et à la vulnérabilité.



Résultats d'apprentissage

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

- i. définir les termes opérationnels de l'adaptation au changement climatique ;
- ii. définir l'ACC ; et
- iii. expliquer le but des évaluations de vulnérabilité.



Activité 1.1 Remue-méninges (10 minutes)

Définissez certains des concepts liés à l'ACC qui vous sont familiers.

1.2 Terminologies de base pour l'adaptation au changement climatique

1.2.1 Changement et variabilité climatiques

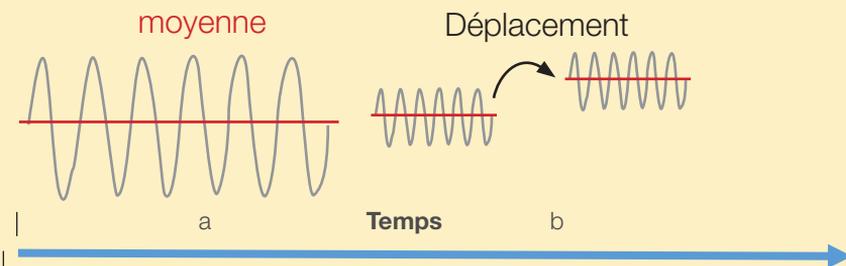
Afin de comprendre les concepts d'adaptation, il est important que vous vous familiarisiez avec la signification de certains termes et concepts opérationnels clés utilisés dans l'ACC.

Le changement climatique fait référence à 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 telles que les modulations des cycles solaires ou à des changements anthropiques persistants dans la composition de l'atmosphère ou dans l'utilisation des terres (GIEC, 2012). Le changement montre les caractéristiques de l'état moyen. Outre le changement climatique qui se manifeste par des événements météorologiques extrêmes, la variabilité climatique affecte également différents secteurs.

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) (GIEC, 2012).



Activité 1.2 Question textuelle
 Lequel des éléments suivants représente le changement climatique et la variabilité climatique ?



1.2.2 Événements extrêmes

Selon McCarthy et al. (2001), les événements **climatiques extrêmes** ou les événements météorologiques extrêmes sont des événements qui sont rares à un endroit particulier et à une période particulière de l'année. Les caractéristiques des conditions météorologiques extrêmes peuvent varier d'un endroit à l'autre dans l'absolu. Lorsqu'un modèle de conditions météorologiques extrêmes persiste pendant un certain temps, comme une saison, il peut être classé comme extrême, surtout s'il donne une moyenne ou un total qui est lui-même extrême (par exemple, sécheresse ou fortes pluies sur une saison) (GIEC, 2014).

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 pour faciliter l'adaptation au changement climatique (Noble et al., 2014).

1.2.3 Aléas et risques

Un **aléa** est la survenance potentielle d'un événement, d'une tendance ou d'un impact physique naturel (événement ou phénomène physique) ou induit par l'homme qui peut entraîner 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 fourniture de services, d'écosystèmes et de ressources environnementales (UNISDR, 2009). En d'autres termes, un aléa est décrit comme une rupture de l'équilibre dans le système d'événements naturels (Burton et al., 1993). Dans ce recueil, le terme aléa fait généralement référence à des événements ou tendances physiques liés au climat ou à leurs impacts physiques (GIEC, 2014). Un aléa climatique est tout processus ou événement physique (phénomènes, variables hydrométéorologiques ou océanographiques) qui peut nuire à la santé humaine, aux moyens de subsistance ou aux ressources naturelles, tandis que l'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 (GIEC, 2014).

Le risque fait référence au potentiel de conséquences où quelque chose de valeur humaine (y compris les humains eux-mêmes) est en jeu et dont le résultat est incertain (GIEC, 2014). Les risques liés au climat sont créés par une série de dangers. Certains aléas tels que les changements de température et de précipitations entraînant des sécheresses ou des pertes agricoles apparaissent lentement tandis que d'autres tels que les tempêtes tropicales et les inondations sont des événements plus soudains (CCNUCC, 2020a). Le risque émergent est un risque résultant de l'interaction de phénomènes dans un système complexe. C'est le cas par exemple du risque causé lorsque les déplacements géographiques de la population humaine en réponse au changement climatique entraînent une vulnérabilité et une exposition accrues des populations dans la région réceptrice (GIEC, 2014).

1.2.4 Incertitude

L'incertitude est une condition caractérisée par des indéterminations et fait référence à ce que nous ne pouvons pas savoir avec certitude en termes de résultats, d'effets ou d'impacts d'un événement particulier lorsque les probabilités ne peuvent pas être calculées (Walker et al., 2003). C'est une condition où les connaissances sont limitées, ce qui rend impossible d'expliquer avec précision une situation existante ou des résultats futurs. Il est utilisé lors de la prévision d'événements futurs, pour vérifier les mesures déjà effectuées ou pour déterminer l'inconnu.

Les exemples incluent les incertitudes croissantes concernant les températures extrêmes, les régimes spatio-temporels de précipitations ainsi que les sécheresses, les cyclones et les inondations (Mehta et al., 2019). La modélisation du climat futur basée sur la température et les 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).

Les incertitudes concernent des situations où il est impossible de décrire exactement l'état des résultats futurs. Dans l'ACC, 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 provenir de causes et de situations multiples : le manque d'informations ou au contraire l'abondance d'informations avec différentes informations contradictoires, les erreurs de mesure, l'ambiguïté linguistique ou la subjectivité des opinions (econadapt-toolbox.eu).

Il est important de noter que la surabondance 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) à savoir :

l'incertitude épistémique : observée lorsqu'il n'y a pas suffisamment d'informations ou de connaissances pour caractériser les phénomènes ;

l'incertitude normative : observée lorsqu'il n'y a pas d'accord préalable sur le cadrage des problèmes et les moyens de les étudier scientifiquement ; et

l'incertitude translationnelle : observée lorsqu'il y a des résultats scientifiques contradictoires ou incomplets.

Le GIEC (2007a) classe cependant les incertitudes en « incertitudes de valeur » et « incertitudes structurelles ». Les incertitudes sur les valeurs 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 découlent d'une compréhension incomplète des processus qui contrôlent des valeurs ou des résultats particuliers, généralement décrits par un jugement collectif sur la confiance des auteurs dans l'exactitude d'un résultat. Dans les deux cas, l'estimation des incertitudes consiste intrinsèquement à décrire les limites des connaissances et, pour cette raison, implique un jugement d'expert sur l'état de ces connaissances. Les systèmes qui sont chaotiques ou qui ne sont pas totalement déterministes par nature ont un type d'incertitude différent résultant de capacités limitées à projeter tous les aspects du changement climatique.

1.2.5 Vulnérabilité

Le terme **vulnérabilité** est dans la plupart des cas utilisé pour décrire les effets potentiels (négatifs) du changement climatique sur les écosystèmes, les infrastructures, les secteurs économiques, les groupes sociaux, les communautés et les régions. La vulnérabilité en général n'a pas de définition universellement acceptée et il n'existe pas de conceptualisation unique « correcte » ou « meilleure » qui conviendrait à tous les contextes d'évaluation (c'est-à-dire que chaque communauté a ses propres définitions) (EEA, 2015). Ainsi, il est nécessaire de préciser clairement quels termes sont utilisés dans un contexte spécifique.

1.2.6 Vulnérabilité au changement climatique

Il s'agit du degré auquel un système est susceptible et incapable de faire face aux effets néfastes du changement climatique, y compris la variabilité et les extrêmes climatiques. La vulnérabilité est fonction du caractère, de l'ampleur et du rythme du changement et de la variation climatiques auxquels un système est exposé, sa sensibilité et sa capacité d'adaptation (GIEC, 2007b). L'impact du changement climatique est déterminé par les signaux climatiques auxquels un système est exposé et sa sensibilité. Les impacts potentiels seraient réalisés si le système n'avait aucun potentiel d'ajustement ou si aucune mesure d'adaptation n'était prise (Fritzsche et al., 2014).

L'impact potentiel est donc déterminé par l'exposition et la sensibilité et la vulnérabilité globale 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, qui dépend strictement de l'exposition et de la sensibilité (Fellmann, 2012).

La vulnérabilité peut également être définie comme une vulnérabilité physique ou biophysique (le degré et la sensibilité aux dommages résultant d'incidents ou de catastrophes climatiques particuliers) ou la vulnérabilité sociale (l'incapacité des individus, des organisations et des sociétés à résister aux effets néfastes de multiples facteurs de stress dus partiellement aux caractéristiques inhérentes aux interactions sociales et aux institutions) (Adger et al., 2004). La vulnérabilité biophysique se concentre sur la nature, la fréquence et l'ampleur de l'événement naturel extrême lui-même et ses impacts sur les

ressources d'une société et est l'exposition des systèmes humains aux événements naturels extrêmes et, par conséquent, aux aléas (Burton et al., 1993). Les ressources biophysiques comprennent la qualité du sol, la disponibilité de l'eau, la lumière du soleil, le dioxyde de carbone (CO₂), l'adéquation de la température et, dans certains cas, l'abondance des pollinisateurs (Myers et al., 2017). La vulnérabilité sociale est le produit de l'environnement social, politique et économique illustré par la manière dont il structure la vie des différents groupes de personnes (Blaikie et al., 1994). 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 sociale

La disponibilité des ressources naturelles a toujours été importante pour le bien-être des systèmes humains car les sociétés obtiennent la plupart des ressources les plus importantes (autres que la nourriture et l'eau) des écosystèmes forestiers (bois pour le bois et le combustible, aliments sauvages, fibres pour l'habillement, plantes médicinales à des fins médicales et religieuses, ainsi que du matériel pour des activités génératrices de revenus). Le changement climatique ainsi que les activités anthropiques peuvent conduire à la perte des ressources naturelles aboutissant à 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 affectées à s'adapter ou à faire face à ce stress, de l'accès aux services de santé et des conditions écologiques existantes (OCDE, 2009). La vulnérabilité d'une communauté au changement climatique est cependant 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 (GIEC, 2007b ; Lavell et al., 2012). À cet égard, les systèmes socio-économiques jouent un rôle dans l'amplification ou la modération des impacts du changement climatique, en fonction des vulnérabilités sociales associées aux facteurs socio-économiques, culturels et environnementaux (GIEC, 2007b ; OCDE, 2009). À cet égard, la CCNUCC (2019a) a montré que les facteurs de vulnérabilité comprennent le statut d'un pays (par exemple, être un petit État insulaire en développement ou un pays moins avancé (PMA), le manque de terres, l'isolement, l'emplacement à haut risque la croissance de la population, la nature et la dégradation des terres, la pauvreté, les pénuries alimentaires, l'insuffisance des infrastructures, la concentration d'activités ou de populations dans des zones à haut risque, la faible capacité, la dépendance à l'égard des ressources naturelles (par exemple, les précipitations) ou des secteurs économiques (par exemple, les combustibles fossiles) ou des processus (par exemple, le dessalement de l'eau), et le mauvais secteur de la santé.



Activité 1.3 (Remue-méninges) (15 minutes)

Discuter de la manière dont le changement climatique et la variabilité climatique affectent la vulnérabilité des forêts, des arbres, des personnes et d'autres secteurs du développement socio-économique.

Selon les projections, le continent Africain serait le plus vulnérable aux impacts du changement climatique en raison de facteurs liés aux sécheresses récurrentes, à la pauvreté généralisée, à la répartition inéquitable des terres et à la dépendance excessive vis-à-vis de l'agriculture pluviale et des ressources naturelles (GIEC, 1998). Ceci est également confirmé par le GIEC (2007b) qui a montré que les principaux secteurs vulnérables comprenaient l'agriculture, de l'alimentation, les infrastructures, la santé et les ressources en eau.

1.2.7 Résilience

La résilience se définit de plusieurs manières mais le sens reste le même, celui de la capacité d'un système à récupérer après une perturbation. Le Bureau des Nations Unies pour la réduction des risques de catastrophe (UNDRR, 2009) a défini la résilience comme « la capacité d'un système, d'une communauté ou d'une société exposée à un aléa à résister, absorber, s'adapter, se transformer et se remettre des effets de l'aléa en temps opportun et de manière efficace, notamment grâce à la préservation et à la restauration de ses structures et fonctions de base essentielles grâce à la gestion des risques ». Le GIEC (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 à s'adapter au stress et au changement ». Dans un système plus vulnérable, la résilience diminue à mesure que la vulnérabilité augmente face à des perturbations majeures telles que celles liées au changement climatique.

Une approche de résilience du développement durable met l'accent sur le renforcement des capacités pour faire face aux événements inattendus. L'approche considère l'interaction des personnes 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 l'apport de la nourriture, de l'eau, et les valeurs spirituelles ou culturelles, ils démontrent leur dépendance et leur interaction avec la biosphère. Les gens transforment également la biosphère de nombreuses façons grâce à des activités telles que le braconnage du bois, l'agriculture, les colonies, la construction de routes et des villes. Une approche de réflexion sur la résilience tente d'explorer les meilleures options de gestion pour ces systèmes interdépendants, c'est-à-dire les personnes et la nature (systèmes socio-écologiques) afin de garantir la durabilité et la fourniture résiliente des services écosystémiques nécessaires qui soutiennent l'existence humaine (Simonsen et al., 2015).

1.2.8 Contrôle de la situation

Le contrôle de la situation est une réaction intermédiaire à la variabilité, tandis que l'adaptation est un système essentiel pour faire accepter une nouvelle gamme de contrôle (Mertz et al., 2009). L'acclimatation est une forme d'adaptation qui se produit soudainement par des déterminations auto-dirigées (FAO, 2008).

Il existe plusieurs mesures d'adaptation possibles et pour les systèmes humains, le processus implique l'engagement et la consultation approfondie de multiples acteurs à différents niveaux et dans plusieurs secteurs et appelle à l'analyse des menaces actuelles aux stress et aux chocs climatiques, et à leur modélisation pour prédire les futurs impacts climatiques. (CARE International, 2009). Le processus nécessite une compréhension des vulnérabilités prédominantes 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 d'adaptation peuvent être initiées par l'État, tandis que d'autres sont le fait de groupes privés ou d'individus concernés. Certaines activités se déroulent de manière autonome, tandis que d'autres sont planifiées. Des exemples de mesures d'adaptation comprennent 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 de systèmes de communication pour améliorer la gestion des risques, etc. (UNFCCC, 2010). À cet égard, s'adapter signifie qu'un système est capable de maintenir ou de renforcer sa résilience face aux perturbations existantes (Adger et al., 2013). Cependant, les plans d'adaptation doivent évaluer toutes les actions envisagées par rapport à leur potentiel de maladaptation.

1.2.9 Adaptation

L'**adaptation** fait référence au processus d'ajustement aux changements réels et attendus du climat, ou à ses effets sur les systèmes sociaux et écologiques, et englobe les différentes activités adaptées aux spécificités des groupes cibles, des secteurs et des lieux (OCDE, 2009). L'adaptation est axée sur les **événements météorologiques extrêmes** représentés par des événements météorologiques qui ne se produisent que rarement dans des endroits particuliers et au cours d'une saison particulière, et qui s'écartent fortement des conditions météorologiques saisonnières habituelles à un endroit particulier. Lorsque les phénomènes météorologiques extrêmes s'additionnent sur une période plus longue, dans certaines circonstances, ils peuvent être qualifiés d'événements climatiques extrêmes. Un événement météorologique classé comme extrême dans une région peut être tout à fait normal dans une autre (GIEC, 2012). L'**Adaptation** au changement climatique couvre toutes les mesures qui préparent les systèmes naturels et artificiels à survivre aux impacts du changement climatique avec le moins de dommages possible ou sont capables de tirer parti des opportunités potentielles présentées par le changement climatique (GIEC, 2001).

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

Il existe un large éventail de mesures d'adaptation possibles. Alors que l'adaptation est un changement plus fondamental du système pour permettre l'établissement d'une nouvelle gamme d'adaptation, l'ajustement est la réaction à court terme à la variabilité (Mertz et al., 2009). Le processus d'adaptation dans les systèmes humains nécessite un engagement important des acteurs à plusieurs niveaux, dans plusieurs secteurs ; une évaluation de l'exposition existante aux chocs et stress climatiques, ainsi qu'une évaluation basée sur des modèles 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 aux changements qui ont déjà eu lieu. Certaines sont initiées par l'État, d'autres par des organisations privées ou des personnes concernées. Certains se produisent de manière autonome, d'autres sont planifiés. Citons par exemple l'utilisation des plantes plus tolérantes aux fortes chaleurs dans l'agriculture et la sylviculture, le développement de systèmes de communication pour améliorer la gestion des risques, etc. A cet égard, s'adapter implique d'une part de maintenir ou de renforcer la résilience face aux perturbations actuelles, et d'être capable de planifier à long terme, d'autre part (Cardona et al., 2012). Un plan d'adaptation doit évaluer chaque action envisagée par rapport à son potentiel de mauvaise adaptation.

1.2.10 Maladaptation

La **maladaptation** est un processus où la vulnérabilité à la variabilité et au changement climatique devient plus grande qu'auparavant, ce qui compromet directement ou indirectement et/ou de manière significative les capacités ou les opportunités d'adaptation actuelle et future. De nombreuses initiatives qualifiées d'ACC sont apparues comme une maladaptation dans les pays en développement et développés en raison d'un échec à s'adapter de manière adéquate ou appropriée à l'environnement ou aux situations (Magnan, 2014). Des cadres pour éviter la maladaptation ont été discutés par Magnan (2014). Voici des exemples de maladaptation décrits par Magnan (2014, 2016) :

- adopter des actions qui ignorent les relations locales, les traditions, les connaissances traditionnelles ou les droits de propriété, conduisant à un échec éventuel ;
- actions d'adaptation ignorant les impacts plus larges ;

- l'adaptation peut produire de bons résultats à court terme mais échouer à plus long terme, entraînant un risque qui peut accompagner de nombreuses actions à faibles regrets ;
- l'adaptation portant sur un secteur mais ne tenant pas compte des effets négatifs dans d'autres secteurs ou des valeurs d'autres personnes ; et
- la conservation des réponses traditionnelles qui ne sont plus appropriées.

Le GIEC (2007b) 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 fonctionnent efficacement, il est également nécessaire de se prémunir contre les déficits d'adaptation. Au fur et à mesure que le changement climatique s'accélère, le déficit d'adaptation est susceptible d'augmenter beaucoup plus à moins qu'un programme d'adaptation sérieux ne soit mis en œuvre.



Activité 1.4 Etude de texte (5 minutes)

Une adaptation produisant de bons résultats à court terme mais échouant à plus long terme entraîne un risque qui peut accompagner de nombreuses actions à faibles regrets et constitue une forme de maladaptation. L'énoncé est-il vrai ou faux ? Utilisez des exemples pour expliquer votre réponse.



Résumé

Nous avons appris que 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 qui persistent pendant une période prolongée, généralement des décennies ou plus. La variabilité climatique représente les variations spatiales et temporelles du climat autour de l'état moyen à toutes les échelles spatiales et temporelles au-delà de celle des événements météorologiques individuels. Les événements climatiques extrêmes ou les événements météorologiques extrêmes sont rares à un endroit particulier et à une période particulière de l'année. Les systèmes socio-écologiques doivent s'adapter aux événements extrêmes causés par le changement climatique en faisant face et en renforçant leur résilience. Les aléas reflètent la survenance potentielle d'événements ou de tendances physiques d'origine naturelle (événement ou phénomène physique) ou induits par l'homme, ou d'impacts physiques susceptibles d'entraîner des pertes de vie, des blessures ou d'autres impacts sur la santé, des dommages et des pertes de biens ou d'infrastructures, ayant un impact sur les moyens de subsistance et ressources environnementales. L'incertitude fait référence à ce que nous ne pouvons pas savoir avec certitude en termes de résultats, d'effets ou d'impacts d'un événement climatique particulier et les probabilités ne peuvent pas être calculées. L'exposition potentielle au danger est appelée risque. D'autres termes abordés incluent les événements extrêmes, la résilience, l'adaptation et la maladaptation. Nous avons conclu en retenant que la maladaptation se produit lorsque les effets des activités visant à réduire la vulnérabilité à la variabilité et au changement climatique entraînent des situations pires qu'auparavant, directement ou indirectement et/ou de manière significative, tout en compromettant les capacités ou les opportunités d'adaptation actuelles et futures.

Lecture complémentaire :

Forum Forestier Africain 2019a. Science fondamentale du changement climatique : recueil de cours pour les formations de courte durée dans le secteur forestier O3. Disponible sur : <https://afforum.org/publication/basic-science-of-climate-change-a-compendium-for-short-courses-in-foresterie-africaine/>.

GIEC, 2012 : Gérer les risques d'événements extrêmes et de catastrophes pour faire progresser l'adaptation au changement climatique. Un rapport spécial des groupes de travail I et II du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Field, CB, Barros, V., Stocker, TF, Qin, D., Dokken, DJ, Ebi, KL, Mastrandrea, MD, Mach, KJ, Plattner, G.-K., Allen, SK, Tignor, M. et Midgley, PM (Eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, NY, États-Unis. 582 p. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/SREX_Full_Report-1.pdf.

1.3 Aperçu des impacts du changement climatique et de la variabilité climatique sur les secteurs de développement

La grande majorité de l'Afrique dépend des secteurs primaires tels que l'agriculture et la pêche, pour l'alimentation, les fibres et les revenus, ce qui rend évidente la vulnérabilité au changement climatique dans ces secteurs sensibles au climat, tels qu'ils sont touchés par l'élévation du niveau de la mer, l'augmentation des températures, les inondations et les précipitations de plus en plus variables (CDKN, 2014). Le changement climatique est considéré comme l'un des principaux défis du développement durable car il a un impact négatif sur certains secteurs clés du développement tels que : l'agriculture, la foresterie, la santé, l'énergie, les transports et les infrastructures, le tourisme et les assurances. Cette section donne un aperçu des impacts du changement climatique sur les secteurs, les politiques et les stratégies de développement. Selon les prévisions de la Conférence ministérielle Africaine sur l'Environnement du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (CMAE/PNUE, 2002), les précipitations en Afrique pourraient diminuer de 5% en 2050 et devenir plus variables d'année en année et associées à d'autres changements, notamment la sécheresse, l'augmentation du CO₂ et les changements de rayonnement qui affectent directement la productivité des écosystèmes agricoles, halieutiques et forestiers car la croissance végétative, la production animale et leur développement dépendent de variables climatiques optimales. L'eau est une ressource importante pour la vie sur terre et les sécheresses causent la mort dans tous les écosystèmes. D'autre part, les inondations peuvent entraîner une intrusion d'eau salée et une contamination accrue de l'eau potable, contribuant à une gamme de problèmes de santé, notamment les maladies d'origine hydrique, la diarrhée, les vers intestinaux et le trachome (Muoghalu, 2014). L'élévation du niveau de la mer est le résultat de l'expansion thermique des océans, qui fait monter les températures océaniques (Conway, 2009) et a un impact sur la pêche, l'aquaculture et les activités agricoles côtières. L'augmentation des températures devrait entraîner une augmentation de l'eau libre et de l'évaporation sol-plante, entraînant une augmentation de l'évapotranspiration potentielle, une diminution du ruissellement et une réduction de l'eau du sol. Dans le secteur agricole, les changements dans les régimes pluviométriques, la température, le CO₂, les insectes nuisibles, les agents pathogènes animaux et végétaux et les mauvaises herbes associées au réchauffement climatique affectent la quantité et la qualité des aliments produits (Pimentel, 1993 ; Muoghalu, 2014). Bien que les secteurs soient touchés par le changement climatique, ils contribuent également au changement climatique par les émissions de gaz à effet de serre (GES). Cette section donne un aperçu des impacts du changement climatique sur les secteurs de développement, notamment la foresterie, l'agriculture, l'eau, l'énergie, les transports, l'eau, le développement des infrastructures et le tourisme.



Résultats d'apprentissage

À la fin de cette séance, 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 et la variabilité climatique ; et
- ii. décrire les impacts du changement climatique et de la variabilité climatique sur le secteur forestier et d'autres secteurs de développement socio-économique.



Activité 1.5 (Remue-méninges) (10 minutes)

Selon vous, quel secteur de développement est le plus touché par le changement climatique ?

1.3.1 Secteur forestier

Selon le lieu et les espèces concernées, le secteur forestier est positivement et négativement affecté par le changement climatique (Encadré 1.1). Certaines espèces disparaîtront tandis que d'autres domineront de nouvelles zones ou seront supprimées. Dans la plupart des cas, le changement climatique constituera un stress supplémentaire pour les habitats, les écosystèmes et les espèces qui sont déjà menacés, en particulier en Afrique. Cela entraînera probablement la migration des espèces et la réduction des habitats. La réduction des habitats et d'autres pressions induites par l'homme exposent jusqu'à 50% de la biodiversité totale de l'Afrique à des risques (Boko et al., 2007). En Afrique australe, l'empiètement de la brousse dans les zones forestières devrait augmenter en raison de l'augmentation des concentrations de CO₂ atmosphérique associée à une couverture végétale ligneuse accrue (Archer et al., 2011). Cela s'explique par le fait que les concentrations atmosphériques élevées de CO₂ réduisent les taux de transpiration des plantes, augmentent la disponibilité en eau du sol et la dominance compétitive et la productivité des plantes à racines profondes, telles que les arbres et les arbustes (Bond et Midgley, 2000).

Encadré 1.1 Impacts du changement climatique sur les forêts

- Des changements dans le cycle de vie des arbres (par exemple chute des feuilles).
- La vitalité et la productivité d'écosystèmes forestiers négativement affectées par une combinaison de hausse des températures et de diminution des précipitations.
- L'effet de fertilisation CO₂ et des saisons de croissance plus longues pouvant avoir un impact positif temporaire sur la croissance du bois (tant que l'approvisionnement en eau est suffisant) et pourraient affecter la qualité du bois et de la fibre.
- Des changements dans l'adéquation de site pour les espèces -> les espèces d'arbres thermophiles et tolérantes à la sécheresse (en particulier le hêtre) se propageront plus largement.
- Souffrance accrue des plantes à cause du stress dû à la sécheresse.
- Apparition d'organismes nuisibles non-indigènes, résistants 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 événements orageux, entraînant un risque plus élevé de bris lié au vent qui réduit la productivité des forêts.
- Les gelées tardives affectent négativement le développement des arbres.
- Risque accru de bris de neige en raison de l'augmentation de la neige mouillée.
- La diminution de la disponibilité de l'eau en été réduit les taux de survie des jeunes plants.
- Augmentation de la pression des insectes nuisibles et pathogènes (ex. scolytes, champignons)
- L'augmentation du stress climatique peut entraîner une déstabilisation des forêts protégées, représentant une menace pour leur fonctionnalité de protection (Prutsch et al., 2014).

Le GIEC (2007b) a ajouté que 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. De plus, Brown et al. (2004) ont montré que la hausse des températures augmente la probabilité, l'intensité, la taille et la fréquence des feux de forêt dans les forêts, ce qui a un impact sur la biodiversité.

La surexploitation des ressources terrestres, y compris des forêts et des sols, entraîne la désertification et la dégradation des terres qui augmentent également les menaces pour la biodiversité (PNUD, 2006 ; Wassie, 2020). De plus, les attaques d'insectes nuisibles et d'agents pathogènes déclenchées par le réchauffement climatique, l'augmentation de la fréquence des sécheresses, les changements dans les précipitations et l'augmentation des concentrations de CO₂ affectent les régimes de perturbation et la productivité. Ces changements façonnent les forêts du monde et le secteur forestier en augmentant les

niveaux d'insectes herbivores (Currano et al., 2008). Les changements de fréquence de la sécheresse peuvent entraîner des conséquences écologiques et de cycle de carbone fondamentalement différentes selon les écosystèmes (Teshome et al., 2020 ; Anderegg et al., 2020). L'encadré 1.2 donne une étude de cas des impacts du changement climatique sur les espèces en Afrique de l'Ouest.

Encadré 1.2 Étude de cas : Impacts du changement climatique sur la biodiversité et les aires protégées en Afrique de l'Ouest, Synthèse des résultats du projet Aires protégées résilientes au changement climatique en Afrique de l'Ouest (PARCC)

Les impacts du changement climatique sur la biodiversité dans l'ensemble du réseau d'aires protégées de la région de l'Afrique de l'Ouest devraient augmenter au cours du 21^e siècle. Des projections ont montré qu'entre 2070 et 2099, il est « très probable » que 91% des espèces d'amphibiens, 40% des espèces d'oiseaux et 50% des espèces de mammifères soient affectées par le changement climatique. Il est également « très probable » qu'aucune espèce d'amphibien, seulement trois espèces d'oiseaux et une espèce de mammifère ne sera mieux adaptée au climat de la région sur la même période. Les projections des conditions climatiques futures et les estimations du potentiel de dispersion des espèces montrent qu'un nombre important d'espèces ouest-africaines (y compris les amphibiens, les oiseaux, les poissons d'eau douce, les mammifères et les reptiles) seront vulnérables au changement climatique en raison de leurs caractéristiques biologiques spécifiques. Il est donc crucial d'améliorer d'abord l'efficacité de la gestion des aires protégées existantes pour leur donner une meilleure chance de faire face aux impacts du changement climatique. À cet égard, il est nécessaire de développer le suivi des espèces et la conception ou la révision de plans de gestion transfrontaliers pour tenir compte du changement climatique, ainsi que le développement d'un nouvel outil de suivi de l'efficacité de la gestion intégrant des éléments liés au changement climatique. Des stratégies d'adaptation et des recommandations politiques ont été élaborées pour l'adaptation et la gestion du climat aux niveaux national et régional (Plan de convergence de l'Afrique de l'Ouest). De plus, les résultats du projet PARCC ont été intégrés dans le site de Protected Planet, l'interface web de la Base de Données Mondiale sur les Aires Protégées, et permet d'accéder aux résultats des évaluations de vulnérabilité pour chaque aire protégée en Afrique de l'Ouest (<http://parcc.protectedplanet.net>).

Un Observatoire régional des aires protégées et de la biodiversité a également été créé en Afrique de l'Ouest pour une gestion efficace des aires protégées. Par conséquent, la prise en compte du changement climatique est essentielle pour maintenir l'efficacité des aires protégées dans le temps et dans l'espace. Le projet PARCC a atteint un certain nombre d'objectifs liés aux programmes d'aires protégées en Afrique de l'Ouest, notamment : (i) la collecte des données climatiques et des projections du changement climatique futur, (ii) la modélisation de la distribution future attendue des espèces d'oiseaux, de mammifères et d'amphibiens, (iii) l'évaluation de la vulnérabilité des espèces aux impacts du changement climatique, (iv) l'identification des zones résilientes au changement climatique qu'il serait bénéfique de protéger en tant que refuges pour la flore et la faune, et (v) la conception de systèmes de planification systématique de la conservation intégrant les informations susmentionnées. Ces systèmes ont permis d'effectuer des analyses de gap de la représentation des éléments de conservation dans les aires protégées existantes et l'identification des zones prioritaires pour la protection, c'est-à-dire où de nouvelles aires protégées pourraient être établies, où des aires protégées existantes pourraient être étendues et où des corridors de connectivité pourraient être établis ou restaurés. Les résultats ont contribué au développement de stratégies et d'outils pour accroître la résilience des aires protégées face au changement climatique et pour renforcer les capacités en Afrique de l'Ouest (Belle et al., 2016).

Les forêts sont importantes pour les communautés car elles sont des sources de bois de chauffage, de bois, de médicaments traditionnels, d'aliments de base et d'aliments d'urgence en cas de sécheresse. Une grande partie de la population Africaine vit dans les zones rurales et dépend des forêts pour sa subsistance. En outre, les forêts, les arbres et les arbustes fournissent des services écosystémiques de stockage de l'eau et de transpiration de l'eau nécessaire aux précipitations, au maintien de la fertilité des sols, à la séquestration du carbone et à la fourniture d'habitats pour un large éventail d'espèces végétales et animales (Muoghalu, 2014).

1.3.2 Secteur agricole

L'agriculture est l'un des secteurs clés du développement puisqu'elle est la source essentielle de l'approvisionnement alimentaire mondial, des revenus et de l'emploi. Cependant, le secteur est actuellement affecté par le changement climatique et la variabilité climatique, ce qui a des implications sur l'approvisionnement alimentaire mondial puisque l'agriculture est la principale source de nourriture, de revenus et d'emplois. 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 endommager les cultures, le bétail et les êtres humains. Les impacts du changement climatique sont plus sévères pour ceux qui dépendent totalement des activités pluviales (Ludena et al., 2015 ; Pereira, 2017 ; Kassaye et al., 2021). Le secteur agricole assure 80% des moyens de subsistance de la population dans les zones arides et semi-arides d'Afrique (FAO, 2016a). Cependant, la production agricole devrait baisser de plus de 20% d'ici 2020 dans certaines régions d'Afrique, en raison du changement climatique, affectant principalement les petits agriculteurs (Schlenker et Lobell, 2010 ; Thornton et al., 2011) qui dépendent fortement de la pluie et des ressources naturelles. Les humains sont principalement liés à la terre, par le biais des activités agricoles et forestières, qui ont également un impact significatif sur les systèmes fonctionnels de la terre en dégradant (par une mauvaise gestion) ou en utilisant durablement les ressources terrestres. Malgré les impacts, l'agriculture a toujours été un secteur clé ciblé pour l'ACC et les activités d'atténuation tout en assurant la sécurité alimentaire d'une population croissante. Actuellement, la sécurité alimentaire et la résilience des écosystèmes sont les sujets les plus préoccupants dans le monde. Il est recommandé que l'agriculture intelligente face au climat est le seul moyen de réduire l'impact négatif des variations climatiques sur l'adaptation des cultures, avant qu'elles n'affectent de manière drastique la production agricole mondiale (Raza et al., 2019).

Le changement climatique est lié aux invasions d'insectes en Afrique de l'Est et cela a été aggravé 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) venus de l'océan Indien ont créé un terrain propice au criquet pèlerin et la première vague d'infestations en Afrique de l'Est a été fin 2019 détruisant 70 000 ha de terres agricoles en Somalie et 2 400 km² en Éthiopie respectivement (Kennedy, 2020). À cet égard, le réchauffement climatique a joué un rôle dans la création des conditions nécessaires au développement, à l'apparition et à la survie des criquets (Meynard et al., 2020).

Les conditions climatiques telles que les températures extrêmes et les précipitations extrêmes peuvent empêcher la plupart des cultures de bien pousser, bien que les augmentations de température puissent entraîner une augmentation des rendements pour certaines cultures (par exemple, encadré 1.3). Bien que l'augmentation du CO₂, le principal GES, puisse favoriser la croissance des plantes, elle peut réduire les valeurs nutritionnelles de la plupart des cultures vivrières. Par exemple, l'augmentation des niveaux de CO₂ atmosphérique peut réduire la concentration 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). De plus, il existe de nombreux insectes nuisibles, 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). En outre, le continent Africain devrait connaître une augmentation des insectes ravageurs et des agents pathogènes des cultures en réponse aux variations de température et de précipitations, en plus de la faible fertilité des sols (FAO, 2009).

Encadré 1.3 Étude de cas : Changement climatique et agriculture en Ouganda

Selon la FAO et le PNUD (2020), le climat de l'Ouganda est en grande partie une savane tropicale avec des poches de mousson, des régions climatiques équatoriales et semi-arides. On estime que 66% de la population ougandaise est engagée dans l'agriculture, avec 80% de la population rurale, principalement des petits exploitants, dépendant de l'agriculture de subsistance. Environ 96 % des parcelles agricoles dépendent de la pluie comme principale source d'eau, et seulement 1 % dépend de l'irrigation. Compte tenu de la dépendance à l'égard de l'agriculture pluviale, le changement climatique devrait poser des risques majeurs pour la disponibilité et la production d'eau. Depuis 1960, les températures moyennes annuelles ont augmenté de 1,30°C tandis que les précipitations annuelles et saisonnières ont considérablement diminué à travers le pays. Plus de la moitié du pays est vulnérable aux sécheresses et un tiers aux inondations. Les petits exploitants agricoles, les éleveurs et les pêcheurs subissent ces impacts de la manière la plus aiguë. À cet égard, le changement climatique augmente le risque d'insécurité alimentaire et de pauvreté.

Afin de s'adapter, les pays en développement ont besoin d'un soutien efficace fondé sur une compréhension approfondie des véritables moteurs de la marginalisation et de l'insécurité alimentaire. Une étude de Moseley (2016) au Botswana a montré que les efforts internationaux pour soutenir l'ACC auront un effet limité sur les moyens de subsistance des petits exploitants agricoles et la sécurité alimentaire rurale à moins que ces efforts ne tiennent compte des contraintes politiques et économiques.

L'effet de fertilisation du CO₂ provoque une augmentation possible de la croissance des plantes résultant d'un 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 qui ont une voie photosynthétique C3, par exemple le blé et les pommes de terre, tandis que celles qui ont une voie photosynthétique C4, comme le maïs, le manioc et la canne à sucre n'en bénéficieront pas. L'effet de la fertilisation varie cependant entre les espèces et aussi entre les régions, car des études ont montré qu'environ 50 à 70% de la variabilité des rendements étaient attribuées aux réponses des cultures à une élévation du CO₂ et du climat (McGrath et Lobell, 2013).

1.3.3 Secteur de l'eau

Le secteur de l'eau sera affecté différemment selon les régions d'Afrique. En Afrique de l'Est, les inondations créent un risque plus élevé de dommages aux infrastructures et d'impacts sur la santé, tandis que l'Afrique australe devrait connaître la plus grande réduction des précipitations avec des risques de sécheresse (Serdeczny et al., 2016). Les ressources en eau sont donc étroitement liées au changement climatique et sont le produit de la quantité de précipitations et de la recharge des eaux souterraines entraînant une modification des nappes ou des niveaux des eaux souterraines (Taylor et al., 2013). L'augmentation ou la diminution des précipitations pendant la saison des pluies affecte d'autres secteurs (par exemple l'agriculture, la foresterie, les transports et les infrastructures et le tourisme, etc.) entraînant des impacts économiques importants principalement en raison de la vulnérabilité des cultures/du bétail à la sécheresse ou aux inondations. L'évaporation accrue et la diminution des précipitations peuvent entraîner une diminution de l'humidité du sol disponible pour les plantes, affectant par conséquent les rendements des cultures et la sécurité alimentaire. Mac Donald et al. (2012) ont montré que de

nombreuses régions rurales d'Afrique subsaharienne dépendent des eaux souterraines comme seule source d'eau potable. Les inondations peuvent également provoquer une contamination de l'eau potable tandis que la hausse des températures peut augmenter la température de l'eau de surface associée à la transmission de maladies. En outre, la réduction des précipitations et l'augmentation de l'évaporation peuvent également entraîner une réduction du rendement en eau des sources proches de la surface affectant les forêts et les activités agricoles, les débits des cours d'eau et la disponibilité de l'eau (Zhang, 2015). Trop d'eau sous forme d'inondations rend les gens vulnérables aux risques d'inondation et à la pollution (Prutsch et al., 2014).

En outre, la réduction des précipitations et l'augmentation de l'évaporation peuvent également entraîner une réduction du rendement en eau des sources proches de la surface, affectant ainsi

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

Des activités de gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) et de gestion des bassins versants ont été mises en œuvre 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. Le PNUD (2018) a montré que les communautés de certains pays d'Afrique ont mis en œuvre la réhabilitation et la gestion des bassins versants, notamment l'Éthiopie grâce à la conservation intégrée des sols et de l'eau, le Rwanda grâce à la plantation d'arbres sur des pentes non couvertes, le terrassement de terres boueuses, les barrières de rétention d'eau et l'ouverture de tranchées et le Zimbabwe par la construction/réhabilitation d'infrastructures adaptatives à faible coût, l'agriculture de conservation, la diversification des produits. Les arbres dans les bassins versants réduisent l'érosion, améliorent l'infiltration et créent un microclimat favorable.

1.3.4 Secteur de la santé

Le changement climatique peut affecter le secteur de la santé directement ou indirectement. La Commission économique des Nations Unies pour l'Afrique a déclaré que les impacts directs comprennent (mais sans s'y limiter) l'exposition à des températures extrêmes pouvant entraîner des cancers et des maladies liés aux ultraviolets et nuire à la qualité de l'air (UNECA, 2011). De plus, l'augmentation des précipitations peut entraîner une exposition à des maladies d'origine hydrique telles que le paludisme, la diarrhée et la tuberculose (Guernier et al., 2004). La hausse des températures entraîne des changements dans la répartition géographique de certains vecteurs de maladies qui peuvent migrer vers de nouvelles zones et à des altitudes plus élevées. Par exemple, le moustique du paludisme migrera vers des altitudes plus élevées, exposant de nombreuses personnes qui ne l'étaient pas auparavant à l'infection, en particulier dans les zones densément peuplées de l'est des hautes terres de l'Afrique de l'est (Boko et al., 2007).

La variabilité climatique attendue interagira avec d'autres vulnérabilités et stress tels que le VIH/SIDA (affectant 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). Le secteur de la santé en Afrique est également affecté par le changement climatique en raison de la vulnérabilité de sa population qui varie selon les régions et les communautés à cause des différences de conditions socio-économiques, des différences géographiques, des infrastructures de santé existantes, des microclimats et de l'épidémiologie sous-jacente. Les forêts offrent des avantages directs et indirects qui sont importants pour la santé et le bien-être humains, en particulier pour les communautés pauvres qui dépendent des aliments sauvages et des plantes médicinales pour leur survie (Dhlamini, 2019).

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 en plus des services environnementaux tels que la fourniture de ressources en eau douce, la fertilité et la conservation des sols, le contrôle des inondations, la régulation du microclimat et l'habitat pour la biodiversité (FAO, 2020b).

La FAO (2020b) a confirmé que même les produits pharmaceutiques commerciaux, y compris les médicaments utilisés pour la prévention du diabète, du paludisme, du traitement du cancer et des affections de la prostate, sont à base de plantes. Bien que certains des médicaments soient en cours de synthèse, environ 60% sont encore prélevés dans la nature.

Le PNUE (2016) a montré qu'environ 60% de toutes les maladies infectieuses humaines et 75% de toutes les maladies infectieuses émergentes trouvent leur origine chez les animaux. Les risques que les agents pathogènes passent des animaux sauvages et domestiques aux humains ont été exacerbés par les changements mondiaux, y compris le changement d'utilisation des terres, l'empiètement des humains 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, 2020b). Ebola, le VIH et le COVID-19 sont liés aux animaux sauvages et proviennent de la forêt avec des virus associés (Andersen et al., 2020), par exemple, l'émergence de la perte d'habitat des chauves-souris due à la déforestation et à l'expansion agricole (UNEP, 2016) et les épidémies d'Ebola en Afrique de l'Ouest ont été liées à la perte de forêts (Olivero et al., 2017). Le PNUE (2020a) a décrit six faits importants sur les épidémies de maladies infectieuses et a souligné que l'intégrité des écosystèmes sous-tend la santé et le développement humains, car les changements environnementaux induits par l'homme modifient la structure des populations d'animaux sauvages et réduisent la biodiversité, entraînant de nouvelles conditions environnementales qui favorisent des hôtes, des vecteurs et/ou des agents pathogènes particuliers.

1.3.5 Secteur des infrastructures/construction et logement

Le changement climatique affecte également le secteur des infrastructures, de la construction et du logement en raison de la destruction des infrastructures, principalement à cause des fortes pluies, car il affecte directement les capacités des systèmes résidentiels d'eaux pluviales et d'eaux usées tels que les gouttières et les stations d'épuration (Pudyastuti et Nuraghe, 2018). Outre les conflits sociaux et la pollution, l'augmentation de la fréquence et de l'ampleur des catastrophes météorologiques continue de poser des problèmes dans les établissements humains, les infrastructures et l'industrie. Les cyclones tropicaux et les inondations peuvent causer de graves dommages et pertes de biens (Pudyastuti et Nugraha, 2018) tandis que les sécheresses et autres catastrophes induites par les conditions météorologiques activent les pénuries alimentaires et les mouvements de migrants. En Afrique, la population dans les zones urbaines est relativement faible mais est susceptible d'augmenter et de poser davantage de problèmes (Stapleton et al., 2017).

1.3.6 Secteurs des transports et de l'énergie

Le secteur des transports englobe le transport routier, ferroviaire, aérien et maritime et est 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 une bouée de sauvetage pour les moyens de subsistance économiques et agricoles, 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 traversant des emplacements géographiques peuvent être peu nombreuses, ce qui rend chaque route essentielle pour l'accès aux services et d'autres domaines. 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. Les événements extrêmes tels que les cyclones et les inondations présentent un risque coûteux pour les infrastructures routières en termes de dégradation, d'entretien requis et de réduction potentielle de la durée de vie résultant des impacts climatiques (Schweikert et al., 2014). Des températures plus élevées ramollissent et dilatent les chaussées, créant des ornières et des nids-de-poule et une déformation des voies ferrées.

Les combustibles fossiles, notamment le pétrole, le charbon et le gaz naturel, fournissent 90% de la consommation énergétique mondiale (Darwishi et al., 2016). Le secteur de l'énergie figure parmi les plus grands contributeurs d'émissions car la combustion de combustibles fossiles libère des GES (GIEC, 2011 ; Abdollahi, 2020). Cependant, le secteur est également impacté par le changement climatique dans le sens où une augmentation ou une diminution de la température entraîne des besoins énergétiques accrus pour le refroidissement ou le chauffage. En outre, la réduction des précipitations affecte la production d'électricité, tandis que des précipitations abondantes sont associées à des interruptions de l'alimentation électrique (Pudyastuti et Nugraha, 2018). L'augmentation ou la réduction des températures affecte également la conception des logements pour améliorer les systèmes de chauffage et de refroidissement. En outre, il existe des risques d'augmentation du stress thermique et de détérioration des conditions intérieures en raison de concentrations plus élevées de polluants à l'intérieur des bâtiments ou de mesures d'étanchéité/isolation.

1.3.7 Secteur du tourisme

Le tourisme est un phénomène social, culturel et économique qui implique le déplacement de personnes vers des pays ou des lieux en dehors de leur environnement habituel à des fins personnelles ou commerciales/professionnelles. Les activités du secteur du tourisme prennent la forme de voyages et de loisirs, y compris le tourisme côtier et balnéaire (OMT, 2018). Le changement climatique affecte le tourisme car les conditions de chaleur, de précipitations, de neige ou d'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, bien que le tourisme puisse entraîner une augmentation de la dégradation (Lemelin et al., 2012). L'élévation du niveau de la mer et des océans plus acides menaceront les 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. Le changement climatique entraînera des changements dans la biodiversité, affectant l'écotourisme (Nicholls, 2014). Les précipitations changeantes affecteront la disponibilité de l'eau et affecteront les vacances qui sont normalement prévues dans des conditions météorologiques favorables. La chaleur, le froid et la pluie affectent les activités touristiques.

Les phénomènes météorologiques extrêmes sont susceptibles de devenir plus fréquents, perturbant les déplacements et endommageant les infrastructures, et l'assurance risque de devenir plus chère, voire indisponible (Nicholls, 2014).

Le changement climatique affecte la demande et la disponibilité d'énergie et d'eau pour le secteur du tourisme. Certaines organisations telles que Conservation International ont soutenu le développement du tourisme axé sur la nature pour réduire la pauvreté et conserver la biodiversité (Conservation International, 2016).



Activité 1.6 Etude de texte (5 minutes)

Comment rendre les réponses au changement climatique plus efficaces pour les différents secteurs de développement ?



Résumé

Au cours de cette session, nous avons eu un aperçu des impacts du changement climatique dans huit secteurs de développement. La majorité des nations Africaines dépendent des secteurs primaires tels que l'agriculture et la pêche, pour l'alimentation, les fibres et les revenus, ce qui rend évidente leur vulnérabilité au changement climatique dans ces secteurs sensibles au climat. Nous avons appris que le changement climatique affecte tous les secteurs, le degré d'impact variant selon la localité et le niveau de développement.

1.4 Vulnérabilité des forêts et des populations au changement climatique

Les forêts sont vulnérables au changement climatique, mais elles peuvent également être importantes pour que les humains et les écosystèmes s'adaptent au changement climatique. Les forêts comme moyen d'ACC sont présentées lorsque les forêts deviennent essentielles dans 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). Cela nécessite la prise en compte des forêts lors de l'élaboration de politiques et de stratégies d'adaptation au niveau du paysage. Les forêts sont également essentielles à l'infiltration de l'eau car elles réduisent le ruissellement et interceptent les précipitations, réduisant l'évapotranspiration et la recharge des eaux souterraines. Elles régulent les débits de base pendant les saisons sèches et les débits de pointe lors des événements pluvieux. Ce sont des services qui sont importants pour améliorer l'adaptation des populations à la variabilité et au changement climatiques. En outre, les forêts préviennent l'érosion et les glissements de terrain en stabilisant les sols et en réduisant davantage les impacts négatifs des aléas climatiques sur les infrastructures, l'approvisionnement en eau et les habitations. Les bassins versants boisés régulent l'eau et protègent les sols pour réduire les impacts climatiques (Pramova et al., 2012 ; Ellison et al., 2017).

De toute évidence, la dynamique du carbone forestier ne peut être ignorée lorsque l'on cherche des moyens d'atténuer le changement climatique (Jandl et al., 2007). Les forêts jouent un rôle important dans la réduction de l'augmentation du carbone atmosphérique, non seulement par la séquestration du carbone, mais aussi et principalement par l'effet de substitution, compensant de façon permanente les émissions gazeuses des combustibles fossiles (Nogueira et Trossero, 2004).

D'autre part, les forêts doivent s'adapter au changement climatique car le climat est l'un des principaux moteurs de la croissance et du développement des forêts. Les forêts sont affectées par tout changement dans leur dynamique de perturbation (Seppälä et al., 2009). Les forêts sont exposées à plusieurs perturbations qui sont fortement liées au changement climatique et qui devraient accroître la sensibilité des forêts, selon leur fréquence, leur durée, leur intensité et leur moment. Les changements climatiques modifieront également les schémas de perturbation des insectes ravageurs et pathogènes forestiers indigènes et faciliteront l'établissement et la propagation d'espèces nuisibles exotiques. Les impacts directs du changement climatique sur les arbres dans les écosystèmes forestiers naturels ou plantés comprennent : les destructions/morts après une inondation ou une sécheresse, l'augmentation des charges de combustible, l'allongement des saisons des incendies et l'augmentation de l'activité des incendies de forêt (Mortsch 2006). Les tempêtes peuvent provoquer de fortes poussées de vent attirant des populations d'insectes nuisibles, par exemple, des épidémies de scolytes en Europe (par exemple *Ips typographus*).

Les perturbations induites par le climat influencent la structure, la composition et les fonctions des forêts (Dale et al., 2001). Les changements dans la fonction ou la structure des écosystèmes naturels et des forêts plantées dus aux aléas ou événements liés au climat affectent négativement la fonction productive des écosystèmes forestiers, ce qui peut également avoir un impact sur les économies locales.

De plus, lorsque les forêts sont perturbées, la biodiversité est également perturbée de plusieurs façons (tableau 1). Le stress lié au changement climatique menace la conservation de la biodiversité. Les incendies de forêt sont susceptibles d'être plus intenses en raison de l'augmentation des charges de combustible et de l'allongement des saisons des incendies. Les impacts écologiques des incendies de forêt varient selon les types de forêts, les régions climatiques et géographiques, couplés à d'autres perturbations (agriculture, empiètement ou fragmentation, développement d'infrastructures, pâturage, récolte de bois de feu et d'autres produits forestiers non ligneux (PFNL), abattage illicite, espèces envahissantes et de nombreuses autres pressions). La capacité des forêts à résister aux différents stress et à s'en remettre dépend largement de la manière dont les pressions sont gérées (Heikkilä et al., 2010).

Tableau 1. Impacts du changement climatique sur la biodiversité (Source : Prutsch et al., 2014)

Les cycles de vie des plantes et des animaux sont modifiés (par exemple, les flux de migration et de reproduction, le feuillage et la floraison).
Facilitation de l'invasion d'espèces non autochtones.
Les espèces thermophiles peuvent être propagées.
Les espèces sensibles au froid et aimant l'humidité peuvent être déplacées.
Pool de gènes épuisé en raison d'un échec de la population, entraînant une capacité d'adaptation réduite.
Fonctions écosystémiques affectées négativement, par exemple fonction de protection des forêts.
Communautés écologiques aquatiques, en particulier l'écologie des poissons affectée par l'augmentation de la température.
Altérations de la végétation aquatique causées par l'augmentation des températures.
Assèchement accru des zones humides et des marais.
Changement de la composition des espèces dans les écosystèmes (par exemple, les changements prévus dans les limites de distribution vers le nord et les altitudes plus élevées)
Menace la biodiversité en raison de la capacité d'adaptation limitée.

Le lien entre les humains, le changement climatique et les écosystèmes est illustré à la figure 1. Les activités humaines affectent négativement le climat et provoquent la dégradation des écosystèmes et la perte de biodiversité (flèches rouges). Les changements climatiques sont en grande partie anthropiques. Le changement climatique a des impacts directs et indirects sur les sociétés humaines (flèche bleue sur la figure 1). Lorsque la biodiversité est perdue, les services écosystémiques sont également affectés. La rétroaction causée par les facteurs de changement induits par l'homme provoque des rétroactions entre le climat et les écosystèmes, amplifiant la vitesse et l'ampleur à la fois du changement climatique et de la perte de biodiversité, créant une boucle de rétroaction auto-entretenue (Gitay et al., 2002).

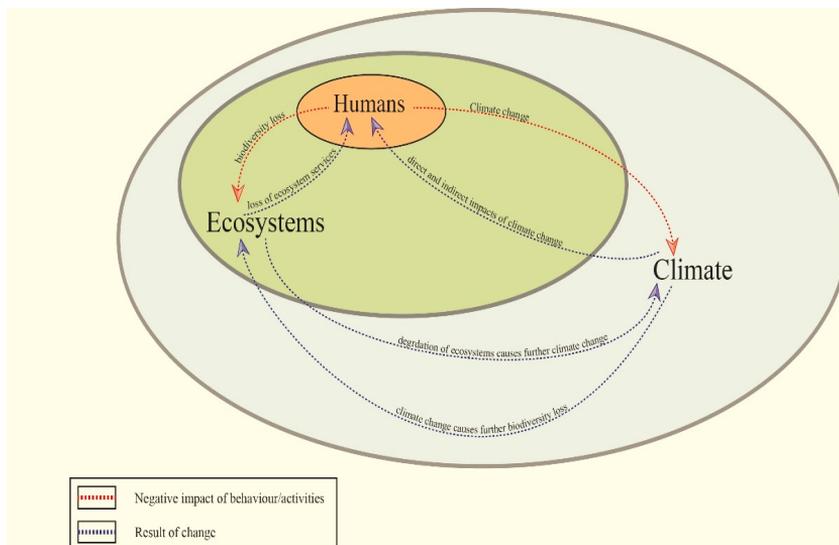


Figure 1. Relation entre les humains, les écosystèmes et le climat (Source : Zari, 2014)

1.4.1 Évaluations de la vulnérabilité

L'évaluation de la vulnérabilité implique une pratique d'identification, de mesure et de classement des vulnérabilités d'un système. Ainsi, l'évaluation de la vulnérabilité au changement climatique se concentre sur les espèces, les habitats ou les systèmes d'intérêt, et aide à identifier leurs plus grands risques liés aux impacts du changement climatique. Les résultats des 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). 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 populations des conséquences néfastes des variations climatiques actuelles et des changements climatiques dangereux. Les populations dépendent des ressources naturelles (terre, eau et écosystèmes). Les gens sont organisés en groupes socio-économiques (qu'il s'agisse d'organisations, de secteurs ou d'institutions).

L'évaluation des systèmes socio-écologiques est basée sur deux approches principales : (i) des approches basées sur l'impact qui commencent par l'évaluation des impacts potentiels du changement climatique sur les forêts ou les personnes dépendantes des forêts dans différents scénarios climatiques, et (ii) des approches basées sur la vulnérabilité qui commencent par l'évaluation de la sensibilité sociale et de la capacité d'adaptation à répondre aux contraintes et, si nécessaire, ces informations peuvent être combinées avec des études d'impact (Kelly et Adger, 2000).

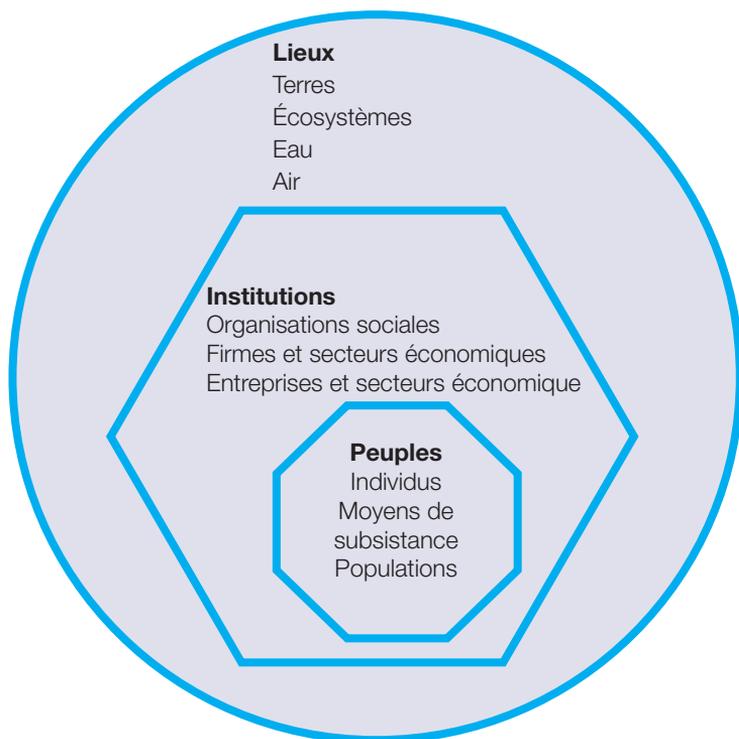


Figure 2. Unités d'analyse pour les évaluations de vulnérabilité (Source : Downing et Patwardan, 2002)

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

- identification des points chauds actuels et potentiels ;
- identification des points d'entrée d'une intervention ; et
- suivi des changements dans la vulnérabilité ; et
- suivi et évaluation (S&E) de l'adaptation.

Cependant, certains des processus peuvent ne pas être en mesure de saisir la complexité et l'imprévisibilité des systèmes naturels.



Activité 1.7 Révision (10 minutes)

1. Décrire la relation entre les humains, les écosystèmes et le climat ; et
2. Expliquer les approches pour évaluer la vulnérabilité du système socioécologique.



Résumé

Dans cette section, nous avons appris que l'homme 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 des changements et des variations climatiques auxquels un système est exposé, de sa sensibilité et de sa capacité d'adaptation. La vulnérabilité peut être biophysique (qualité du sol, disponibilité de l'eau, ensoleillement, CO₂, température convenable et, dans certains cas, abondance des pollinisateurs) ou sociale (environnement social, politique et économique). Si le système, la communauté ou la société exposée aux aléas peut résister, absorber, s'accommoder, s'adapter, se transformer et se remettre des effets d'un aléa en temps opportun et de manière efficace, y compris par la préservation et la restauration de ses structures et fonctions de base essentielles par gestion des risques, il est résilient. L'ajustement des systèmes écologiques, sociaux et économiques en réponse aux effets des changements climatiques est appelé ACC. Cependant, lorsque les actions d'adaptation entraînent une plus grande vulnérabilité qu'auparavant, directement ou indirectement et/ou compromettent de manière significative les capacités ou les opportunités d'adaptation actuelles et futures, elles deviennent une maladaptation. En outre, les pays en développement sont souvent confrontés à un déficit d'adaptation, caractérisé par une incapacité à s'adapter de manière adéquate aux risques climatiques existants. Les activités humaines affectent négativement le climat et provoquent la dégradation des écosystèmes et la perte de biodiversité. Les évaluations de la vulnérabilité au changement climatique se concentrent sur les espèces, les habitats ou les systèmes d'intérêt et aident à identifier leurs plus grands risques liés au changement climatique. Les évaluations peuvent être basées sur l'impact ou sur la vulnérabilité.

Chapitre 2 : Adaptation au Changement Climatique et Options D'adaptation

2.1 Aperçu du chapitre

Les impacts du changement climatique ont été démontrés par la hausse du niveau des mers, l'augmentation des températures, la variabilité des précipitations, les inondations, les sécheresses et l'intrusion d'eau salée. Nous avons déjà appris comment le changement climatique affecte différents secteurs du développement. Pour survivre, les humains et les écosystèmes doivent s'adapter et faire face au changement climatique. L'adaptation aux impacts du changement climatique 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 ce chapitre, nous examinons les types et les déterminants de l'adaptation, les caractéristiques de la capacité d'adaptation d'un système, l'adaptation et le développement et les mécanismes de financement associés.



Résultats de l'apprentissage

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

- i. expliquer le concept d'adaptation au changement climatique dans le contexte de la forêt et des personnes ;
- ii. faire une analyse critique des déterminants de l'adaptation au changement climatique ; et
- iii. décrire les concepts qui sous-tendent les caractéristiques du système pour s'adapter au changement et à la variabilité climatique.



Activité 2.1. Remue-méninges (10 minutes)

Expliquez les formes d'adaptation qui vous sont familières.

2.2 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. Le GIEC (2001) distingue plusieurs types d'adaptation : adaptation anticipée et réactive, adaptation privée et publique et adaptation autonome et planifiée. Les mesures prises aujourd'hui en prévision du changement climatique sont anticipatives, 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'article 6, paragraphe 8, de l'Accord de Paris stipule que « les Parties reconnaissent qu'il est important que des approches non marchandes intégrées, globales et équilibrées soient 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'élimination de la pauvreté, de manière coordonnée et efficace, y compris, entre autres, par l'atténuation, **l'adaptation**, le financement, le transfert de technologies et le renforcement des capacités, selon le cas. Ces approches visent à : (a) promouvoir l'ambition en matière d'atténuation et **d'adaptation** ; (b) renforcer la participation des secteurs public et privé à la mise en œuvre des contributions déterminées au niveau national ; et (c) ermettre des possibilités de coordination entre les instruments et les arrangements institutionnels pertinents » (**UNFCCC, 2015a**).

L'adaptation anticipée et les projections climatiques décennales peuvent potentiellement améliorer la flexibilité de la planification de l'adaptation, permettant aux communautés de répondre de manière adéquate à la variabilité climatique et à d'autres défis, ainsi que réduire les chances de maladaptation dans la réponse aux défis climatiques dans le contexte de stress et de chocs multiples (Nyamwanza et New, 2016).

L'Accord de Paris (UNFCCC, 2015a) a établi, pour la première fois, un objectif d'adaptation mondial 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 contexte 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 d'autres acteurs. Bien que l'accord de Paris encourage les parties à s'efforcer d'atteindre leurs objectifs de réduction des émissions de GES, comme spécifié dans les contributions déterminées au niveau national (CDNs), 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, 2019a). 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 lié au changement climatique. Plusieurs types d'adaptation sont mis en œuvre pour faire face aux impacts du changement climatique et ceux-ci peuvent être anticipés, autonomes, réactifs, planifiés, publics et privés, à long ou à court terme.

2.2.1 Adaptation anticipée et réactive

L'adaptation qui a lieu avant que les impacts du changement climatique ne soient observés est décrite comme **anticipative**, préventive, proactive ou à long terme. L'adaptation anticipative 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 qui améliore la capacité à faire face aux changements climatiques futurs (IPCC, 2007b). 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, l'accent est mis sur le présent et l'avenir, par exemple la conservation des écosystèmes. Par exemple, les autorités locales peuvent empêcher la construction de maisons dans des zones sujettes aux inondations sur le long terme.

Plusieurs approches peuvent être utilisées pour sélectionner la meilleure stratégie d'adaptation. Stern (2007) et Weitzman (2007) 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 des impacts sur l'environnement ou sur la santé ne sont généralement pas pris en compte dans certains cadres de valeur actualisée car certains d'entre eux nécessitent des réponses spontanées.

Le GIEC (2007b, 2014) a montré que les projections climatiques reposent sur une accumulation d'incertitudes par rapport aux valeurs exactes des principaux paramètres physiques, ce qui limite leur précision à certaines fins, notamment la modélisation et la prévision des réactions d'adaptation. Une série sophistiquée de modèles informatisés a été développée pour comprendre les impacts humains sur le changement climatique. Il s'agit notamment de modèles climatiques mondiaux qui projettent le climat à une résolution grossière, généralement 2,5° de latitude x 2,5° de longitude (77 000 km² ou plus) et de modèles climatiques régionaux ou de 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 modèles climatiques mondiaux comme données d'entrée. Les modèles sont utilisés pour guider la planification et l'analyse pratiques des projets et des programmes.

L'adaptation réactive a lieu après que les impacts du changement climatique ont été observés et 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 (IPCC, 2001). L'amélioration des réponses réduit la vulnérabilité, augmente la résilience et renforce la capacité d'adaptation. Les activités d'adaptation réactives, 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 des maisons par un cyclone, ces maisons sont mises aux nouvelles normes de construction pour leur permettre d'être beaucoup plus solides (Basyouni, 2017)

2.2.2 Adaptation autonome et planifiée

L'adaptation autonome est une adaptation qui ne constitue pas une réponse consciente 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). Également appelée adaptation spontanée, l'adaptation autonome est généralement une adaptation consécutive non planifiée des systèmes naturels et humains (IPCC 2007a ; Malik et al., 2010). L'adaptation autonome comprend des initiatives largement considérées par les acteurs privés plutôt que par les gouvernements. Ainsi, l'adaptation autonome est liée à l'adaptation privée, planifiée et publique. L'adaptation autonome est souvent négligée dans les efforts internationaux et nationaux visant à gérer les impacts du changement climatique (Fazey et al., 2010), car la plupart des réactions ne se produisent qu'après une catastrophe.

L'adaptation autonome est motivée par la façon dont le changement environnemental 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. L'adaptation autonome

peut également inclure des pratiques telles que la modification des intrants agricoles, l'introduction de technologies de gestion de l'eau, la modification des cycles de culture ou la diversification des activités économiques. Elles 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 ».

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 l'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). Füssel (2007) a ajouté que 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 impliquer une redéfinition préalable des objectifs et des pratiques forestières en raison des risques et des incertitudes liées 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 surveillance et de gestion d'éventuelles catastrophes d'une ampleur sans précédent. Dans le secteur forestier industriel, l'adaptation planifiée peut impliquer l'inclusion de la bioénergie comme produit ou la promotion des produits du bois pour leur faible empreinte carbone. Aux niveaux national et mondial, l'adaptation planifiée peut inclure des systèmes de surveillance et de rapports en temps opportun et le développement d'outils pour les évaluations de la vulnérabilité et la planification de l'adaptation (IPCC, 2001).

2.2.3 Adaptation privée et publique

L'adaptation privée est initiée et mise en œuvre par des individus, des ménages ou des entreprises privées uniquement pour leur propre bénéfice. L'adaptation privée répond généralement à l'intérêt personnel rationnel de l'acteur. Par exemple, la construction d'un petit barrage pour assurer la disponibilité de l'eau pendant une période de sécheresse. Il existe également des adaptations privées présentant un intérêt public lorsqu'un individu ou une entreprise en tire un avantage à la fois pour cet individu ou cette entreprise mais aussi pour le public en général. 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. L'adaptation publique vise généralement à répondre à des besoins collectifs (IPCC, 2001).

2.2.4 Autres types d'adaptation

Adaptation à court terme et adaptation à long terme : On parle d'adaptation à court terme lorsque la réponse du décideur au changement climatique est limitée par un stock de capital fixe, de sorte que les principales options disponibles se limitent aux variables de la production, tandis que dans l'adaptation à long terme, le décideur peut ajuster le stock de capital en réponse au changement climatique. Les programmes d'action nationaux d'adaptation (PANA) sont des exemples d'adaptation à court terme car ils se concentrent sur les besoins urgents et immédiats. L'approche à long terme de l'adaptation se fait sur une longue période en facilitant l'intégration de l'adaptation dans les processus et stratégies de planification du développement de manière cohérente dans tous les secteurs pertinents et à différents niveaux, selon les besoins de chaque pays. Les approches comprennent la méthode des voies d'adaptation, l'adaptation basée sur les écosystèmes (AbE), l'adaptation à base sur les communautés (ABCco), les moyens de subsistance et la diversification économique ainsi que les approches fondées sur les risques (CCNUCC, 2019b). Un exemple d'adaptation à long terme est le plan d'adaptation dans la stratégie d'économie verte résiliente au climat de l'Éthiopie, dans laquelle les stratégies d'ACC sont intégrées dans le plan de développement du pays visant à atteindre le statut d'économie à revenu intermédiaire d'ici 2025 (CRGE, 2011).

Adaptation incrémentale : Il s'agit d'une série d'actions et d'ajustements relativement petits visant à continuer à répondre aux objectifs et attentes existants de la communauté face aux impacts du changement climatique. Une grande partie de l'adaptation facilite ou crée de petits changements dans les pratiques, les normes sociétales et les institutions existantes. Ces mesures sont considérées comme des options progressives, sans regrets ou sûres, qui ne perturbent pas trop les sociétés ou les économies (UNFCCC 2019b).

Adaptation transformationnelle : Il s'agit de mesures d'adaptation qui entraînent un changement significatif des objectifs et des attentes de la communauté, ou de la manière dont ils sont atteints, ce qui peut perturber ces communautés et leurs valeurs. L'adaptation transformationnelle est généralement entreprise lorsque l'adaptation incrémentale ne suffit plus pour faire face aux risques. Il s'agit d'une situation où les vulnérabilités et les risques créés par le changement climatique sont si importants qu'ils ne peuvent être traités qu'en réorganisant les systèmes vulnérables ou en changeant leur emplacement. Par exemple, la relocalisation d'une banlieue ou d'une communauté entière, y compris les maisons, les entreprises et les infrastructures (UNFCCC, 2019b).

Meilleures pratiques en matière d'adaptation au changement climatique

Une revue intégrée de la littérature (Nkoana et al., 2018) a identifié les meilleures pratiques pour impliquer les communautés rurales dans les efforts d'ACC par l'application d'outils d'ACC adaptés au contexte et à la culture. Ces pratiques comprennent :

- l'utilisation d'une approche basée sur les moyens de subsistance pour impliquer les communautés ;
- la reconnaissance explicite des choses à faire et à ne pas faire dans la culture locale ;
- la reconnaissance des champions locaux désignés au sein de la communauté locale ;
- l'identification et la priorisation des acteurs vulnérables ; et
- la mise en œuvre d'une communication bidirectionnelle sur les risques liés au changement climatique au lieu d'une approche unilatérale de partage de l'information.



Activité 2. 2 Révision

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



Résumé

Dans cette section, nous avons appris qu'il existe plusieurs types d'adaptations mises en œuvre pour faire face aux impacts du changement climatique, certaines activités étant réalisées avant et d'autres après un événement de changement climatique. Il s'agit notamment de l'adaptation réactive, autonome, 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 liées au changement climatique.

2.3 Déterminants de la capacité d'adaptation

Les principaux déterminants de la capacité d'adaptation d'une communauté 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 du niveau de sensibilisation aux risques du changement climatique et de la capacité des individus/communautés à s'adapter au changement climatique. La première peut être améliorée en fournissant des informations pertinentes à la population vulnérable sur les risques et les conséquences du changement climatique, la seconde implique des développements techniques et le soutien du gouvernement. Dans cette section, nous apprendrons les déterminants de l'adaptation au changement climatique. Dans cette section du chapitre, nous découvrons les déterminants socio-économiques de l'adaptation.



Résultats de l'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 ; et
- ii. décrire les concepts qui sous-tendent les caractéristiques des systèmes d'adaptation au changement et à la variabilité climatique.



Activité 2.3 Remue-méninges (10 minutes)

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

2.3.1 Déterminants socio-économiques de l'adaptation

Les facteurs socio-économiques affectent la capacité et l'efficacité de chacun à s'adapter. Le déficit d'adaptation se produit lorsqu'il n'y a pas d'adaptation adéquate aux risques climatiques existants. Ce scénario au niveau des ménages est largement influencé par les déterminants suivants, tels que décrits par Deressa et al. (2009), Othniel et Resurreccion (2013), Enimu et al. (2018) et Mequanant et al. (2020).

L'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 ménage augmente, plus la volonté d'adopter des stratégies d'adaptation diminue, tandis que d'autres ont trouvé une association positive de l'âge avec l'adaptation aux changements climatiques. Les agriculteurs plus âgés peuvent être plus conservateurs et plus réticents à prendre des risques que les jeunes agriculteurs, ce qui se traduit par une probabilité moindre d'adopter de nouvelles technologies.

Le genre : tout comme l'âge du chef de ménage, le genre n'a pas de réponse universelle. Au Nigéria, les chefs de ménage masculins ont mieux adopté les mesures d'adaptation que leurs homologues féminins. Cela a été confirmé par le fait que les ménages dirigés par des hommes étaient 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 les méthodes d'ACC, ce qui est attribué à la volonté des femmes de changer leur stratégie de subsistance afin de soutenir leurs familles.

La taille des ménages : l'augmentation de la taille des ménages et de l'âge du chef de famille a une influence négative sur la capacité d'adaptation des agriculteurs. Une famille nombreuse augmente la vulnérabilité des agriculteurs au changement climatique, car une augmentation unitaire de la taille du ménage entraîne une réduction de la probabilité d'adaptation au changement climatique. Cela s'explique par le fait qu'une famille nombreuse a une forte demande de consommation, ce qui exerce une pression énorme sur les faibles ressources disponibles pendant les périodes de sécheresse, et cer-

taines familles peuvent être contraintes de détourner une partie de la main-d'œuvre vers des activités non agricoles pour tenter de gagner un revenu.

Le niveau d'éducation : il existe une forte relation entre le niveau d'éducation (le nombre d'années passées à l'école) des chefs de ménage et la probabilité d'adopter des mesures d'adaptation. Les études montrent que plus le niveau d'éducation du chef de famille est élevé, plus la probabilité d'adaptation au changement climatique est grande. Le manque de connaissances sur les stratégies d'adaptation est une contrainte essentielle à l'adaptation car les gens ne peuvent pas mettre en œuvre ce qu'ils ne connaissent pas.

L'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 élevé, plus la probabilité d'adopter des mesures d'adaptation est grande. La plupart des agriculteurs des pays africains ont observé et connu une augmentation à long terme des températures, une diminution et une modification du régime des précipitations, notamment une augmentation de la fréquence des sécheresses et des inondations. Ils sont susceptibles d'avoir plus d'interactions avec leur environnement et ils développent des systèmes complexes de connaissances de première main sur la variabilité du temps et du climat, ainsi que sur le changement climatique.

L'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.

La taille de l'exploitation/du troupeau : la diversification améliore l'accès au marché et aux aliments de base et améliore la résilience aux chocs climatiques par rapport aux agriculteurs qui pratiquent uniquement la production végétale ou animale. La petite taille des terres et les ressources limitées pour améliorer la diversification rendent les agriculteurs plus vulnérables aux risques climatiques.

L'appartenance à une coopérative : l'appartenance à une coopérative augmente la probabilité d'adopter des mesures en raison d'une plus grande sensibilisation aux risques climatiques et d'une meilleure capacité d'adaptation. Les personnes locales ayant une longue histoire prennent des mesures en raison de la nécessité de se conformer aux attentes a priori et aux travaux du groupe. Cela peut également contribuer à sensibiliser les agriculteurs aux moyens de s'adapter aux effets du changement climatique.

Le revenu des ménages et pauvreté : les nations développées sont mieux à même de s'adapter que les pays en développement car elles 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.

L'accès aux informations météorologiques et aux services de vulgarisation : La prise de conscience et la perception des changements dans les 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 et de changement climatique réduit également de manière significative la vulnérabilité au risque climatique. Les agriculteurs ont besoin d'être éduqués sur la vulnérabilité d'espèces/cultures spécifiques et sur les associations culturelles/espèces appropriées, y compris les

espèces/cultures résistantes à la sécheresse, afin qu'ils puissent adopter des pratiques d'adaptation 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 l'information, par exemple l'utilisation de différentes variétés de cultures.

Le rôle des **cadres institutionnels** pour faciliter la réponse et l'adaptation des ménages agricoles aux impacts du changement climatique sur leurs moyens de subsistance a été évalué par Yomo et al. (2020). Ils se sont concentrés sur l'adaptation aux événements de sécheresse associés à une mauvaise récolte dans les écosystèmes semi-arides du district de Bongo dans la région de l'Upper East au nord du Ghana. Leur cadre conceptuel prenait en compte : (i) le cadre institutionnel dans le contexte de l'ACC (paysage institutionnel, accessibilité institutionnelle), (ii) le soutien/fonctionnement institutionnel (options d'adaptation), et (iii) les perceptions des communautés sur le cadre existant pour les opportunités de moyens de subsistance (impact institutionnel). Les résultats ont mis en évidence cinq points saillants ayant des implications sur l'adaptation efficace au niveau local :

- les institutions publiques et civiques jouent un rôle clé pour faciliter l'adaptation ;
- la plupart des institutions menant l'adaptation au sein de la communauté agricole n'étaient pas directement liées à l'adaptation mais intervenaient dans divers domaines de la vie rurale des ménages ;
- le rôle institutionnel inclut la capacité de certaines institutions à canaliser ou à étendre les ressources disponibles aux bénéficiaires du réseau ;
- le soutien institutionnel était plus évident en termes de gestion des connaissances, de gestion de l'exploitation que de gestion financière de l'exploitation, de diversification des moyens de subsistance et d'investissement dans les infrastructures ; et
- le niveau de soutien institutionnel a facilité l'adaptation au sein des communautés agricoles par l'augmentation du revenu annuel, de la productivité agricole et du bien-être, tout en réduisant l'adaptation des ménages.

Les autres déterminants sont le statut foncier, l'accès aux routes et aux marchés, l'identité sociale, les actifs fixes, l'ethnicité, le statut social et l'équité.



Activité 2.4 Question dans le texte (10 minutes)

Expliquez comment les facteurs suivants affectent la capacité d'un individu ou d'une communauté à s'adapter au changement climatique :

1. le statut foncier ;
2. l'accès au marché ;
3. l'identité sociale ;
4. les actifs fixes ;
5. l'ethnicité et statut social ;
6. l'infrastructure ; et
7. les institutions.



Résumé

L'adaptation peut revêtir plusieurs formes, notamment l'adaptation réactive, autonome, réactive ou planifiée. L'adaptation peut également être à court ou à long terme. Les principaux déterminants de la capacité d'adaptation d'une communauté 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'adapter au changement climatique. 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. Les facteurs susceptibles d'influencer la capacité d'adaptation comprennent : 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, la capacité des espèces à migrer ou des écosystèmes à s'étendre à de nouvelles zones.

2.4 Caractéristiques influençant la propension d'un système à s'adapter

La vulnérabilité est la mesure dans laquelle un système naturel ou social est susceptible de subir des dommages dus au changement climatique. La définition de la vulnérabilité a été donnée dans la section 1.2.5. Il a également été démontré que la vulnérabilité d'une communauté est affectée par les vulnérabilités sociales associées à la pauvreté, à la classe sociale, à l'état de santé et aux niveaux nutritionnels. Dans cette section, nous allons apprendre la vulnérabilité au changement climatique et ses composantes d'impact potentiel et de capacité d'adaptation, de résilience, de susceptibilité, de résistance et d'adaptabilité.



Résultats de l'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 ; et
- iii. expliquer les mesures d'adaptation qui peuvent être utilisées par les êtres humains.



Activité 2. 5 Remue-méninges (10 minutes)

Quels sont certains des facteurs qui déterminent la capacité d'un système à s'adapter au changement climatique ?

2.4.1 Vulnérabilité

Smit et Wandel (2006) ont déclaré que lorsque des événements extrêmes ou une variabilité plus extrême dépassent la capacité d'adaptation, celle-ci peut être dépassée et le système devient menacé. À cet égard, la vulnérabilité est liée à la capacité d'adaptation d'un système qui peut être renforcée ou affaiblie par sa sensibilité et son exposition à l'impact climatique (figure 3).

Vulnérabilité = fonction [exposition (+) ; sensibilité (+) ; capacité d'adaptation (-)].

L'impact potentiel est donc déterminé par l'exposition et la sensibilité, et cette vulnérabilité globale 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 fonction de l'exposition et de la sensibilité (Fellmann, 2012).

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

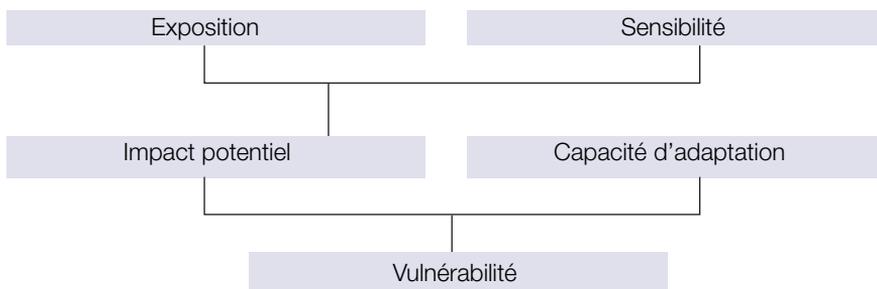


Figure 3. Composantes de la vulnérabilité (Source: GIEC, 2007b : Fellmann, 2012)

Les mesures de vulnérabilité au niveau locale 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 des structures socio-économiques hétérogènes à des échelles multiples. L'échelle fait référence à l'analyse critique, par exemple, de l'échelle locale, nationale, régionale ou mondiale. L'évaluation à l'échelle locale revêt 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).

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)**.

La dynamique considère l'évaluation d'un point de vue dynamique (Frank et al., 2011). Les études de vulnérabilité globale au changement climatique utilisant des variables de substitution statiques telles que le produit intérieur brut (PIB) annuel peuvent ignorer l'évolution dynamique de la capacité d'adaptation à l'échelle locale sur une période donnée. La perception individuelle et les connaissances accumulées sur le changement climatique évoluent dans le temps et résultent de l'apprentissage par les expériences passées de la réponse des ménages au changement climatique, en raison de leurs attitudes, valeurs et normes culturelles. **La diversité** permet de traiter une unité d'analyse au niveau micro, comme l'écosystème du ménage ou de la communauté, où il devient possible de saisir la diversité de l'environnement naturel des communautés et leur hétérogénéité socio-économique (Acosta-Michlik et Espaldon, 2008). Pour saisir de manière approfondie l'adaptation aux impacts du changement climatique, les termes utilisés dans les sections suivantes doivent être clarifiés.

2.4.2 Impact potentiel

Les impacts du changement climatique sont les effets du changement climatique sur les systèmes naturels (par exemple les ressources en eau, la biodiversité, les sols, etc.) et humains (par exemple l'agriculture, la santé, le tourisme, etc.). Les impacts peuvent être des impacts potentiels ou des impacts résiduels, selon la forme d'adaptation. Les impacts potentiels sont tous les impacts qui peuvent se produire dans le cadre d'un changement climatique projeté donné, sans tenir compte de l'adaptation (McCarthy et al., 2001 ; Norwegian Red Cross 2019). Ils sont représentés par l'étendue des dommages 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 une évaluation de l'ampleur des effets potentiels du changement climatique, strictement dépendante de l'exposition et de la sensibilité. L'encadré 2.1 présente d'autres formes d'impacts du changement climatique.

Encadré 2.1 : Autres formes d'impacts du changement climatique

Impacts résiduels : Il s'agit des impacts du changement climatique qui se produiraient après l'adaptation.

Impacts agrégés : Il s'agit des impacts totaux additionnés dans les secteurs et/ou les régions. L'agrégation des impacts nécessite une 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.

Impacts sur le marché : Impacts qui sont liés aux transactions du marché et qui affectent directement le PIB (comptes nationaux d'un pays), par exemple, les changements dans l'offre et le prix des produits agricoles.

Impacts non marchands : Il s'agit d'impacts qui affectent les écosystèmes ou le bien-être humain, mais qui ne sont pas directement liés à des transactions commerciales, par exemple, un risque accru de décès prématuré (IPCC, 2001).



Activité 2.6 Remue-méninges (10 minutes)

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

2.4.2.1 Exposition

L'exposition à la vulnérabilité climatique désigne la présence de personnes, de moyens de subsistance, d'espèces ou d'écosystèmes, de fonctions, de services et de ressources environnementales, d'infrastructures ou d'actifs économiques, sociaux ou culturels dans des lieux et des contextes susceptibles d'être affectés négativement par le changement climatique. Les composantes de l'exposition au changement et à la variabilité climatique comprennent : l'augmentation de la température, les changements dans les précipitations, les changements dans les schémas saisonniers, les ouragans et les tempêtes, l'augmentation des niveaux de CO₂, l'élévation du niveau de la mer, le changement d'utilisation des terres, la fragmentation du paysage, l'exploitation des ressources et la pollution. Les indicateurs d'exposition au climat peuvent inclure des facteurs biophysiques tels que l'augmentation de la température, les fortes pluies, la sécheresse et l'élévation du niveau de la mer. Le GIEC (2007b) avait prédit que l'impact du réchauffement de la planète se poursuivra, car la probabilité de vagues de chaleur intenses, de fortes pluies, de sécheresse, de dépression tropicale et d'élévation du niveau de la mer augmente au fil du temps.

2.4.2.2 Sensibilité

La sensibilité au changement climatique désigne la mesure dans laquelle un système ou une espèce est affecté, de manière négative ou positive, par la variabilité ou le changement climatique (IPCC, 2007a). L'effet peut être direct (par exemple, une modification du rendement des cultures en réponse à un changement de la moyenne, de la gamme ou de la variabilité des températures) ou indirect (par exemple, les dommages causés par une augmentation de la fréquence des inondations côtières due à l'élévation du niveau de la mer). 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., 2018 ; United Nations 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, tel que l'agriculture et les ressources côtières qui sont généralement essentielles pour les moyens de subsistance des pauvres. Les composantes de la sensibilité comprennent : les changements dans les régimes de perturbation (par exemple, les incendies, les insectes nuisibles et les agents pathogènes), les changements dans les processus au niveau des arbres (par exemple, la productivité), les changements dans la distribution des espèces, les changements dans les conditions du site (par exemple, l'état du sol) et les changements dans la structure du peuplement (par exemple, la densité, la hauteur). 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 al., 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.

2.4.3 Capacité d'adaptation

La capacité d'adaptation décrit l'aptitude d'un système à faire face aux extrêmes climatiques. Elle comprend l'aptitude des institutions, des êtres humains et des autres organismes à s'adapter aux dommages potentiels en tirant parti des opportunités ou en réagissant aux conséquences (Évaluation des écosystèmes pour le millénaire, 2005). La capacité d'adaptation au changement climatique dépend des ressources physiques, de l'accès à la technologie et à l'information, 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, parmi autres. Par exemple, les agriculteurs qui disposent de plus de ressources s'adaptent mieux que ceux qui n'ont aucune forme de capital (Hassan et Nhemachena, 2008). La capacité économique représente les ressources économiques disponibles pour réduire la vulnérabilité au changement climatique. Elle comprend les ressources humaines et les alternatives technologiques (Yohe et Tol, 2002).

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, la présence de leaders et d'organiseurs efficaces dans une communauté ou l'abondance relative de parcs ombragés dans un environnement urbain), mais elle peut également refléter les capacités d'une organisation chargée de gérer un écosystème ou de diriger 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 climatique (Giordano, 2014). La capacité à s'adapter et à faire face dépend de nombreux facteurs, notamment de la richesse (ressources à investir dans l'adaptation), de la technologie, de l'éducation (accès et la capacité à traiter l'information), des institutions, de l'information, de la flexibilité d'un système à changer en réponse aux stimuli climatiques, de la volonté de changer et de s'adapter, de la capacité des espèces à migrer ou des écosystèmes à s'étendre dans de nouvelles zones, des compétences et de l'accès aux ressources qui sont généralement rares dans les pays et les communautés pauvres (Smit et al., 2001 ; Giordano, 2014).

Les mesures d'adaptation varient selon la manière dont le changement climatique est décrit ou vécu, 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).

La manière dont le changement climatique est vécu ou décrit au niveau de la communauté ou de l'individu, du secteur ou du département, affecte le moment et la manière de l'adaptation et les mesures d'adaptation à mettre en œuvre ainsi que de la capacité d'adaptation. Plusieurs mesures possibles peuvent être prises pour faire face au changement climatique et les catégories de mesures suivantes ont été identifiées par Burton et al. (1993) :

Déterminants de la capacité d'adaptation

Les ressources économiques : plus les ressources économiques sont importantes, meilleure est la capacité d'adaptation ;

La technologie : le manque de technologie limite le potentiel d'adaptation ;

Les institutions : les politiques et les règles limitent ou améliorent la capacité d'adaptation ;

Information et compétences : l'information est importante pour des adaptations opportunes et appropriées ;

Les infrastructures : des infrastructures bien développées peuvent améliorer la capacité d'adaptation ; et

L'équité : l'équité dans la distribution des ressources disponibles augmente la capacité d'adaptation (Smit et al., 2001).

Subir des pertes : il est mis en œuvre lorsque les personnes affectées ne sont pas en mesure de répondre (par exemple, les communautés défavorisées) ou lorsque le coût des mesures d'adaptation est plus élevé que les dommages anticipés ou le risque.

Partage des pertes : il est évoqué lorsque les pertes dues aux impacts du changement climatique sont partagées entre les membres de la communauté. Par exemple, le partage des pertes par le biais de la réhabilitation, de l'aide d'urgence et de la reconstruction payées par des fonds publics dans les sociétés complexes à haute technologie. À cet égard, la fiscalité est un système permettant de faire contribuer tous les citoyens aux pertes induites par le climat. Le partage des pertes peut être effectué au niveau local ou peut s'étendre à la famille mondiale de l'humanité. Les personnes vulnérables peuvent également avoir recours à des dispositifs d'assurance privés en souscrivant à une couverture d'assurance.

Des secours d'urgence et d'autres formes d'assistance sont accordés par d'autres gouvernements et des agences internationales lorsque les pertes dépassent la capacité de réaction d'un gouvernement national. De même, au niveau privé, lorsque les compagnies d'assurance constatent que les sinistres dépassent leur capacité, elles se tournent vers les compagnies de réassurance qui fournissent une assurance au secteur de l'assurance. Il est courant que plusieurs dispositifs de partage soient utilisés simultanément, les régimes d'assurance plus élaborés fonctionnant à un niveau de l'économie formelle, et les formes de partage plus sociales ou traditionnelles fonctionnant dans l'économie informelle. En mars 2019, les pays d'Afrique australe : Malawi, Mozambique et Zimbabwe ont été touchés par le cyclone Idai, qui a détruit des vies humaines et des infrastructures. Les gouvernements d'Afrique et d'ailleurs ont contribué aux secours d'urgence et à la réhabilitation des infrastructures.

Modification de la menace : la menace de certains risques peut être modifiée en utilisant un certain niveau de contrôle sur l'événement environnemental. Par exemple, les ouvrages de contrôle des inondations tels que les barrages, les digues et les levées peuvent être utilisés lorsque des épisodes d'événements naturels tels que des inondations se produisent ou, en cas de sécheresse, l'ensemencement des nuages peut être utilisé pour fournir des précipitations supplémentaires. Les forêts réduisent les effets du changement climatique en améliorant les températures, en ralentissant les taux de ruissellement et en augmentant la recharge des eaux souterraines.

Prévention des effets : les effets du changement ou de la variabilité climatique peuvent être prévenus en appliquant des mesures d'adaptation selon des étapes prédéterminées. Plusieurs techniques sont utilisées pour réduire les impacts en fonction des secteurs ou des régions affectées par le changement climatique. Certaines de ces techniques peuvent être des méthodes traditionnelles ou culturelles qui ont déjà été largement utilisées en réponse à la variabilité du climat ou à des événements extrêmes.

Dans ce cas, de nouvelles mesures peuvent être développées à la suite de l'augmentation des choix technologiques. Pour la sylviculture, les mesures peuvent inclure la manipulation des pratiques sylvicoles telles que l'utilisation d'hydrogel, la culture d'espèces résistantes à la sécheresse, aux agents pathogènes et aux insectes nuisibles et le contrôle des incendies.

Changement d'utilisation : une activité viable peut être modifiée lorsqu'elle devient extrêmement risquée ou impossible en raison des menaces liées au changement climatique. Par exemple, le passage à une culture plus résistante à la sécheresse ou à des cultures ayant des besoins en eau moindres. De même, que les arbres plantés soient ceux qui poussent bien dans les nouvelles conditions climatiques prévues ou qui résistent mieux aux feux de forêt. Dans d'autres cas, des changements radicaux peuvent être opérés, par exemple lorsque le développement côtier présente des risques en raison de l'élévation du niveau de la mer et que le développement est retiré des sites exposés. De même, les formations boisées sont converties en espaces ouverts ou en lieux de loisirs publics. Au fur et à mesure que le changement climatique se poursuit, de nombreuses opportunités sont susceptibles d'apparaître pour réduire les impacts en modifiant les utilisations.

Catégorisation des mesures : l'ACC peut être envisagée en fonction des systèmes et des processus, des stimuli climatiques ou des mesures de changement climatique. Les activités d'adaptation analysées financées par le Fonds d'adaptation pour l'Environnement Mondial (FEM) ont soutenu plusieurs activités d'adaptation et Biagini et al. (2014) ont identifié dix catégories d'adaptation : infrastructure physique, information, politique, systèmes d'alerte et d'observation, pratique et comportement, planification de la gestion, infrastructure verte, technologie, financement et renforcement des capacités.

Changement de lieu : Il s'agit d'une réponse plutôt risquée qui va au-delà du changement d'utilisation en modifiant le site des activités économiques. La relocalisation est également suggérée comme une réponse clé pour les espèces végétales et animales après quelques spéculations, par exemple, les théories sur le rétrécissement et l'expansion des régions agricoles causées par les changements de température et de pluviosité. La relocalisation peut également être le résultat de la montée du niveau de la mer, qui crée plusieurs réfugiés du « changement climatique ». La création de « couloirs de migration » spéciaux est suggérée pour les migrations non planifiées.

La recherche : la recherche sur les nouvelles technologies et les nouvelles méthodes d'adaptation peut améliorer le processus d'adaptation.

L'éducation, l'information et les changements de comportement : la diffusion des connaissances par le biais de campagnes d'éducation et d'information du public peut entraîner une transformation des comportements. Cet aspect devrait prendre de l'importance à mesure que la nécessité d'impliquer davantage de communautés, de secteurs et de régions dans l'adaptation devient évidente.



Activité 2.7 Etude de texte (10 minutes)

Quels sont les liens entre les impacts du changement climatique et la vulnérabilité ?

2.4.4 Résilience

Les communautés deviennent résilientes lorsqu'elles sont capables d'absorber, de résister et de se rétablir rapidement et efficacement des impacts des aléas tout en préservant ou en restaurant l'identité, les structures de base essentielles, les rétroactions et les fonctions (UNISDR, 2009). Un écosystème résilient a la capacité d'absorber les perturbations et de se restructurer tout en passant par le changement pour rester fondamentalement dans le même état, d'une manière qui permette la persistance de la fonction, de la structure et des rétroactions du système (Walker et Salt, 2006). Le GIEC (2014) a ajouté que la

résilience montre la capacité des systèmes économiques, sociaux et environnementaux à faire face à un événement dangereux ou à une tendance ou perturbation, en répondant ou en se réorganisant de manière à maintenir leur fonction essentielle, leur structure et leur identité, tout en conservant la capacité d'adaptation, d'apprentissage et de transformation.

La résilience peut être classée en deux catégories : la « *résilience technique* » et la « *résilience écologique* ». La *résilience technique* est associée à la capacité d'un système à revenir à un état plus ou moins particulier antérieur à la perturbation (Carpenter et al., 2001), avec l'hypothèse d'un seul état stable connu sous le nom de dynamique d'équilibre (Holling, 1996). Par exemple, en cas d'augmentation des conditions de sécheresse, les composants d'un écosystème forestier résilient sont capables de se remettre du stress de la sécheresse, avec peu ou pas de modifications de la composition des espèces. La *résilience écologique* est la capacité de tout système à absorber les impacts avant d'atteindre un seuil où le système est modifié dans un état différent. Ces systèmes ont plus d'un état stable où la résilience devient la mesure de la capacité de l'écosystème forestier à tolérer le stress (c'est-à-dire une sécheresse prolongée) avant d'être converti en un écosystème végétal différent tel que le bushland ou la prairie. Cependant, les systèmes peuvent passer par plusieurs autres états forestiers différents mais stables où les nouvelles compositions d'espèces, fournissent la plupart ou la totalité des biens et services qui étaient fournis par l'état initial (Holling, 1996). À cet égard, la résilience technique montre la capacité d'un écosystème à revenir à l'équilibre initial dans un certain état après une perturbation, tandis que la résilience écologique reflète le seuil où l'état de l'écosystème change (Yan et al., 2011).

Par exemple, un écosystème forestier résilient est capable de supporter (absorber) des pressions externes et de revenir à son état antérieur à la perturbation au fil du temps. L'écosystème conserve sa composition taxonomique, sa structure écologique et ses processus. Cependant, les ressources biologiques et écologiques de l'écosystème ont une incidence sur la résilience, 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, moins ils sont fragmentés et mieux c'est) ainsi que l'état et le caractère du paysage environnant influent également sur la résilience d'un écosystème forestier (Thompson et al., 2009).

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. La diversité au niveau moléculaire au sein d'une espèce, d'une communauté forestière ou d'un paysage et d'une biorégion représente des manifestations de la diversité biologique à diverses échelles. À cet égard, 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, la productivité aussi (Walker, 1995 ; Bodin et Wimen, 2007).

Lorsque des écosystèmes résilients réagissent à une perturbation, ils suivent une voie de succession qui ramène l'écosystème à son état structurel et fonctionnel antérieur à la perturbation. Cela se produit généralement dans les forêts qui sont dominées par des perturbations à petite échelle. Une perturbation peut être grave pour restructurer un écosystème en un état à court terme (c'est-à-dire des décennies) avec une résistance différente, ou un état à long terme (c'est-à-dire des siècles) qui peut être tout aussi résistant que l'état d'origine. Les forêts peuvent également résister à certaines variations environnementales, telles que les régimes climatiques dans le temps, grâce à la redondance à différents niveaux parmi les espèces fonctionnelles. 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, notamment les vieilles forêts primaires, sont à la fois résilientes et résistantes aux changements (Holling, 1973 ; Levin, 2015).

Des facteurs tels que la redondance (chevauchement des niches entre les espèces) et la modularité (l'interconnexion des composants d'un système) sont également importants pour déterminer la résilience d'un écosystème (Levin, 2015). Dans les écosystèmes forestiers, la diversité fonctionnelle est une composante principale du fonctionnement de l'écosystème (Goswami et al., 2017). La résistance se produit lorsque la capacité d'un écosystème le rend capable d'absorber des perturbations et de rester largement inchangé. 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).

La présence de plusieurs espèces dans une communauté végétale peut stabiliser les processus de l'écosystème si les réponses des espèces aux fluctuations environnementales varient. Si l'abondance d'une espèce augmente, elle peut compenser la diminution de l'abondance d'une autre. Biologiquement, les communautés diversifiées sont également plus susceptibles de contenir des espèces qui confèrent une résilience à cet écosystème, car à mesure qu'une communauté accumule des espèces, il y a plus de chances que l'une d'entre elles possède des traits qui lui permettent de s'adapter à un environnement changeant (Cleland, 2011).

2.4.5 Susceptibilité

La susceptibilité est la prédisposition physique des êtres humains, de l'environnement et des infrastructures à être touchés par un phénomène dangereux en raison d'un manque de résistance, y compris la prédisposition de la société et des écosystèmes à subir des dommages en raison de conditions intrinsèques et contextuelles rendant plausible que ces systèmes, une fois touchés, s'effondrent ou subissent des dommages et des dégâts importants en raison de l'influence d'un événement dangereux (Rapport social mondial, 2020).

Dans les écosystèmes forestiers, le maintien de la biodiversité des espèces d'arbres d'une zone réduit la sensibilité de cette zone aux maladies. Par exemple, le chênes sclérophylles à feuilles persistantes (ex. le chêne vert (*Quercus ilex*), le chêne-liège et le chêne kermès (*Q. suber* et *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 alternatif de survie. 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 après l'incendie (Thompson et al., 2009). Les connaissances sur la résilience des forêts et des arbres Africains face aux impacts du changement climatique sont insuffisantes (Kowero, 2011).

Dans les systèmes sociaux, les actifs des personnes appauvries sont plus fragiles que ceux de leurs voisins plus riches. À niveau d'exposition similaire, les personnes en situation de pauvreté sont plus sensibles aux dommages causés par le changement climatique que les personnes plus aisées. Par exemple, les différences de qualité des logements et des infrastructures locales, y compris l'existence de stratégies d'adaptation aux conditions météorologiques, sont un facteur déterminant de la vulnérabilité des systèmes sociaux (Rapport social mondial, 2020).

2.4.6 Réactivité

La réactivité au changement climatique est un facteur déterminant de la résilience, au même titre que les risques et les ressources. La réactivité va au-delà de la notion de risque et comporte trois éléments : l'étendue des gains de connaissances, l'étendue des changements d'attitude et l'étendue de l'action ou

de la pratique. Les réponses au changement climatique sont principalement l'atténuation des GES ou l'adaptation (IPCC, 2014). 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. Le National Research Council (2010) a déclaré qu'il existe plusieurs options pour répondre au changement climatique et qu'elles impliquent une large gamme de stratégies, notamment les suivantes :

- la limitation des émissions de GES pour ralentir le rythme et limiter l'ampleur du changement climatique ;
- la prise d'initiatives d'adaptation qui réduisent les dommages potentiels des impacts du changement climatique ;
- le développement de la recherche et le développement afin de fournir de meilleures options à faible teneur en carbone pour l'économie nationale et mondiale ;
- l'amélioration de la compréhension scientifique du changement climatique et de ses impacts afin de permettre une prise de décision meilleure et éclairée ;
- la réduction des émissions de GES ;
- la réduction de la vulnérabilité à court et à long terme au changement climatique ;
- la réduction des coûts énergétiques et de l'exposition à la volatilité des coûts énergétiques ;
- la acilitation de la réponse future aux réglementations gouvernementales ou autres visant à réduire les émissions de GES ;
- l'établissement de'un leadership économique et la promotion du développement économique dans les secteurs des technologies vertes ;
- la romotion du statut de leader environnemental ;
- les nvestissements régional, national et mondial dans les technologies à faible teneur en carbone ; et
- le partage des meilleures pratiques d'adaptation au changement climatique.

2.4.7 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). L'adaptabilité 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 (réponse panarchique) ou à modifier la topologie du paysage de stabilité (latitude et résistance). L'adaptabilité est essentiellement une situation caractérisée par la volatilité, la complexité, l'incertitude et l'ambiguïté. L'adaptabilité peut se situer au niveau individuel, interpersonnel ou de l'équipe/du groupe.

L'adaptabilité individuelle reflète le changement de comportement par rapport aux changements environnementaux, ce qui permet d'améliorer les résultats. La motivation est un facteur important pour l'adaptation des individus, car ceux qui recherchent 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 taxonomie de l'adaptabilité comporte trois niveaux : phénomène, perspective et approches (figure 4). Dans la taxonomie, le domaine général (orienté vers la sélection), considère les caractéristiques générales des individus et des équipes qui sont prédictives de l'adaptation, en examinant les performances

souhaitables telles que la gestion des urgences, la gestion du stress, la gestion de l'incertitude, l'apprentissage et l'adaptation culturelle, interpersonnelle et physique. Elle examine ensuite les types de caractéristiques générales de cognition, d'aptitude et de personnalité qui sont largement prédictives de ces types de capacités et concerne donc le capital humain (National Academy Engineering, 2018).

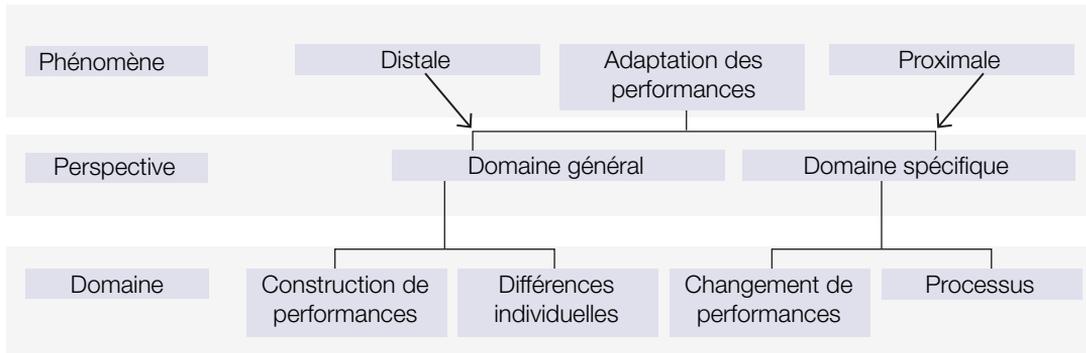


Figure 4. Taxonomie des types d'adaptabilité (modifiée d'après Board et al., 2014)

Le domaine spécifique (orienté vers le processus), concerne davantage des types particuliers d'expertise dans un contexte particulier, se concentrant sur la façon dont les individus et les équipes fonctionnent dans une situation particulière nécessitant une réponse à un changement et la formation et le développement de certains ensembles de compétences. Elle nécessite un diagnostic de la situation et l'élaboration de solutions potentielles.

La transformabilité est la capacité de définir et de créer de nouveaux paysages de stabilité en introduisant de nouvelles composantes et de nouveaux moyens de subsistance, modifiant ainsi les variables et parfois l'échelle, définissant le système.



Activité 2.8 Révision (10 minutes)

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



Résumé

Dans cette section, nous avons discuté des caractéristiques/facteurs qui influencent la capacité d'un système à s'adapter au changement climatique. 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, avec le temps, à son état antérieur à la perturbation, tandis que la résistance est liée au concept de stabilité dans le sens où, en réponse à des perturbations mineures, la stabilité reflète la capacité d'un écosystème à maintenir un équilibre dynamique dans le temps tout en résistant au changement vers un état différent. Les communautés deviennent résilientes lorsqu'elles sont capables d'absorber, de résister et de se rétablir rapidement et efficacement des impacts des aléas tout en préservant ou en restaurant leur identité, leurs structures de base critiques, leurs rétroactions et leurs fonctions. La résilience d'un écosystème dépend de ses ressources biologiques et écologiques, telles que la diversité des espèces, la variabilité génétique au sein des espèces, 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, et peut va au-delà de la notion du 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. Les forêts sont cependant affectées par tout changement dans leur dynamique de perturbation. Les forêts sont soumises à une variété de perturbations qui sont elles-mêmes fortement influencées par le climat. Le changement climatique devrait accroître la sensibilité des forêts aux perturbations, ainsi que la fréquence, la durée, l'intensité et le moment des perturbations. La présence de plusieurs espèces dans une communauté végétale peut stabiliser les processus de l'écosystème si les réponses des espèces aux fluctuations environnementales varient. 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 Approches D'adaptation

3.1 Aperçu du chapitre

La mise en œuvre réussie des actions d'adaptation a besoin de catalyseurs aux niveaux individuel, local, national et international. Ceux-ci peuvent être sous forme financière ou technique. Dans ce chapitre, nous discutons de quatre types de capital/actifs et de ressources pour l'adaptation au changement climatique (ACC), des outils pour hiérarchiser l'adaptation, des mécanismes de financement, des approches et des discussions sur l'intégration de l'ACC dans la planification du développement.



Résultats d'apprentissage

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

- décrire les actifs et les ressources de l'ACC ;
- appliquer différents outils pour hiérarchiser les options d'adaptation ;
- décrire les outils analytiques de base pour identifier les opportunités d'intégration et les points d'entrée ;
- expliquer les considérations relatives à l'intégration de l'ACC ;
- expliquer les approches utilisées pour intégrer l'ACC dans le développement ; et
- décrire les mécanismes de financement de l'adaptation en Afrique.



Activité 3.1. Remue-méninges (10 minutes)

Quels sont selon vous les meilleurs atouts pour faciliter une adaptation efficace ?

3.2 Actifs, ressources et capitaux pour l'adaptation

La vulnérabilité des communautés est réduite 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. Le succès de l'adaptation dépend de l'agilité de chaque agriculteur à répondre aux pressions, fluctuations et stress externes. À cet égard, le concept de durabilité peut définir des activités qui permettent de maintenir l'agilité de l'individu et il augmente le concept de durabilité car les deux déterminent si les systèmes existants sont capables de survivre ou non. La durabilité à n'importe quel point de complexité (par exemple du système agricole à celui des moyens de subsistance), peut être liée à la durabilité des constituants individuels, ou à l'agilité pour trouver et intégrer de nouvelles composantes. Carney (1998) a montré que la base de ressources pour la durabilité 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 (Figure 5).

La durabilité est « les propriétés et les atouts d'un système qui maintiennent la capacité (agilité) des agents à s'adapter et à répondre à leurs besoins de nouvelles façons » (Jackson et al., 2010).

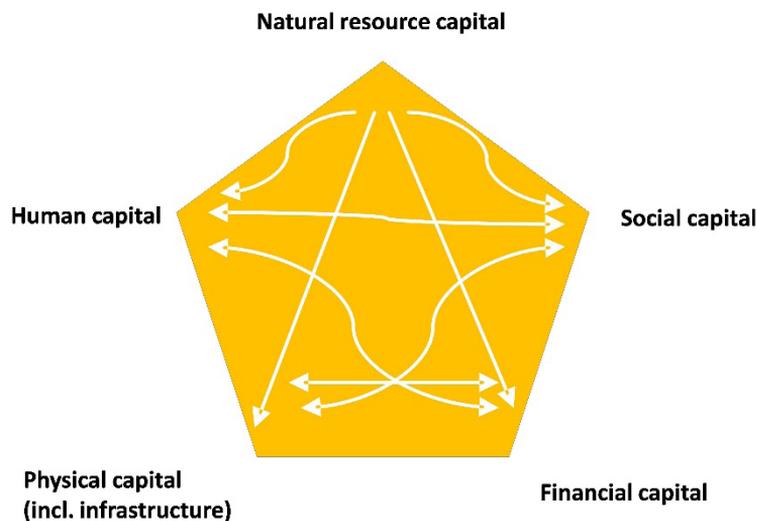


Figure 5. Types de capital affectant le développement et la capacité d'adaptation (Source : van Noordwijk et al., 2001)

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

Le capital naturel est important pour réduire la vulnérabilité des communautés. La plupart des communautés Africaines dépendent des ressources naturelles pour les ressources critiques, 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 formation approfondies pour les exploiter (Belay et al., 2017). 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 le reboisement, la restauration/conservation et la diversification des revenus grâce à l'utilisation des PFNLs disponibles et d'autres emplois (Chilalo et Wiersum, 2011).

Le capital humain peut être augmenté en améliorant l'éducation et les compétences afin d'élargir les possibilités d'options de subsistance rentables et stables.

Le capital social est essentiel pour renforcer les stratégies de subsistance en élargissant les opportunités et en réduisant l'écart entre le soutien des groupes externes et celui des liens internes. Wüpper 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. Les communautés sont en mesure de développer leurs mécanismes d'adaptation locaux pour se prémunir contre les effets de la variabilité et du changement climatiques (Ofoegbu et al., 2017). Cependant, le capital social peut être affecté par les réseaux sociaux et politiques. Cependant, les barrières sociales à la communication au sein des communautés et entre elles peuvent également nécessiter un capital physique tel que l'infrastructure électrique de base, les routes, les ponts et les moyens de communication. Celles-ci facilitent un meilleur accès aux ressources et aux réseaux, transformant les communautés et améliorant leur bien-être. L'encadré 3.1 présente quelques études de cas liées au capital social.

Encadré 3.1 Études de cas

En Éthiopie, les petits exploitants agricoles s'adaptent au changement climatique en utilisant plusieurs mesures où la plantation de cultures alternatives considérées comme résistantes à la chaleur ou à la sécheresse était la plus courante (Bailey et al., 2019). Ils ont ajouté que le capital social et les réseaux communautaires fonctionnent de diverses manières pour servir de ressources essentielles pour l'adaptation à la sécheresse dans tous les contextes. Wüpper et al. (2018) ont également montré que les ménages disposant d'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'ACC étaient positivement associés tout en travaillant également en Éthiopie.

Le capital physique concerne l'accès et la qualité des infrastructures locales et des actifs physiques et est positivement associé à la sécurité alimentaire et à l'adaptation agricole (Mbukwa, 2014), tandis que **le capital financier** est également essentiel en fonction de la régularité, du niveau et de la diversité des revenus des ménages. Pour une meilleure adaptation, la diversification des revenus facilite les ressources grâce à l'engagement ou à l'investissement dans d'autres activités de subsistance. Les ménages disposant d'un capital financier plus important ont un meilleur accès à l'information et aux opportunités et sont souvent moins averses au risque, ce qui permet l'adaptation (Deressa et al., 2009).

« Les agroécosystèmes, en particulier ceux riches en agro-diversité et en ressources biologiques (capital ressources naturelles), peuvent s'adapter (en fonction de leur capital humain et social) en augmentant l'utilisation des ressources locales actuellement sous-exploitées, ou en s'appuyant sur (localement ou mondialement) de nouvelles technologies (nouvelles cultures, nouveaux cultivars, nouvelles pratiques de gestion, nouveaux intrants externes), en fonction de leur capital financier, humain et social » (Verchot et al., 2007).



Activité 3.2 Révision

Expliquez la différence entre le capital ou les actifs naturels et physiques.



Résumé

Au cours de ces séances, nous avons appris que le succès de l'adaptation dépend de l'agilité des individus à réagir aux pressions, fluctuations et stress externes et repose sur cinq types de capital qui ont des possibilités d'échange partielles mais incomplètes entre les types de capital : naturel, social, physique, financier et humain. Les cinq formes de capital sont directement ou indirectement influencées par le changement climatique. La vulnérabilité des communautés est réduite 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

Lecture complémentaire :

Chishakwe N, Murray L, Chambwera M. 2012. Building climate change adaptation on community experiences: Lessons from community-based natural resource management in southern Africa. International Institute for Environment and Development. London. Disponible à : [22073490 \(osti.gov\)](https://doi.org/10.22073/490).

3.3 Outils pour hiérarchiser les stratégies et les options d'adaptation

Les options d'adaptation sont les choix faits parmi les plans d'action possibles pour aider à réduire la vulnérabilité au changement climatique et à renforcer la résilience. Une fois les options choisies, elles sont intégrées dans les plans et les activités (PNUD, 2010a). Les options d'adaptation peuvent être classées en options discrètes et intégrées. Les options d'adaptation discrètes s'attaquent directement aux impacts du changement climatique tandis que les options intégrées sont des activités d'adaptation qui font partie d'un projet de développement plus vaste. Des exemples d'adaptation discrète comprennent : la réponse du Kenya aux sécheresses fréquentes et le renforcement de la résilience grâce à la mise en œuvre d'un programme d'assurance basé sur les conditions météorologiques ou l'aide aux agriculteurs pour qu'ils cultivent un maïs plus résistant à la sécheresse. Un exemple d'option d'adaptation intégrée serait pour le Kenya de tenter de rendre sa politique de développement agricole à l'épreuve du climat. Le choix d'options discrètes ou intégrées est influencé par les priorités du pays, les critères de prise de décision et les outils utilisés pour prendre des décisions d'adaptation. Les options institutionnelles d'adaptation comprennent l'utilisation de plusieurs outils de prise de décision et de planification de l'adaptation, tels que la gestion itérative des risques, les options d'adaptation communautaires, la gestion adaptative et la gestion intégrée des zones côtières. Certains des outils sont utilisés pour sélectionner les meilleures options et ils comprennent entre autres : l'analyse coûts-avantages (ACB), l'analyse multicritères (AMC) et l'analyse coût-efficacité (ACE) (Noble et al., 2014). Quelques-uns d'entre eux sont abordés dans les sections suivantes. Dans cette session, nous découvrons des outils pour hiérarchiser les stratégies et les options d'adaptation.



Résultats d'apprentissage

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

- i. appliquer différents outils pour hiérarchiser les options d'adaptation ; et
- ii. distinguer les options discrètes des options d'intégration.



Activité 3.3 Remue-méninges (10 minutes)

Identifier quelques outils qui peuvent être utilisés pour hiérarchiser les stratégies et les options d'adaptation.

3.3.1 Analyse coûts-avantages (ACA)

L'ACA est un instrument économique qui peut être utilisé pour déterminer l'efficacité économique d'un projet ou d'une politique en comparant la valeur actualisée nette des coûts de planification, de préparation et de mise en œuvre des interventions d'adaptation par rapport aux avantages. Les avantages se rapportent aux coûts des dommages évités ou aux avantages accumulés après l'adoption et la mise en œuvre d'une intervention. L'ACA est un outil d'aide à la décision qui compare les coûts et les avantages monétisés des options politiques/d'investissement. Les options d'adaptation peuvent être classées par ordre de priorité en comparant les coûts et les avantages à l'aide de divers paramètres, notamment la valeur actualisée nette (avantages actualisés moins les coûts) ou le rapport avantages-coûts. Ces outils aident les décideurs à comprendre les répercussions économiques des décisions. L'ACA permet aux planificateurs de comparer les coûts et les avantages monétaires de plusieurs options et de sélectionner l'option qui offre les plus grands avantages au moindre coût (Tröltzsch et al., 2016).

Les outils nécessitent des valeurs monétaires pour les coûts (capital, main-d'œuvre, transaction, exploitation et maintenance) et les avantages (économiques, environnementaux et sociaux). L'utilisation de l'outil nécessite une compréhension des méthodes d'évaluation économique et des techniques

statistiques d'analyse de sensibilité et de risque/incertitude pour des projets particuliers. L'ACA est mieux adapté pour traiter de l'allocation des ressources que pour l'analyse de l'efficacité des politiques/investissements ou des impacts distributifs. L'ACA peut être utilisée pour identifier les futures options à faible et sans regret. Il est utile lorsque les probabilités de risque climatique sont connues, la sensibilité est faible et lorsque des valeurs de marché claires peuvent être appliquées. Le principal défi, cependant, survient lorsque les secteurs non marchands/options non techniques sont inclus et que l'incertitude se limite à l'analyse des risques/sensibilité de probabilité. L'encadré 3.2 présente une étude de cas ACA.

3.3.2 Analyse coût-efficacité (ACE)

L'ACE est une méthodologie utilisée pour comparer différentes options qui visent à obtenir des résultats similaires. Elle est particulièrement intéressante dans le contexte de l'adaptation car elle permet d'évaluer les avantages en termes non monétaires, en optant plutôt pour une quantification en termes physiques. L'ACE est généralement plus utile pour les évaluations d'adaptation à court terme. L'ACE est également un outil utile lorsqu'il s'agit de secteurs qui incluent des dimensions non marchandes importantes telles que la protection de la biodiversité. Le principal défi est que l'outil utilise une seule métrique globale difficile à identifier et moins adaptée aux risques complexes ou intersectoriels. L'incertitude est peu prise en compte. Bien qu'il ne traite pas explicitement de l'incertitude, il peut être combiné avec des tests de sensibilité et une modélisation probabiliste (Tröltzsch et al., 2016).

Encadré 3.2 Étude de cas : Évaluation des pratiques agroforestières et de la conservation des sols et de l'eau pour l'adaptation au changement climatique au Kenya : Une analyse coûts-avantages.

L'ACA a été utilisée pour analyser la valeur financière et économique des mesures de conservation des sols et de l'eau et d'adaptation agroforestière en utilisant les données primaires d'une enquête auprès de 642 ménages répartis dans cinq comtés du Kenya. Les résultats ont montré ce qui suit :

- les options d'ACA étaient économiquement intéressantes car elles génèrent des avantages nets positifs à la ferme résultant d'une réduction de l'érosion des sols, d'une meilleure rétention de l'eau, de rendements agricoles plus élevés et, finalement, de revenus plus élevés. Les externalités positives comprennent les avantages publics tels que l'atténuation des émissions de carbone et la réduction de l'envasement des barrages ;
- les coûts d'établissement de terrasses et de bandes enherbées étaient considérablement élevés pour la plupart des agriculteurs et cela est donc devenu un obstacle majeur à l'adoption. Le coût de la main-d'œuvre était également une contrainte majeure pour promouvoir l'adoption à la ferme. Une solution possible est le déploiement du personnel du Service National de la Jeunesse pour entreprendre le terrassement dans le cadre de leur service public ;
- la rentabilité démontrée de ces options d'adaptation ne suffit pas à en garantir l'adoption. Les gouvernements au niveau national et des comtés peuvent accroître l'adoption de mesures économiquement valables en s'attaquant aux déterminants de l'adoption ;
- les domaines potentiels de soutien gouvernemental pour l'adoption de ces technologies agricoles comprennent l'amélioration de l'accès à la vulgarisation agricole pour sensibiliser les agriculteurs au changement climatique et les éduquer ;

- les améliorations de la sécurité foncière, y compris les titres fonciers et la résolution rapide des conflits fonciers, garantissent que les agriculteurs sont incités à investir dans des mesures forestières et de conservation des sols et de l'eau plus coûteuses et à plus long terme. Étant donné que le genre est également un moteur de l'adoption d'actions d'adaptation, le genre devrait être intégré dans les programmes d'adaptation. Les défis uniques auxquels sont confrontés les agriculteurs, femmes et hommes, doivent être abordés à toutes les étapes de la conception du projet ; et
- l'augmentation de l'adoption des pratiques d'adaptation analysées nécessite également une productivité agricole continue. Investir dans l'accès des agriculteurs aux intrants productifs est également crucial. Cela peut être accompli en créant un environnement macroéconomique propice au secteur privé et en améliorant le ciblage des bénéficiaires (FAO et PNUD, 2020).

3.3.3 Analyse multicritère (AMC)

L'AMC propose une approche systématique pour classer les options d'adaptation en parallèle avec une gamme d'autres critères de décision. Les différents critères peuvent être pondérés pour refléter leur importance relative. La somme pondérée des différents critères sélectionnés est ensuite utilisée pour classer les options. L'AMC peut être appliquée pour analyser des stratégies d'adaptation alternatives ou pour des projets individuels ou des décisions d'investissement. En outre, l'approche encourage l'engagement avec les parties prenantes et permet la prise en compte des préférences des parties prenantes dans la notation et la pondération des critères (Tröltzsch et al., 2016).

L'AMC prend en compte à la fois les informations qualitatives et quantitatives et est particulièrement applicable aux scénarios qui combinent des facteurs qui doivent être pris en compte pour le classement des interventions d'adaptation. À cet égard, l'ACM peut compléter d'autres outils et saisir les aspects qualitatifs qui reposent sur le jugement subjectif d'experts ou l'opinion des parties prenantes et l'incertitude est intégrée comme critère d'évaluation (Tröltzsch et al., 2016).

3.3.4 Évaluation du potentiel de mise à l'échelle (ASP)

L'évaluation du potentiel de mise à l'échelle (ASP) est un outil conçu par le World Resources Institute (WRI) pour aider à évaluer l'extensibilité du projet, de la phase de conception à la phase post-mise en œuvre en cinq étapes. L'objectif de l'outil est d'aider les utilisateurs à hiérarchiser les options ou les projets susceptibles d'évoluer et de créer des changements transformationnels et des changements de paradigme. La hiérarchisation s'effectue par le biais d'un système de notation et de classement qui implique un large éventail de parties prenantes. L'outil peut être utilisé à n'importe quelle étape de la mise en œuvre du projet pour déterminer s'il a un potentiel de mise à l'échelle (Chaudhury et al., 2013).

La mise à l'échelle est un processus qui implique l'expansion, la reproduction, l'adaptation et le maintien de projets, programmes et/ou politiques réussis au fil du temps afin qu'ils aient un plus grand impact.

3.3.5 Priorisation et engagement du secteur des entreprises (BSPE)

La priorisation et l'engagement du secteur des entreprises (BSPE) peuvent être utilisés par les entreprises pour déterminer les domaines qui nécessitent une adaptation, en utilisant le classement pour mettre à l'échelle les secteurs économiques vulnérables au climat les plus importants sur le plan économique. Le BSPE a également été développé par le WRI et le Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD) pour aider les petites entreprises à s'adapter au changement climatique. Certains des principes que le secteur public peut utiliser pour promouvoir l'adaptation des entreprises de taille moyenne (MPE) ont été donnés par Dougherty-Choux et al. (2015) (Figure 6).

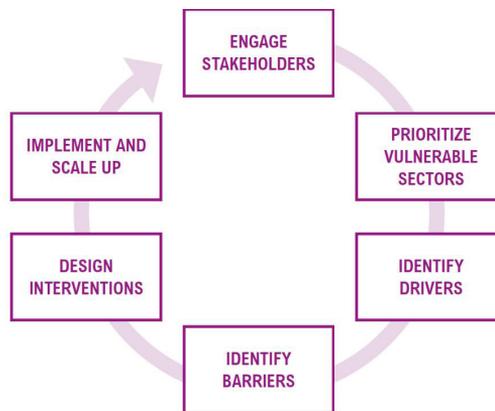


Figure 6. Principes d'adaptation du secteur privé (Source : Dougherty-Choux et al., 2015)

Les secteurs économiquement importants mais vulnérables doivent être prioritaires en raison de leur diversité. Le changement climatique affectera directement et indirectement la plupart des activités économiques des personnes exposées. Pour cibler les risques indirects qui affectent tous les secteurs, les politiques doivent adopter une approche intersectorielle afin de créer un environnement général propice à la croissance des entreprises. Cependant, les politiques non spécifiques visant à impliquer le secteur privé ne réussiront probablement pas car les moteurs et les obstacles à une adaptation réussie diffèrent selon les secteurs et même au sein d'un secteur. Par conséquent, lors de la conception de politiques permettant l'engagement des MPE, les décideurs doivent sélectionner les secteurs d'engagement.

En outre, les moteurs de l'investissement dans l'adaptation doivent être identifiés. Comprendre ce qui motive les investissements du secteur privé dans l'adaptation d'un secteur est important car cela détermine la conception des interventions et les réglementations associées. Non seulement les moteurs, mais aussi les obstacles empêchant l'investissement dans l'adaptation doivent être identifiés. Les décideurs politiques doivent identifier les obstacles à une adaptation efficace avant de concevoir des interventions visant à créer un environnement d'adaptation propice aux petites entreprises (Crawford et Church, 2019).

Le secteur public a besoin de politiques et d'interventions créant un environnement propice à l'adaptation des PME. Cela facilite l'engagement réussi du secteur privé et peut être important pour surmonter les obstacles auxquels sont confrontées les PME.

La dernière étape consiste à mettre en œuvre le plan et à passer à l'échelle. Les interventions peuvent être étendues de différentes manières, soit de bas en haut en commençant par plusieurs projets pilotes, soit de haut en bas à travers un programme de réformes à l'échelle nationale. Le développement de nouvelles approches réussies nécessite un investissement dans un large éventail d'activités d'adaptation

possibles pour tester ce qui fonctionne tout en identifiant les obstacles critiques et les facteurs de succès. L'encadré 3.3 montre l'engagement du secteur privé dans l'action climatique.

Encadré 3.3 Exemple d'initiatives du secteur privé pour l'adaptation au changement climatique

La Centenary Bank of Uganda a mis en place en 2013 un département de financement agricole qui a introduit une nouvelle initiative visant à offrir des taux d'intérêt préférentiels sur les prêts aux agriculteurs qui ont acheté des semences et/ou des kits d'irrigation résistants au climat. Cette initiative visait à encourager la gestion des risques climatiques et les actions ACA pour les agriculteurs locaux. Pour cette initiative, la banque s'est associée à une entreprise semencière nationale et à une entreprise spécialisée dans les technologies d'irrigation. Bien que le programme ait été établi avant le projet de document du Plan national d'adaptation (PNA) de l'Ouganda, le programme de la Centenary Bank soutient le PNA par le biais d'actions prioritaires axées sur les cultures résilientes au climat et le renforcement de l'agriculture irriguée. Ces initiatives de la Centenary Bank facilitent le financement direct des agriculteurs ougandais et contribuent aux efforts d'adaptation (Parry et al., 2017).

3.3.6 Élaboration participative de scénarios (DSP)

L'élaboration participative de scénarios (PSD) est un outil utile pour la planification de l'adaptation, car les décideurs prennent en compte toutes sortes d'incertitudes futures dans le processus de planification. Elle s'applique à toutes les échelles de prise de décision, des échelles régionales aux échelles locales. Le PSD permet aux décideurs d'utiliser des scénarios dans leur prise de décision ou de développer plusieurs scénarios capables de résister aux incertitudes futures (Chaudhury et al., 2013). Le PSD peut être utilisé par plusieurs disciplines pour créer des scénarios multidisciplinaires de manière participative. Cela facilite la planification pour faire face aux incertitudes climatiques et socioéconomiques. Les scénarios représentent de futures histoires hypothétiques, exprimées en chiffres, en mots, en cartes et/ou en graphiques (Wilkinson et Eidinow, 2008).

- Les scénarios décrivent des futurs plausibles sur la base d'un ensemble d'hypothèses logiques et cohérentes en interne sur les moteurs et les relations clés ;
- Les scénarios n'offrent aucune certitude sur les évolutions futures car l'incertitude est une caractéristique d'un monde complexe ; et
- Les scénarios peuvent aider à identifier et hiérarchiser les options d'adaptation au fil du temps (Chaudhury et al., 2013)

L'approche PSD de la planification permet la co-création de scénarios entre les participants d'horizons divers permettant la collaboration et l'incorporation de différentes perspectives pour créer une vision partagée de l'avenir. Dans le processus PSD, les participants sont encouragés à relier leurs expériences à des informations quantitatives (par exemple, analyse économique) et qualitatives (par exemple, expérience, politiques), pour donner une crédibilité scientifique aux scénarios établis. La multidisciplinarité rend les scénarios pertinents pour les participants et leurs besoins en matière de prise de décision. Le processus de DSP passe par cinq étapes : (i) moteurs de changement, (ii) vision, (iii) analyse rétrospective, (iv) obstacles et catalyseurs, et (v) hiérarchisation (Figure 7).

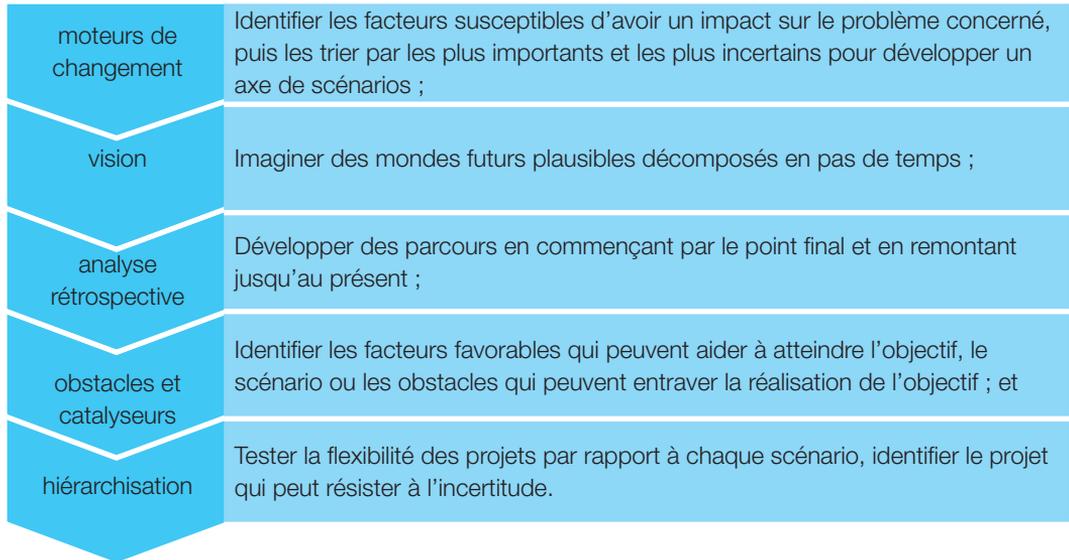


Figure 7. Aperçu du processus PSD (Source : Chaudhury et al., 2013)

L'élaboration conjointe de plans dans le processus d'élaboration de scénario participatif (PSD) produit des scénarios et des plans utiles à tous les participants. De plus, le PSD crée une légitimité là où les personnes impliquées sont capables de créer une vision commune de l'avenir et de planifier de manière participative. Le processus est très créatif, permettant aux utilisateurs de « sortir des sentiers battus », alors qu'ils envisagent leurs 100 prochaines années ou plus à venir. Passer par le processus PSD est une plate-forme pour renforcer les capacités de réflexion créative, faisant du PSD un outil de prise de décision (Chaudhury et al., 2013 ; Vervoort et al., 2014).

3.3.7 Forces, Faiblesses, Opportunités et Menaces (FFOM)

Une analyse FFOM (Forces, Faiblesses, Opportunités et Menaces) est un processus simple où plusieurs facteurs sont évalués et classés par rapport à l'organisation et à son environnement favorable. L'analyse implique l'identification de facteurs caractérisés comme internes ou externes à une organisation ou positifs ou négatifs. Les forces et les faiblesses comprennent tous les facteurs et qualités internes de l'organisation, tandis que les opportunités et les menaces sont représentées par des facteurs externes et des attributs environnementaux associés. L'analyse fournit des informations utilisées pour faire correspondre les ressources et les capacités avec l'environnement concurrentiel. Les forces et les opportunités aident à atteindre les objectifs et sont bénéfiques pour l'organisation. Les faiblesses et les menaces nuisent à la réalisation des objectifs et nuisent à l'organisation. Un exemple d'analyse FFOM pour l'action contre le changement climatique est donné dans le tableau 2.

Tableau 2. Exemple d'analyse FFOM pour les projets d'adaptation au changement climatique

<p>FORCES</p> <ul style="list-style-type: none"> • La sensibilisation au changement climatique nous aide à chercher des solutions pour réduire les impacts et nous adapter ; et • Les progrès de la science du climat nous permettent de nous adapter et de gérer les conséquences du changement climatique 	<p>FAIBLESSES</p> <ul style="list-style-type: none"> • La sensibilisation au changement climatique n'a pas atteint toutes les communautés ; • Mauvais systèmes d'alerte précoce (EWS) ; • Secteur privé moins enthousiasmé par le changement climatique ; • L'imprévisibilité climatique ; et • Procédures d'accès au financement climatique.
<p>OPPORTUNITÉS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Financement climatique international ; • Coordination internationale ; • Opportunités de formation et de recherche ; • Appui gouvernemental ; • Diversification ; et • Transfert de technologie. 	<p>MENACES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Problèmes de santé (maladies transmises par des vecteurs et par l'eau, par exemple le paludisme, le choléra, • Décès dus aux vagues de chaleur ; • Insécurité alimentaire ; • Érosion de la diversité génétique ; • Invasion invasive ; et • Ravageurs et agents pathogènes des plantes

3.3.8 Autres outils

Gestion itérative des risques : utile en cas de défis à long terme et incertains, en particulier avec des seuils de risque clairs. C'est difficile lorsqu'il s'agit de risques multiples agissant ensemble lorsque leurs seuils ne sont pas toujours faciles à identifier.

Analyse des options réelles (ROA) : elle peut être utilisée dans l'adaptation pour mieux comprendre les risques associés à l'investissement dans des actifs physiques (réels). Il est particulièrement utile pour déterminer quand investir dans une intervention d'adaptation ou la valeur de l'ajustement des interventions d'adaptation au fil du temps en réponse à des événements changeants. La ROA fournit une analyse économique de la valeur de la flexibilité et de l'apprentissage futur. La ROA est particulièrement utile pour envisager des interventions d'adaptation à grande échelle, de longue durée et coûteuses telles que la protection contre les crues des digues ou le stockage de l'eau par des barrages. L'analyse peut être utilisée pour étayer la portée de ces projets d'interventions d'adaptation et la valeur de la sécurisation des investissements pour le développement futur. Cela peut également aider à explorer comment intégrer la flexibilité dans la conception de ces interventions et comment la valeur du projet évoluera au fil des étapes de développement. Les grandes décisions irréversibles, lorsque des informations sont disponibles sur les probabilités de risque climatique, nécessitent une évaluation économique (par exemple, une ACA), des probabilités et des points de décision clairs (Tröltzsch et al., 2016).

Prise de décision robuste : elle est utilisée lorsque l'incertitude et le risque sont importants. Peut utiliser un mélange d'informations quantitatives et qualitatives. Nécessite une analyse informatique élevée et un grand nombre d'exécutions. Intègre explicitement les incertitudes et les risques, en particulier les risques systémiques dépendants, pour en tirer des solutions robustes (Tröltzsch et al., 2016).

Analyse de portefeuille : elle est utilisée lorsqu'il existe un certain nombre d'actions d'adaptation complémentaires et de bonnes informations. Nécessite des données économiques et des probabilités.

Elle a des problèmes d'interdépendance. Elle traite explicitement de l'incertitude en examinant la complémentarité des options d'adaptation pour faire face aux climats futurs (Tröltzsch et al., 2016).



Activité 3.4 Révision (10 minutes)

Décrivez au moins trois outils pour hiérarchiser les options d'adaptation.



Résumé

Dans cette session, nous avons été exposés à des outils pouvant être utilisés pour hiérarchiser les options d'adaptation. Les options d'adaptation sont les choix faits parmi les plans d'action possibles pour aider à réduire la vulnérabilité au changement climatique et à renforcer la résilience. Les options d'adaptation peuvent être classées en options discrètes et intégrées. Les outils utilisés incluent l'ACA, l'ACE, AMC l'ASP, le BSPE et le PSD.

3.4 Mécanismes de financement de l'adaptation

Des ressources financières et un appui technique sont nécessaires pour planifier, mettre en œuvre, maintenir et évaluer les activités qui font progresser l'ACC. Tous les pays, riches et pauvres, doivent s'adapter au changement climatique, et cela coûtera cher. L'article 4 de la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) souligne que les pays membres développés fournissent des ressources financières pour aider les pays membres en développement à s'adapter au changement climatique. Les pays en développement sont déjà les plus durement touchés par le changement climatique, mais ils ont peu de capacité (à la fois en termes de capacités humaines et de ressources financières) pour s'adapter. La CCNUCC a mis en place des mécanismes de financement pour combler les déficits de financement des pays en développement, tandis que des idées nouvelles et innovantes continuent d'émerger (Biagini et al., 2014). Le financement est requis par tous les pays en développement à partir de l'élaboration de stratégies nationales d'adaptation ou de plans d'action à tous les niveaux : local, provincial et national. Les fonds sont fournis par des canaux multilatéraux, à l'intérieur et à l'extérieur du mécanisme financier de la CCNUCC et progressivement par le biais de canaux et de fonds bilatéraux, régionaux et nationaux pour le changement climatique.



Résultats d'apprentissage

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

- décrire certains types de mécanismes de financement pour les projets d'adaptation ;
et
- décrire les modalités de mise en œuvre des financements climatiques.



Activité 3.5 Remue-méninges (10 minutes)

Décrivez vos expériences avec les initiatives mondiales pour l'ACC.

Les mécanismes de financement décrits dans l'Accord de Copenhague ont déclaré l'augmentation du financement climatique pour les pays en développement avec 30 milliards de dollars US de financement à démarrage rapide pour la période 2010-2012 et 100 milliards de dollars US par an à partir de 2020. L'initiative a identifié le secteur privé comme l'une des principales sources de financement du Fonds mondial pour le climat (GCF). En outre, les accords de Cancún ont transformé une grande partie du contenu des accords de Copenhague sur le financement climatique en une décision de la Conférence des parties (COP).

Pauw et al. (2016) ont défini dix critères pour évaluer le financement de l'adaptation : adéquat, prévisible, durable, augmenté, nouveau et additionnel, doté d'un accès amélioré, répartition équilibrée entre l'adaptation et l'atténuation, prioritaire pour les pays en développement les plus vulnérables, mobilisé par les pays développés et transparent. D'autres possibilités de financement actuellement disponibles pour les pays en développement pour financer des projets d'adaptation comprennent : le Fonds pour l'adaptation future dans le cadre du Protocole de Kyoto, des fonds provenant d'autres accords multilatéraux sur l'environnement (AME) et des financements bilatéraux et multilatéraux de gouvernements, d'organisations et d'agences nationales et internationales. Le financement peut provenir du secteur privé, national, bilatéral ou multilatéral. Quelques exemples sont donnés dans le paragraphe suivant.

Les fonds pour le climat transitent par des canaux multilatéraux à l'intérieur et à l'extérieur du mécanisme financier de la CCNUCC et de plus en plus par des canaux et des fonds bilatéraux, ainsi que par des canaux et des fonds régionaux et nationaux de lutte contre le changement climatique (Bird et al., 2017).

Oiseau et al. (2017) ont ajouté que l'architecture du financement climatique est complexe et évolue constamment pour soutenir l'atténuation et/ou l'adaptation, notamment : le Fonds d'adaptation (AF), le Programme d'investissement forestier (FIP), le Fonds de partenariat pour le carbone forestier, le Fonds pour les technologies propres (CTF), le FEM, le Fonds pour les pays les moins avancés (LDCF), le Programme pilote sur la résilience climatique (PPCR), le Programme de développement des énergies renouvelables (SREP) et le Fonds spécial pour le changement climatique (SCCF). La mise en œuvre se fait par le biais de partenariats publics, privés ou public-privé et implémentée par le biais des agences des Nations Unies ou de banques multilatérales de développement (BMD) ou en tant qu'agences multilatérales accréditées de mise en œuvre ou entités nationales de mise en œuvre.

3.4.1 Secteur privé

Le changement climatique présente un certain nombre de risques pour les communautés et les entreprises vulnérables du monde entier. Le secteur privé a des motifs différents du secteur public pour investir dans l'adaptation et ils agissent souvent sans aucun soutien public, mais peuvent compléter les activités publiques d'adaptation sur le terrain, y compris dans des secteurs prioritaires tels que l'eau et l'agriculture. En plus de son propre financement, la CCNUCC dispose également d'une plateforme centralisée pour soutenir les investissements du secteur privé dans les activités d'adaptation, l'Initiative du secteur privé (PSI), soutenue par le Programme de travail de Nairobi axé sur les impacts, la vulnérabilité et l'adaptation au changement climatique. Les initiatives représentent des interventions d'adaptation privées dans le monde entier et couvrent une variété d'entreprises et de secteurs : l'eau, l'assurance, 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).

L'initiative offre une plate-forme aux entreprises pour contribuer à une réponse forte et efficace, de manière durable et rentable à la fois dans leurs efforts d'adaptation et, surtout, dans ceux des pays et des communautés les plus vulnérables du monde. Les types d'engagement du secteur privé sont illustrés à la figure 8.

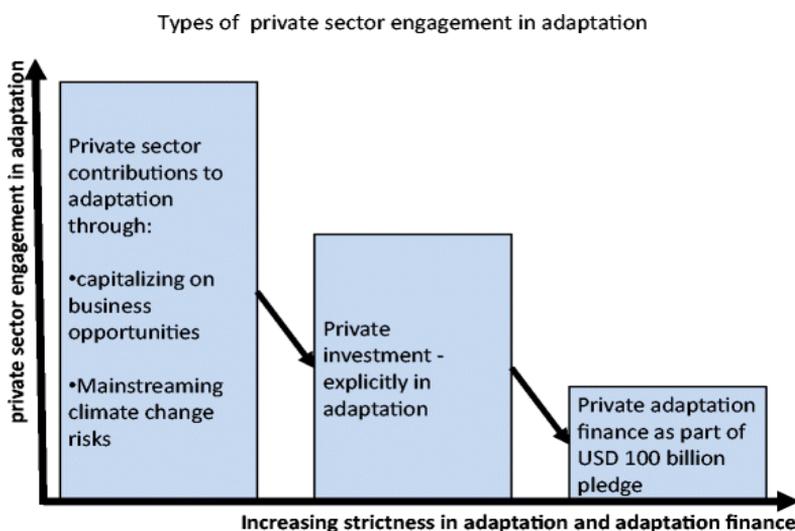


Figure 8. Types d'engagement du secteur privé dans l'adaptation (Source : Pauw et al., 2016)

Les entreprises privées mettent en œuvre des actions qui réduisent les risques pour leurs opérations commerciales, et investissent dans des actions d'adaptation dans les régions vulnérables de manière durable et rentable (CCNUCC, 2012). Les initiatives comprennent :

- la recherche de nouvelles opportunités de marché et expansion ;
- le développement de biens et services respectueux du climat ;
- les initiatives de réduction des coûts ;
- les mesures de réduction des risques, y compris les opérations physiques ;
- l'étanchéité climatique de la chaîne d'approvisionnement ; et
- l'amélioration des responsabilités sociale d'entreprise.

L'encadré 3.4 montre quelques projets qui ont été mis en œuvre par le secteur privé.

Encadré 3.4 Exemples de projets mis en œuvre avec succès par le secteur privé

Le groupe Cisco System Strategy and Innovation a une initiative de recherche visant à réduire les émissions dues à la déforestation dans les pays en développement avec des co-bénéfices pour l'ACC et la conservation des écosystèmes forestiers.

Les chercheurs de BASF développaient des plantes tolérantes au stress, plus résistantes aux conditions climatiques extrêmes telles que la sécheresse afin d'optimiser la production végétale de plantes telles que le maïs, le soja et le blé. BASF propose également des solutions innovantes et respectueuses de l'environnement pour une protection côtière efficace et stable grâce à un système de polyuréthane élastomère spécialement développé ([Elastocoast](#)) où les digues sont protégées en absorbant la force des vagues déferlantes et en ralentissant les masses d'eau.

RICOH met en œuvre neuf projets de conservation des écosystèmes forestiers dans huit pays. En Afrique, le financement compatible avec le climat a fonctionné dans les secteurs de l'énergie en Ouganda et en Namibie et dans les secteurs agricoles en Zambie et en Tanzanie (UNFCCC. int, 2021).

Le PSI combine la capacité du secteur privé à innover et à produire de nouvelles technologies d'adaptation et son levier financier pour constituer une part importante des partenariats multisectoriels nécessaires entre les acteurs gouvernementaux, privés et non gouvernementaux. Certaines initiatives sont également mises en œuvre par des multinationales (telles que Allianz, Anglo American, GlaxoSmithKline, Nestlé et Siemens), avec quelques 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). Ceux-ci opèrent dans le monde entier avec quelques projets pilotes avec la participation du secteur privé en Afrique (CCNUCC, 2020a). Les compagnies d'assurance internationales sont également impliquées dans une certaine mesure dans le financement climatique en Afrique. Les partenariats public-privé (PPP) sont initiés et cofinancés par des organisations multilatérales ou bilatérales telles que la Banque mondiale ou la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), le Département britannique pour le développement international (DfID) ou l'Agence des États-Unis pour le développement international (USAID) (Troilo, 2011).

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

3.4.2 Niveau national

Certains gouvernements africains financent l'adaptation et les technologies d'adaptation telles que l'approvisionnement en eau, la recherche, les interventions agricoles ou la construction de barrages. Ces activités ne sont souvent pas affectées à l'adaptation, mais relèvent du budget gouvernemental plus large pour les secteurs de l'agriculture, de la biodiversité ou de la foresterie. Le Bénin, l'Éthiopie, le Mali, le Rwanda et l'Afrique du Sud ont des fonds nationaux dédiés au changement climatique, certains programmes d'action pour le climat étant partiellement financés par les budgets nationaux, tandis que d'autres ont proposé des fonds nationaux pour le climat dans leurs stratégies et plans d'action sur le changement climatique (Bird et al., 2017). L'un des premiers fonds nationaux d'investissement dans 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 un changement transformateur (CCNUCC, 2021).

3.4.3 Les accords bilatéraux

Les acteurs bilatéraux du développement accordent majoritairement des financements au secteur public et aux organisations de la société civile. Leurs activités comprennent le renforcement des capacités, la facilitation des dialogues avec le secteur privé, le soutien des conditions favorables et les programmes de subventions de contrepartie. Il s'agit notamment de l'USAID, de l'Agence suédoise de développement international (Sida), de la GIZ et du DfID. Les gouvernements donateurs bilatéraux et leurs agences ont versé 2,4 milliards de dollars supplémentaires, en moyenne, en 2015-2016 pour le financement de l'adaptation. Certains acteurs bilatéraux clés ont mis en place des initiatives climatiques dédiées pour soutenir le développement et la mise en œuvre d'activités d'atténuation et d'adaptation au changement climatique à l'échelle internationale. Certains, comme le gouvernement français, ont intégré des sous-programmes connexes dans des initiatives existantes dédiées au climat ou à l'environnement (Tipmann et al., 2013). Ils appliquent principalement des critères de sélection et d'investissement généraux spécifiques et dédiés aux projets liés au changement climatique/environnemental. Ceux-ci comprennent le cofinancement et l'expertise, ainsi que les capacités de gestion et financières des organisations de mise en œuvre. Les principales initiatives et programmes bilatéraux sur le climat sont :

- l'Initiative Internationale sur le Climat (ICI), Allemagne ;
- le Fonds Français pour l'Environnement Mondial, France ;
- le Fonds international pour le climat (ICF), Royaume-Uni ;
- l'Initiative Hatoyama/Financement de démarrage rapide, Japon ;
- Le soutien du Royaume-Uni à l'énergie dans les pays en développement ; et
- le Fonds africain d'adaptation (Japon-PNUD).

- Le 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 verte et résiliente au changement climatique ;
- Le Fonds a levé environ 130 millions de dollars US pour des investissements stratégiques dans la résilience climatique au Rwanda. Il a créé plus de 137 500 emplois verts, fourni à plus de 57 500 ménages un meilleur accès à une énergie propre hors réseau et protégé 19 500 hectares (ha) de terres contre l'érosion des sols ; et
- Les propositions de financement sont approuvées sur la base d'une évaluation minutieuse pour garantir que leur retour sur investissement contribue à la résilience climatique du Rwanda (CCNUCC, 2021).

Le programme d'adaptation en Afrique a été lancé en 2008 par le PNUD en partenariat avec l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel, le Fonds des Nations Unies pour l'enfance et le Programme alimentaire mondial (PAM) et avec un soutien de 92,1 millions de dollars du gouvernement du Japon. Le programme d'adaptation en Afrique a été établi dans le cadre conjoint Japon-PNUD pour l'établissement d'un partenariat pour 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 en mai 2008. Un soutien a été apporté sur une période de 3 ans pour améliorer la capacité d'adaptation des 20 pays du Programme d'adaptation en Afrique, en promouvant une action d'adaptation précoce et en jetant les bases d'un investissement à long terme pour accroître la résilience au changement climatique sur le continent africain (Helmore, 2013).

3.4.4 Niveau multilatéral

Il existe douze entités multilatérales de mise en œuvre dont seulement trois sont hébergées en Afrique, à savoir ; Banque Africaine de Développement (BAD), PNUD et PNUE. Les institutions multilatérales de financement du développement fournissent des financements publics mondiaux 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, les mécanismes de développement propre avaient également fourni environ 200 millions de dollars US au Fond d'Adaptation (FA) au cours de sa durée de vie (Micalé et al., 2018).

Le FVC dans le cadre de la CCNUCC est considéré comme le principal mécanisme potentiel pour organiser une part du financement climatique international. Le FVC complète de nombreux fonds multilatéraux existants pour le changement climatique, tels que le FEM, le FA et le CIF. Le soutien du FVC à la foresterie vise à accroître la résilience et à améliorer les moyens de subsistance des personnes, des communautés et des régions les plus vulnérables, à améliorer la santé et le bien-être des personnes, à renforcer la sécurité alimentaire et hydrique et à améliorer la résilience et les services des écosystèmes. Le fonds soutient également la formulation de plan national d'adaptation (PNA) dans les pays en développement et contribue au renforcement des capacités techniques et au renforcement des cadres institutionnels. En outre, le FVC soutient des projets qui favorisent des changements de paradigme visant un équilibre 50/50 entre le financement de l'atténuation et de l'adaptation. Des projets à grande échelle du FVC axés sur les initiatives d'adaptation ont été approuvés pour le Malawi, l'Ouganda et la Zambie (Fonds vert pour le climat, 2020).

Le FEM a été créé en 1992 lors du Sommet de la Terre de Rio pour traiter des problèmes environnementaux. En octobre 2018, le FEM comptait 183 pays partenaires internationaux, des organisations de la société civile, des institutions internationales et le secteur privé travaillant sur les problèmes environnementaux mondiaux (PNUD, 2018). Le FEM abritant la priorité stratégique sur l'adaptation (SPA) qui a été établie en 2001 a consacré 5 millions de dollars américains à des projets pilotes sur des initiatives d'adaptation communautaire par le biais du programme de petites subventions. Depuis lors, le FEM a fourni plus de 17 milliards de dollars de subventions et mobilisé 88 milliards de dollars supplémentaires de financement pour plus de 4 000 projets dans 170 pays. Le Fonds d'affectation spéciale du FEM et son SPA soutiennent des activités portant sur l'adaptation tout en générant des avantages environnementaux mondiaux. Le fonds fiduciaire comprend le LDCF et le SCCF, le SCCF étant en partie conçu pour financer des activités d'adaptation, qui augmentent la résilience aux impacts du changement climatique et se concentrent sur les réponses d'adaptation principalement dans les secteurs des ressources en eau, de l'agriculture, de la terre, de la santé, du développement des infrastructures, de la préparation aux catastrophes, des écosystèmes fragiles et les zones côtières (CCNUCC, 2007). Le FEM soutient les besoins et les priorités des pays, offrant une flexibilité pour combiner l'assistance technique et le renforcement des capacités du

PNA avec le financement du PANA ciblant les investissements d'adaptation réels pour la mise en œuvre. Par le seul biais du LDCF, un total de 41,7 millions de dollars US a été approuvé pour les PNA 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 de dollars US de subventions fournies par le biais du LDCF, du SCCF et du SPA tandis que plus de 7 milliards de dollars US ont été mobilisés auprès d'autres sources (UNFCCC, 2019a). En juillet 2017, environ 80% du financement de l'adaptation avait ciblé les PMA, les petits pays insulaires en développement (PEID) et les États Africains.

Le FIC a été créé en 2008 comme l'un des plus grands instruments mondiaux de financement climatique accéléré avec 7,6 milliards de dollars USD approuvés pour fournir 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 un financement important du secteur privé, du BMD et d'autres sources. Cinq BMD – la BAD, la Banque Européenne pour la reconstruction et le développement, la Banque Asiatique de développement, la Banque interaméricaine de développement et le Groupe de la Banque mondiale soutiennent la mise en œuvre des projets et programmes financés par les CIF. Les FIC comprennent deux programmes clés ; le FTP et Fonds stratégique pour le climat (FIC, 2019) :

Dans les zones côtières où la mise en œuvre de mesures pilotes d'adaptation au changement climatique a été intégrée et où des activités ont commencé, le SPAC soutient les pays participants dans des activités axées sur la réduction des impacts du changement climatique sur la biodiversité et la dégradation des terres. Le programme d'adaptation communautaire a élaboré un cadre couvrant tous les niveaux, du niveau local au niveau intergouvernemental, afin de répondre aux besoins uniques d'adaptation communautaire, d'identifier et de financer divers projets d'adaptation communautaire dans des pays tels que le Bangladesh, le Guatemala, la Jamaïque, le Maroc, Namibie et Niger. Ceux-ci partagent les expériences et les leçons apprises dans la réponse aux défis du changement climatique avec toutes les parties prenantes et leurs organes directeurs.

Le CTF (environ 4,9 milliards de dollars USD avec 85 projets) - promeut un financement accru pour la démonstration, la distribution et le transfert de technologies à faible teneur en C qui ont un potentiel substantiel d'économies à long terme d'émissions de GES. Les projets soutenus concernent principalement trois secteurs : l'énergie (réduction de l'intensité du carbone grâce aux énergies renouvelables et aux technologies hautement efficaces), le secteur des transports (accent mis sur l'efficacité et les transferts modaux), 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 (CIF, 2018).

Le Fonds stratégique pour le climat soutient trois programmes : le FIP, le PPCR et le Programme de mise à l'échelle des énergies renouvelables (SREP).

- **FIP** : C'est l'un des trois programmes du Fonds stratégique pour le climat qui fournit un financement accru pour les réformes de préparation et les investissements publics et privés pour 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 surmonte les problèmes qui ont entravé les progrès des efforts passés. Les pays Africains qui ont bénéficié du FA dans le cadre du FIP sont le Burkina Faso, le Cameroun, la République du Congo, la Côte d'Ivoire, le Ghana, le Mozambique, le Rwanda, la Tunisie et la Zambie (CIF, 2019).

- **PPCR** : C'est devenu le premier programme opérationnel du Fonds stratégique pour le climat en 2008, visant à initier et démontrer des moyens d'intégrer le risque climatique et la résilience dans la planification du développement principal et à renforcer d'autres initiatives en cours. Le PPCR accompagne quatorze pays en développement dans la progression de leurs actions transformationnelles pour le climat. Environ 1,2 milliard de dollars US ont été investis dans des programmes pilotes (CIF, 2019).
- **SREP** : Ce programme a investi environ 740 millions de dollars US pour démontrer la faisabilité économique, sociale et environnementale des voies de développement à faible teneur en C dans le secteur de l'énergie des pays en développement. Elle crée de nouvelles opportunités économiques et augmente 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 mettait l'accent sur les paiements pour la préservation de sa forêt tropicale par le biais du mécanisme de réduction des émissions par la déforestation et la dégradation des forêts (REDD+), qui s'attendait à ce que les paiements financent : l'énergie propre (en particulier l'hydroélectricité), le développement des économies villageoises, le soutien aux inondations l'adaptation connexe et renforcent les soins de santé et l'éducation (Pharo, 2015). Les pays Africains qui ont bénéficié du FA dans le cadre du SREP sont le Bénin, l'Éthiopie, le Ghana, le Kenya, le Lesotho, le Libéria, Madagascar, le Malawi, le Mali, la Sierra Leone, la Tanzanie, l'Ouganda et la Zambie (CIF, 2019). Certains des projets du fonds d'adaptation sont présentés dans l'encadré 3.4.

Encadré 3.4 Études de cas en Afrique pour 2019

- Un projet mis en œuvre au Bénin, au Burkina Faso, en Côte d'Ivoire, au Ghana, au Mali et au Togo sur l'intégration de la gestion des inondations et de la sécheresse et l'alerte précoce pour l'adaptation au changement climatique dans le bassin de la Volta est mis en œuvre par l'Organisation météorologique mondiale et vise à aider les six pays dans la mise en œuvre de mesures coordonnées et conjointes pour améliorer leurs plans de gestion existants aux niveaux régional, national et local et tirer parti des enseignements tirés des projets passés et en cours liés à la réduction des risques de catastrophe et à l'adaptation au changement climatique.
- Un projet sur la promotion de l'agriculture intelligente face au climat en Afrique de l'Ouest au Bénin, au Burkina Faso, au Ghana, au Niger et au Togo est mis en œuvre par une entité régionale de mise en œuvre du FA, la Banque Ouest Africaine de Développement qui est une l'entité régionale de mise en œuvre du FA vise à réduire la vulnérabilité des agriculteurs et des éleveurs à un risque climatique accru, qui compromet le niveau de sécurité alimentaire, la génération de revenus et les services écosystémiques de soutien des communautés pauvres.
- À Maurice et aux Seychelles, un projet sur la restauration des services écosystémiques marins par la réhabilitation des récifs coralliens pour faire face au changement climatique, est mis en œuvre par le PNUD avec un objectif global d'accroissement de la résilience climatique aux niveaux régional et local en mettant en œuvre la restauration des récifs coralliens avec coraux tolérants à la chaleur comme adaptation au changement climatique (Fonds d'adaptation, 2019).



Activité 3.6 Révision (10 minutes)

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



Résumé

Dans cette section, nous avons appris que le financement de la lutte contre le changement climatique passe normalement par des canaux multilatéraux, à l'intérieur et à l'extérieur du mécanisme financier de la CCNUCC et de plus en plus par des canaux et des fonds bilatéraux, ainsi que par des canaux et des fonds de lutte contre le changement climatique régionaux et nationaux. Les initiatives du secteur privé peuvent également soutenir l'ACC. Les approches politiques à long terme dans le cadre de la CCNUCC peuvent être planifiées en utilisant l'une des cinq approches : méthode des voies d'adaptation, EbA, CoBA, moyens de subsistance et diversification économique, ainsi que des approches fondées sur les risques. Nous avons conclu la section en rapportant quelques études de cas du continent africain.

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

Si toutes les sociétés se sont, dans une certaine mesure, adaptées ou sont en train de s'adapter aux effets néfastes du changement climatique, dans la plupart des cas, les capacités d'adaptation aux variabilités émergentes et aux changements rapides sont sensiblement différentes, ce qui nécessite un appui politique pour les besoins d'adaptation (PNUD-PNUE, 2011). La réalisation des objectifs de développement est largement affectée 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 devraient donc être intégrées dans des politiques de développement plus larges car le changement climatique est une question transversale. Dans cette section, nous apprenons à intégrer l'ACC.



Résultats d'apprentissage

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

- i. expliquer les considérations relatives à l'intégration de l'ACC ;
- ii. expliquer les approches utilisées pour intégrer l'ACC dans le développement ; et
- iii. expliquer les caractéristiques des bonnes approches politiques.



Activité 3. 7 Discussion de groupe (10 minutes)

Quelle est la signification de l'intégration de l'ACC dans les politiques et plans de développement ?

L'intégration de l'ACC est un processus qui tient compte des conséquences des risques climatiques dans tous les domaines du développement national et inclut 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 tenir compte des mesures de préparation, d'atténuation, d'évitement, d'intervention et de rétablissement aux catastrophes/changements climatiques pour faire face aux risques climatiques. Les objectifs, stratégies, politiques, mesures ou opérations d'adaptation doivent être intégrés dans les politiques, processus et budgets de développement nationaux et régionaux (PNUD, 2004). À cet égard, l'adaptation s'intègre dans les résolutions de multiples secteurs relatifs à la nature de l'intervention, ses échelles temporelles et spatiales et son contexte institutionnel. La coordination et l'engagement à tous les niveaux sont souvent essentiels pour renforcer les efforts d'adaptation et offrir des opportunités de promotion d'un changement transformationnel. L'intégration peut se faire à n'importe quel niveau : local, sectoriel, national, régional ou international.

Les décideurs politiques et les planificateurs/gestionnaires responsables dans des 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, devraient anticiper et intégrer les impacts futurs du changement climatique dans leurs plans sectoriels (Groupe d'experts des pays les moins avancés, 2012). Au niveau national, les décideurs politiques doivent tenir compte des impacts potentiels dans différents secteurs et prendre des décisions politiques dans tous les secteurs. L'élaboration des politiques nationales tient compte de toutes les politiques (et actions) existantes, de sorte qu'en fin de compte, les vulnérabilités au changement climatique ne soient pas accrues, ce qui élimine les problèmes de mauvaise adaptation au changement climatique. En outre, les déficits d'adaptation doivent également être abordés (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'y a pas de marchés pour les produits agricoles.

Il existe d'autres secteurs où l'intégration peut être nécessaire au niveau régional. Par exemple, les bassins fluviaux tels que la vallée du Zambèze et le Nil ou les grandes zones sujettes à la sécheresse telles que le Sahel. Les programmes peuvent se concentrer sur les initiatives les plus appropriées au niveau régional, par ex. Afrique de l'Est, Afrique de l'Ouest, Afrique australe ou 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 efficacement modélisés (Christensen et al., 2007).

Au niveau mondial, les actions contre le changement climatique ont besoin de la coopération de la communauté mondiale des nations pour agir ensemble dans le cadre de la CCNUCC, parallèlement à d'autres efforts axés sur le développement. Par exemple, la réalisation de nombreux objectifs de développement durable (ODD) peut être affectée par les événements climatiques et les capacités socio-écologiques d'adaptation (Ansuategi et al., 2015). La coopération internationale est également nécessaire 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 pays les plus vulnérables qui n'ont pas la capacité adéquate de 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 ex. la gestion durable des forêts (GDF), l'ACC et l'atténuation et la conservation de la biodiversité.

Les actions d'adaptation varient selon les circonstances, bien qu'une approche par projet de la planification et du financement de l'adaptation puisse ne pas produire l'ampleur des résultats nécessaires à une adaptation à long terme. Le mieux pourrait être de formuler des politiques nationales d'adaptation ou des stratégies sur le changement climatique en utilisant des approches politiques transversales et intégrées. Vij et al. (2017) ont analysé les approches des politiques d'adaptation au climat et leurs caractéristiques à l'aide de projets asiatiques et ont identifié cinq approches et quatre caractéristiques clés des politiques d'adaptation. Les approches comprennent les scénarios, la planification stratégique (spatiale), la prise de décision solide, les voies d'adaptation et la gouvernance adaptative. Le tableau 3 décrit les cinq approches politiques à long terme dans le cadre de la CCNUCC et leurs caractéristiques. Les approches incluent la méthode des voies d'adaptation, l'EbA, la CoBA, les moyens de subsistance et la diversification économique ainsi que les approches basées sur les risques.

De bonnes approches politiques d'adaptation :

- sont souples ;
- sont évolutives ;
- tiennent compte des incertitudes ;
- sont ésilientes ;
- ont des changements progressifs ou graduels ;
- sont orientées dans le temps ;
- ont une échelle locale, nationale ou internationale ; et
- sont expérimental et réactives.

Tableau 3. Approches politiques de l'adaptation

Approche	Description
Méthode des voies d'adaptation	<ul style="list-style-type: none"> • Donne la priorité à la gestion des risques existants ; • Développe un ensemble de voies d'adaptation à long terme parmi lesquelles choisir ; et • Peut utiliser des modèles.
EbA	<ul style="list-style-type: none"> • Solution basée sur la nature qui utilise les services écosystémiques pour réduire la vulnérabilité ; • Implique un éventail de parties prenantes alignant leurs besoins sur les résultats de la planification ; et • Forge des partenariats pour la mise en œuvre.
CoBA	<ul style="list-style-type: none"> • Met l'accent sur l'engagement des communautés locales, plus particulièrement des groupes et communautés vulnérables dans le processus adaptation.
Moyens de subsistance et diversification économique	<ul style="list-style-type: none"> • Crée un environnement qui permet aux gens 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 vulnérabilités identifiés ; et • L'approche comprend quatre étapes : identification des risques pertinents, caractérisation de ces risques, sélection d'options politiques pour faire face aux risques et retour d'information pour répondre aux risques en développement.

Source : CCNUCC (2019b)

La réponse nationale d'adaptation devrait être formulée dans le cadre de politiques de développement plus larges, y compris les domaines qui ne sont pas exactement liés au changement climatique. L'intégration des PNA dans les processus et stratégies de planification du développement national contribuera à réduire la vulnérabilité aux effets néfastes du changement climatique (CCNUCC, 2019b). Le processus d'intégration de l'ACC 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 la collaboration et la mise en réseau avec des acteurs gouvernementaux et non gouvernementaux pour 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).

Les cadres utilisés par les pays en développement pour planifier et mettre en œuvre une adaptation réactive comprennent : le PANA, le CoBA, le cadre de politique d'adaptation (APF) et l'EbA (CCNUCC, 2019b). Une ACC efficace au changement climatique devrait donc intégrer les impacts potentiels dans les stratégies et plans en cours aux niveaux sectoriel et national (Huq et al., 2003). Lorsque les planificateurs et les gestionnaires sont équipés de méthodologies et d'outils appropriés, ils devraient être en mesure d'intégrer les questions de changement climatique dans leur planification normale à un coût minimum. L'intégration de l'adaptation dans le développement nécessite donc que les principaux acteurs du développement (gouvernements, agences internationales de financement du développement, organisations non gouvernementales (ONG), communautés locales, etc.) sensibilisent davantage aux impacts potentiels du changement climatique et procèdent à l'intégration selon les activités normales. Le cadre d'intégration se compose de trois composantes dans lesquelles les parties prenantes sont importantes tout au long du processus (encadré 3.4).

Encadré 3.4 Cadre d'intégration de l'adaptation au changement climatique

- Préparer le terrain pour l'intégration en comprenant les liens entre le changement climatique et les priorités nationales de développement et en comprenant les contextes gouvernementaux, institutionnels et politiques qui informent les efforts visant à définir les résultats d'adaptation en faveur des pauvres. Trouver des points d'entrée dans la planification du développement et plaider en faveur de l'intégration de l'adaptation ;
- Intégrer l'ACC dans les processus politiques grâce à sa prise en compte dans les processus politiques en cours tels que la planification du développement national ou les stratégies sectorielles basées sur des preuves 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) ; et
- Relever le défi de la mise en œuvre en veillant à ce que l'ACC soit intégrée dans la budgétisation et le financement et la mise en œuvre. Le suivi et l'intégration devrait être une pratique courante (PNUD-PNUE, 2011).

Les politiques nationales visant à promouvoir l'adaptation des forêts au changement climatique devraient être fondées sur divers objectifs, notamment les suivants :

réduction des 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.

élimination des politiques de mauvaise adaptation en identifiant d'autres instruments politiques qui augmentent la vulnérabilité des forêts ; par exemple, des incitations aux biocarburants ou à d'autres cultures en concurrence avec les terres forestières ;

conception 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 paysagères lors de la conception et de la mise en œuvre de mesures d'adaptation des forêts (Hansen et al., 2003). Le changement climatique doit être explicitement considéré comme un moteur susceptible de modifier les politiques de conservation (Killeen et Solórzano, 2008). Par exemple, concevoir des systèmes nationaux pour les aires protégées et les corridors biologiques en tenant compte de la vulnérabilité de l'écosystème protégé et du rôle des corridors pour faciliter la migration des espèces selon différents scénarios de changement climatique (Hilty et al., 2019). Par ailleurs, les politiques devraient promouvoir le partage d'informations sur l'adaptation des forêts et créer des systèmes de surveillance pour évaluer l'impact du changement climatique sur les forêts. Les communautés devraient être les principaux acteurs ciblés pour les campagnes de sensibilisation et la diffusion de l'information. Les politiques forestières devraient stimuler les partenariats du secteur forestier (locaux, secteur privé, agences gouvernementales, scientifiques des sciences naturelles et sociales, ONG de conservation et de développement, agences forestières internationales) ; et

- inclusion du renforcement des institutions locales, par le financement et le renforcement des capacités par les politiques car les capacités financières et institutionnelles limitent les options d'adaptation à l'échelle locale (Agrawal et al., 2008)..

L'encadré 3.5 présente des études de cas sur l'adaptation au changement climatique.

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

Projet de la Zambie sur le renforcement de la résilience climatique des moyens de subsistance agricoles dans les régions agro-écologiques I et II

La Zambie a reçu un soutien de 137 millions de dollars USD (2018-2025) du FVC, dans le cadre du PNUD et de ses partenaires (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et PAM) pour répondre à l'un des principaux résultats du Septième plan national de développement du gouvernement zambien., lequel plan est axé sur la réduction de la pauvreté et de la vulnérabilité tout en contribuant à la diversification économique et à la création d'emplois afin de renforcer la sécurité alimentaire résiliente au changement climatique pour 3 millions de petits exploitants agricoles, principalement des femmes, des jeunes et des groupes marginalisés. Le projet aborde l'ensemble de la chaîne de valeur et fournit le déclencheur initial pour que les agriculteurs pauvres et vulnérables adoptent une trajectoire résiliente pour les moyens de subsistance agricoles. Le projet répond également aux stratégies de lutte contre le changement climatique de la Zambie et aux engagements de la CDN visant à réduire les GES et à renforcer la résilience au changement climatique (www.adaptation-undp.org).

Changement climatique et développement - S'adapter en réduisant la vulnérabilité

Il s'agit d'une initiative financée par le gouvernement du Danemark et réalisée en partenariat avec le PNUE. Le programme fournit 9 millions de dollars pour soutenir les initiatives de gestion des risques climatiques en Afrique subsaharienne. L'initiative fournit un soutien technique aux pays pour créer des opportunités d'intégration de l'ACC dans les cadres nationaux de planification du développement et de prise de décision.

Utilisation d'un cadre ouvert basé sur des normes pour la planification et la mise en œuvre de projets d'adaptation basés sur les écosystèmes (Schumacher et al., 2018)

Un consortium financé par le Ministère Fédéral Allemand de l'Environnement, de la Conservation de la nature, de la Construction et de la Sécurité nucléaire et de l'Initiative internationale sur le climat et dirigé par la GIZ explore l'utilisation d'un cadre basé sur des normes ouvertes pour la planification et la mise en œuvre de projets EbA afin d'aider les gens à s'adapter aux effets néfastes du changement climatique. Il vise à renforcer la fourniture de services écosystémiques et ainsi à améliorer les moyens de subsistance de la population qui en dépend. Bien que l'application de mesures potentielles basées sur les écosystèmes en Asie centrale ne soit pas nouvelle, les informations généralement pertinentes sur les risques climatiques concernant les personnes et les écosystèmes ne sont pas prises en compte et présentent donc un risque plus élevé d'introduire des interventions inadaptées. Ce projet a utilisé une forme modifiée des normes ouvertes pour la pratique de la conservation pour développer et tester systématiquement un cadre de planification intégré qui utilise les informations sur les risques climatiques pour identifier les principales vulnérabilités des personnes et des services écosystémiques dans plusieurs scénarios plausibles de changement climatique et a développé des options d'adaptation potentielles.

Le PNUD a soutenu des projets d'agroforesterie incluant 210 femmes au Bénin à travers le LDCF visant à améliorer la fertilité des sols. Environ 108 380 plants ont été plantés sur 160 ha de parcelles agroforestières. Au Mali, le LDCF a également soutenu l'agroforesterie avec des objectifs d'amélioration de la fertilité des sols et des pratiques de gestion de l'érosion des sols en utilisant la méthode Zai et des cordons de pierre (PNUD, 2018).



Activité 3.8 Question dans le texte (5 minutes)

Comment l'ACC est-elle intégrée dans les politiques nationales, sectorielles ou infranationales de votre pays ?



Résumé

Au cours de cette session, nous avons appris que les politiques ou stratégies d'adaptation doivent être intégrées dans des politiques de développement plus larges, car le changement climatique est une question transversale. L'intégration de l'ACC est un processus qui tient compte des 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. L'intégration peut également être nécessaire au niveau régional (par exemple, les bassins fluviaux) ou au niveau mondial (par exemple, atteindre les ODD et les objectifs de la CCNUCC). Les politiques internationales facilitent la conformité des parties à intégrer les protocoles et traités convenus dans les politiques régionales et nationales appropriées. Plusieurs approches peuvent être utilisées pour formuler des politiques nationales d'adaptation ou des stratégies climatiques. L'utilisation d'approches politiques transversales et intégrées donne cependant des résultats à long terme. Les approches incluent la méthode des voies d'adaptation, l'EbA, le CoBA, les moyens de subsistance et la diversification économique ainsi que les approches basées sur les risques. Ceux-ci doivent être conformes aux caractéristiques souhaitées et doivent être adaptatifs. Pour la planification et la mise en œuvre de l'adaptation dans les pays en développement, il existe des cadres qui peuvent être utilisés, notamment le PANA, le CoBA, l'APF et l'EbA. L'intégration de l'ACC suit un processus en trois étapes. La session s'est conclue en donnant des exemples d'objectifs d'adaptation basés sur les forêts et quelques études de cas.

3.6 Développement de projets d'adaptation

Dans l'élaboration de projets d'adaptation, plusieurs approches peuvent être utilisées selon qu'il s'agisse de projets à court ou à long terme et selon le niveau de détails requis. Une ACC efficace nécessitera cependant des approches de planification à long terme aux niveaux régional, national et local. Réagir aux changements à court ou à moyen terme, sans tenir compte des changements qui se produiront et persisteront à long terme, entraînera de mauvaises décisions d'investissement, dont les coûts pourraient dépasser les coûts locaux directs de l'impact du changement climatique. Généralement, le cycle du projet d'adaptation suit les processus suivants : évaluation de l'impact, des risques et de la vulnérabilité, planification, mise en œuvre et suivi et évaluation (encadré 3.6).

Les cadres traditionnels basés sur l'évaluation d'impact ne répondent pas aux besoins des décideurs en matière de mise en œuvre pratique de l'adaptation. Des cadres basés sur des politiques et des communautés peuvent être utilisés pour concevoir des projets d'ACC. Schumacher et al. (2018) ont signalé l'utilisation d'un cadre ouvert basé sur des normes pour la planification et la mise en œuvre de projets EbA.

Encadré 3.6 Composantes du cycle d'adaptation dans le cadre du régime des Nations Unies sur les Changements Climatiques

Évaluer les impacts, la vulnérabilité et les risques

Une évaluation initiale est nécessaire pour déterminer dans quelle mesure le changement climatique affecte ou affectera les systèmes naturels (par exemple en modifiant la disponibilité de l'eau, affectant ainsi négativement l'agriculture et la sécurité alimentaire) et les sociétés humaines (par exemple en augmentant la température, encourageant ainsi la propagation des maladies sensibles).

Planifier l'adaptation

L'identification des activités d'adaptation et leur évaluation, y compris par l'évaluation des coûts et des avantages, sont entreprises afin de choisir de manière appropriée entre les options disponibles. Une planification globale devrait veiller à éviter la duplication des activités, à prévenir les mauvaises adaptations et à favoriser le développement durable.

Mettre en place des mesures d'adaptation

La mise en œuvre a lieu à différents niveaux, y compris national, régional et local et par différents moyens, notamment des projets, des programmes, des politiques ou des stratégies. Il peut s'agir d'un processus autonome ou être entièrement intégré ou intégré aux politiques sectorielles et aux plans de développement durable.

Suivre et évaluer l'adaptation

Ces étapes peuvent être entreprises tout au long du processus d'adaptation, et les connaissances et informations acquises peuvent être réinjectées dans le processus pour garantir l'apprentissage et le succès des futurs efforts d'adaptation. Tandis que le suivi cherche à garder une trace des progrès réalisés dans la mise en œuvre, l'évaluation cherche à déterminer l'efficacité de l'effort d'adaptation (unfccc.int).



Activité 3.9. Remue-méninges (10 minutes)

De quelles manières l'ACC a-t-elle été gérée aux niveaux local et national dans votre pays ?

3.6.1 Cadre de projet piloté par des politiques

L'Union Européenne a financé des recherches pour développer un cadre politique (ECONADAPT) visant à remédier aux limites des évaluations d'impact en fournissant un ensemble d'étapes et de règles de prise de décision axées sur les décisions d'adaptation, y compris la gestion de l'incertitude (Tröltzsch et al., 2016). Le cadre fournit des lignes directrices pour aider à la détermination précoce de la portée, de l'échelonnement et de la hiérarchisation de l'adaptation, ainsi qu'à une évaluation économique ultérieure plus détaillée. Ce cadre axé sur les politiques s'efforce de réajuster les analyses en fonction des décisions d'adaptation en accordant une plus grande attention aux premières étapes de l'identification du contexte et des objectifs politiques existants. L'objectif principal de l'analyse s'articule autour de l'adaptation, associée à un accent plus marqué sur l'intégration (l'intégration) de l'adaptation dans les politiques et le développement actuels. Il y a aussi une analyse du phasage et du calendrier de l'adaptation, avec une reconnaissance croissante de l'incertitude et l'utilisation d'approches itératives de gestion des risques, à court, moyen et long terme. Cela comprend trois phases de :

- la prise des mesures rapides pour atténuer les risques existants associés aux phénomènes météorologiques et climatiques extrêmes (le déficit d'adaptation) et renforcement de la résilience aux changements climatiques attendus. Des activités telles que le renforcement des capacités et l'introduction d'actions sans regret qui offrent des avantages économiques précoces ainsi que les avantages attendus dans un climat changeant ;
- l'intégration de l'adaptation dans les décisions immédiates ou les activités à longue durée de vie, telles que les infrastructures ou la planification (développement intelligent face au climat). Cela implique différentes options en raison de l'incertitude du changement climatique futur. Cela implique une plus grande concentration sur le diagnostic des risques climatiques et l'identification d'options flexibles ou robustes qui fonctionnent bien dans l'incertitude ; et
- la recherche, surveillance et apprentissage précoces pour faciliter la préparation aux futurs impacts climatiques. L'accent est mis sur la gestion adaptative et l'apprentissage, la génération d'informations et les valeurs d'option attendues afin que les décisions appropriées puissent être prises tôt ou tard en fonction des preuves et des connaissances émergentes.

Ces trois catégories peuvent être consolidées pour concevoir une stratégie d'adaptation intégrée, également appelée trajectoire d'adaptation ou portefeuille (Figure 9).

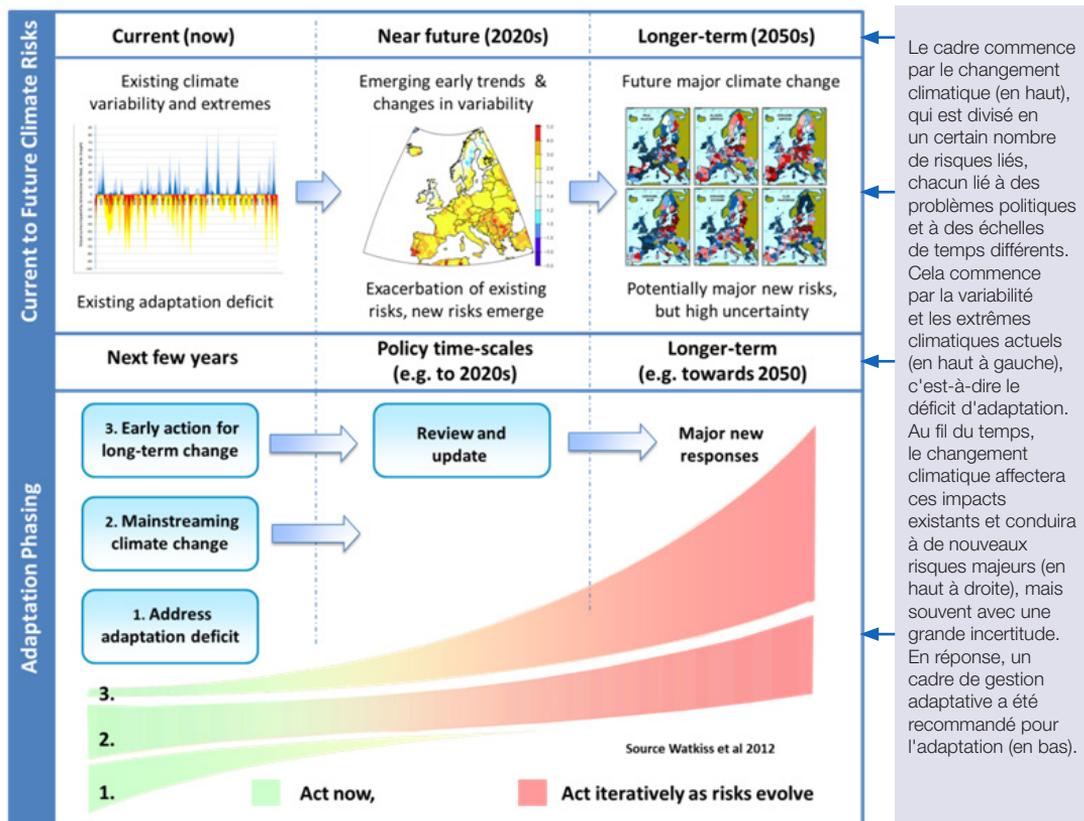


Figure 9. Le cadre politique ECONADAPT (Source : Troltzsch et al., 2016)

3.6.2 Adaptation à base communautaire (CoBA)

- L'adaptation à base communautaire (CoBA) est une approche qui intègre les connaissances traditionnelles à des stratégies novatrices pour remédier à la vulnérabilité existante tout en renforçant la capacité d'adaptation aux défis émergents et dynamiques. Il existe quatre stratégies interdépendantes intégrées dans la CoBA (Care International, 2014) à savoir :
- la promotion de stratégies de subsistance résilientes face au climat en combinaison avec la diversification des revenus et le renforcement des capacités pour la planification et l'amélioration de la gestion des risques ;
- les stratégies de RRC pour réduire les impacts des aléas climatiques, en particulier pour les individus et les ménages vulnérables ;
- le renforcement des capacités de la société civile locale et des institutions gouvernementales afin qu'elles puissent mieux accompagner les communautés, les ménages et les individus dans leurs efforts d'adaptation ; et
- le plaidoyer et la mobilisation sociale pour traiter les causes sous-jacentes de la vulnérabilité, telles que la mauvaise gouvernance, l'accès limité aux services de base ou le manque de contrôle sur les ressources. Un environnement favorable améliore l'efficacité de la CoBA dans la promotion de la transformation communautaire.

3.6.3 La boîte à outils du PNUD

La boîte à outils des initiatives d'adaptation du PNUD fournit des conseils, étape par étape, pour la conception d'initiatives d'adaptation mesurables, vérifiables et rapportables. Une adaptation réussie nécessite des approches qui intègrent à la fois les questions de politique et d'investissement dans les processus de planification et de prise de décision. La préparation d'une initiative d'adaptation peut être simplifiée grâce à l'utilisation d'étapes simples mais séquentielles avec une structure logique (Figure 10).

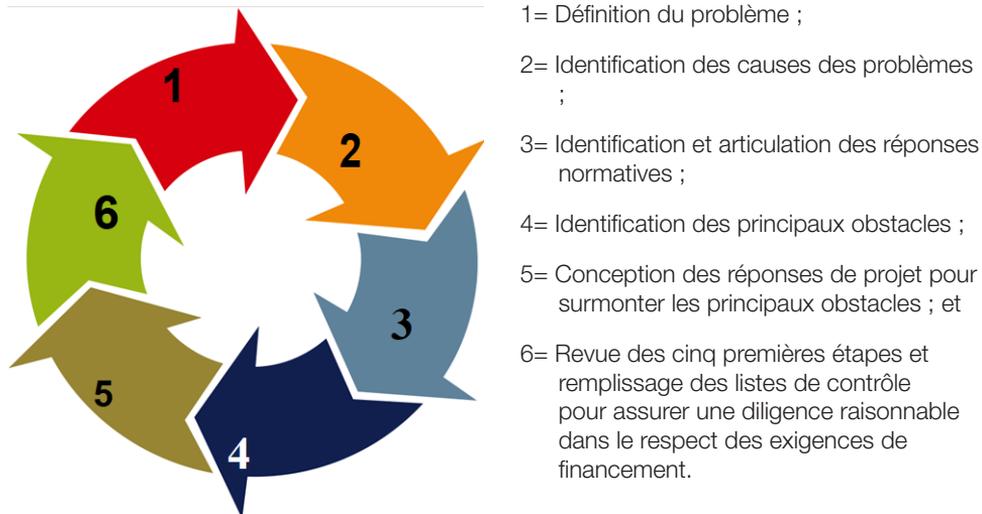


Figure 10. Étapes de l'élaboration d'une initiative d'adaptation (PNUD 2010b)

D'autres approches peuvent également être envisagées en fonction du problème d'adaptation.

3.6.4 Approches de conservation de la biodiversité

Schmitz et al. (2015) ont développé un cadre qui intègre la conservation de la biodiversité et qui favorise l'adaptation naturelle dans les plans d'utilisation des terres. Le cadre est une synthèse de six approches d'adaptation (sur un total de 42) liées à la biodiversité (tableau 4). Les six ont été sélectionnés en raison de leur concentration sur des plans de conservation adaptés au climat pour la conservation des caractéristiques biophysiques, des processus des écosystèmes, des paysages, des espèces et de leurs habitats. Elles offrent des opportunités uniques pour la persistance et la résilience des espèces. Le cadre devrait renforcer les efforts de conservation actuels et anticiper et réagir au climat futur. Toutes les approches comportent des niveaux d'incertitude découlant d'erreurs quantifiables dans les données mesurées ou modélisées, les hypothèses des modèles utilisés pour projeter les changements climatiques futurs et les effets des changements climatiques sur les espèces et les écosystèmes.

Tableau 4. Six approches clés d'adaptation au changement climatique pour la planification de la conservation à trois niveaux d'analyse écologique montrant les évaluations nécessaires pour soutenir l'action de planification de l'adaptation

Adaptation	Niveau écologique		
	Espèces et population	Écosystème	Paysage
Protéger les modèles actuels de biodiversité	<ul style="list-style-type: none"> Évaluer la taille, la viabilité, l'état de conservation et les tendances phénologiques des populations ; et Cartographier les occurrences des espèces. 	<ul style="list-style-type: none"> Cartographier les écosystèmes terrestres et aquatiques et leurs services associés. 	<ul style="list-style-type: none"> Cartographier les modèles génétiques à travers le paysage ; Cartographier la diversité bêta et gamma ; et Cartographier les points chauds de la biodiversité.
Protéger de grands paysages naturels intacts	<ul style="list-style-type: none"> Prévoir les effets du changement climatique sur la viabilité des espèces ; et Prévoir les effets du changement climatique sur les ravageurs, les maladies ou les espèces envahissantes. 	<ul style="list-style-type: none"> Cartographier le schéma potentiel d'incendie, l'hydrologie, la séquestration du carbone et l'intégrité écologique ; et Cartographier les emplacements où les services écosystémiques opèrent et fournissent une valeur humaine. 	<ul style="list-style-type: none"> Analyser les tendances projetées des variables climatiques (précipitations, température, etc.) ; et Cartographier les facteurs liés à l'intégrité écologique (p. ex. fragmentation, distance des perturbations).
Protéger le cadre géographique	<ul style="list-style-type: none"> N / A 	<ul style="list-style-type: none"> Cartographier les zones à haute intégrité écologique ; Cartographier les facettes terrestres en relation avec les modèles climatiques actuels ; et Cartographier les zones à haut complexe topographique. 	
Maintenir et restaurer la connectivité écologique	<ul style="list-style-type: none"> Identifier les zones critiques pour le déplacement des espèces dans les conditions actuelles et dans un climat changeant ; et Cartographier les corridors de déplacement pour le cycle biologique et la migration des espèces. 	<ul style="list-style-type: none"> Cartographier les connexions entre les emplacements actuels et futurs projetés ; et Anticiper les invasions d'espèces le long des corridors prévus. 	<ul style="list-style-type: none"> Cartographier les connexions entre les facettes terrestres, les unités écologiques terrestres, les refuges ou les zones de haute intégrité écologique.

Identifier et gérer de manière appropriée les zones qui fourniront un espace climatique futur pour les espèces susceptibles d'être déplacées par le changement climatique	<ul style="list-style-type: none"> • Prévoir la vulnérabilité des espèces et des communautés rares au changement climatique en fonction de leur capacité à s'adapter biologiquement ; et • Cartographier l'aire de répartition future des espèces. 	<ul style="list-style-type: none"> • Prévoir la vulnérabilité des écosystèmes au changement climatique ; et • Cartographier les emplacements qui soutiendraient les changements dans les types de végétation et les biomes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Prévoir le changement d'utilisation des terres ; • Projet d'élévation du niveau de la mer ; • Projet changement climatique ; et • Cartographier les futurs points chauds de la biodiversité.
Identifier et protéger les refuges climatiques	<ul style="list-style-type: none"> • Identifier les zones qui abriteraient les espèces actuelles dans le futur ; et • Identifier là où les populations d'espèces resteront stables ou augmenteront avec le changement climatique. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cartographier les habitats à forte résilience naturelle au changement climatique (par exemple, les cours d'eau alimentés par des sources) ; et • Cartographier les zones qui devraient connaître peu de changements dans la végétation. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cartographier les refuges de sécheresse ; et • Cartographier les zones projetées pour maintenir un climat stable.

Source : Schmitz et al. (2015)

3.6.5 Développement compatible avec le climat

Le développement compatible avec le climat (CCD) est défini comme « un développement qui minimise les dommages causés par les impacts climatiques, tout en maximisant les nombreuses opportunités de développement humain présentées par un avenir à faibles émissions et plus résilient. Il s'agit d'un cadre pour guider les politiques, programmes, projets ou stratégies vers des « triples gains » en matière de développement, d'atténuation et d'adaptation. Le CCD cherche à développer les synergies et les chevauchements entre les composants en plus de réduire les conflits entre eux (Mitchell et Maxwell, 2010). Les gouvernements et les donateurs choisissent désormais d'investir dans le DCC afin de minimiser les vulnérabilités (Stringer et al., 2014), qui sont déterminées par l'exposition aux chocs politiques, socio-économiques et environnementaux y compris climatiques), la sensibilité aux chocs et facteurs de stress et les capacités d'adaptation (Gaillard, 2010).



Activité 3.10 Révision (10 minutes)

1. Expliquer les étapes du cycle de projet d'adaptation ;
2. Faire la distinction entre les cadres de conception de projets basés sur les politiques et ceux basés sur la communauté ; et
3. Expliquer quelques-unes des boîtes à outils disponibles pour concevoir les projets d'adaptation.



Résumé

Au cours de cette session, nous avons appris que le développement de programmes ou de projets d'adaptation efficaces nécessite une planification à long terme à toutes les échelles. Plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour développer des projets d'adaptation et celles-ci suivent généralement le cycle de projet consistant à : évaluer les impacts, les vulnérabilités et les risques ; planifier l'adaptation ; mettre en œuvre des mesures d'adaptation ; et S&E de l'adaptation. Le cycle peut être suivi en utilisant l'un des cadres tels que le cadre politique, la boîte à outils du PNUD, la capacité d'adaptation, les approches communautaires, l'approche de conservation de la biodiversité ou le CCD.

**PARTIE II:
ADAPTATION AU CHANGEMENT
CLIMATIQUE BASÉE SUR LA FORÊT**

Chapitre 4 : Forêts Et Changement Climatique

4.1 Aperçu du chapitre

Alors que les forêts sont affectées par le changement climatique, elles jouent également un rôle fondamental dans l'adaptation au changement climatique. Les forêts aident les espèces à s'adapter aux changements climatiques et aux événements climatiques soudains, par exemple en fournissant des refuges 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 des biens et des services lors des événements extrêmes (sécheresses et inondations) et constituent des atouts essentiels de réduction de la vulnérabilité aux effets du changement climatique. Par exemple, la plantation de forêts en plus de leur gestion durable (GDF) peuvent contribuer à la protection des sols et des terres contre les effets néfastes des inondations. Par suite, les forêts peuvent donc être utilisées pour réhabiliter les terres dégradées et maintenir la qualité de l'eau en piégeant les sédiments, en absorbant les nutriments et en immobilisant les substances toxiques. Les stratégies d'adaptation qui promeuvent la GDF et une meilleure gestion communautaire des forêts revêtent non seulement le potentiel de protéger les terres en plus les personnes contre certains des effets nocifs de la hausse des températures mondiales, mais aussi d'offrir des opportunités pour un développement rural plus important et plus durable pour une réduction de la pauvreté grâce à la génération de revenus et à des opportunités d'emploi. Ce chapitre présentera aux apprenants la réponse des forêts au changement climatique, le rôle des forêts dans l'adaptation au changement climatique (ACC), la résilience des forêts et des populations au changement climatique, les mécanismes/stratégies d'adaptation basés sur les forêts, l'EbA, les forêts et les moyens de subsistance, les mécanismes/stratégies propres de survie et d'adaptation voire les défis associés à l'ACC. Le chapitre conclut en examinant les contributions prévues et déterminées au niveau national (CPDN) et l'adaptation en Afrique, y compris le mécanisme des avantages de l'adaptation.



Résultats d'apprentissage

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

- i) Expliquer comment les forêts sont affectées par le changement climatique ;
- ii) Décrire le rôle des forêts dans l'ACC ;
- iii) Expliquer comment les forêts et ressources en arbres réagissent au changement climatique et à la variabilité climatique ;
- iv) Discuter des interventions visant à renforcer la résilience des écosystèmes forestiers pour faire face aux impacts du changement et de la variabilité climatiques ;
- v) Expliquer les principes directeurs de la restauration du paysage ;
- vi) Expliquer l'applicabilité des éléments thématiques de la GDF ;
- vii) Déterminer les initiatives forestières appropriées qui pourraient aider les forêts et les populations à s'adapter au changement climatique ;
- viii) Concevoir des interventions appropriées d'ACC basées sur les forêts ;
- ix) Analyser les enjeux de l'ACC ; et
- x) Evaluer le rôle des services écosystémiques forestiers dans l'adaptation des systèmes sociaux vulnérables.

4.2 Réponse et résilience des forêts au changement climatique

Le renforcement de la résilience des forêts peut être interne ou externe. La capacité interne implique les réponses physiologiques et autres apportées par la plante aux conditions climatiques changeantes. La capacité externe comprend les activités de gestion qui conservent et maintiennent les services écosystémiques forestiers. Les approches de gestion pour renforcer la résilience des écosystèmes forestiers comprennent la réhabilitation des terres dégradées, la restauration du paysage guidée par six (06) principes et les actions de GDF pour prévenir la dégradation et la disparition des forêts guidées par sept (07) éléments thématiques de la GDF. Dans cette session, nous apprenons comment les forêts et les arbres réagissent aux différents facteurs climatiques.



Résultats d'apprentissage

À la fin de cette session, l'apprenant devrait être en mesure de :

- i. Expliquer comment les forêts sont affectées par le changement climatique ;
- ii. Décrire le rôle des forêts dans l'ACC ; et
- iii. Expliquer comment les ressources forestières et en arbres réagissent au changement climatique et à la variabilité climatique.



Activité 4.1 (Remue-méninges) (5 minutes)

Les forêts et les arbres sont-ils vraiment importants dans l'ACC ? Argumentez votre réponse.

4.2.1 Réponses des forêts et arbres au changement climatique

Les forêts et autres écosystèmes, y compris les formations boisées, devraient être perturbés par des combinaisons imprévues de perturbations liées au changement climatique telles que les sécheresses, les inondations, les insectes ravageurs et agents pathogènes, et les incendies de forêt. Ceux-ci seront exacerbés par d'autres facteurs non climatiques du changement global tels que l'utilisation des terres et le changement de la couverture terrestre, la pollution, la surexploitation des ressources naturelles et la fragmentation de l'habitat. La biodiversité permet aux écosystèmes forestiers d'avoir la capacité naturelle de s'adapter au changement climatique parce que certains des composants de l'écosystème ont des rôles critiques dans les processus écosystémiques tels que la dispersion des graines, la pollinisation et l'herbivorie. Lorsque ces espèces disparaissent, la résilience de l'écosystème est négativement affectée. La concentration accrue de CO₂ atmosphérique et les effets climatiques associés affectent la fonction et la structure des écosystèmes, les interactions écologiques des espèces et leurs aires de répartition géographiques, entraînant de graves conséquences sur les services écosystémiques et la biodiversité (Malcolm et al., 2006). À cet égard, la capacité d'adaptation de la forêt est liée à la diversité génétique qui dépend largement de la variation génétique *in situ* au sein de chaque population d'une espèce.

Il existe plusieurs manières dont les forêts et les arbres peuvent réagir au changement et à la variabilité climatiques et celles-ci peuvent être différentes selon le type de forêt et l'emplacement géographique. La diversité biologique dans les écosystèmes forestiers stabilise le fonctionnement de l'écosystème face aux fluctuations environnementales et il existe une variation entre les réponses des espèces à ces fluctuations, ce qui est une condition essentielle pour la stabilité de l'écosystème, en raison de la présence d'espèces qui peuvent compenser la fonction des espèces qui disparaissent (Cleland, 2011). En réponse au changement climatique, les forêts et les arbres ajustent leurs taux de photosynthèse et de respiration, la phénologie, la tolérance au gel et à la sécheresse, la matière organique du sol et les taux de minéralisation et certaines espèces migrent ou disparaissent (Saxe et al., 2001). Des températures plus

chaudes augmentent les taux de presque tous les processus chimiques et biochimiques dans les plantes et les sols de la même manière si des 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 pigment, le rendement quantique apparent ou l'efficacité photochimique de l'implantation ionique de la source plasma et de la photoinhibition (Saxe et al., 2001). Korner et Basler (2010) ont montré la phénologie de la végétation comme un indicateur sensible des réponses des écosystèmes au changement climatique. La phénologie de la végétation est considérée comme plus affectée par les régimes de température minimale que maximale dans différents écosystèmes (ex : Jolly et al., 2005), car les températures minimales au printemps et en automne sont des facteurs particulièrement importants pour l'augmentation de la saison de croissance et la croissance subséquente de la végétation (Hwang et al., 2018). De plus, l'augmentation prévue des températures peut avoir des impacts significatifs sur les taux de décomposition du C organique du sol et améliorera la minéralisation et la disponibilité des nutriments (Saxe et al., 2001).

Dans un climat changeant, les espèces forestières peuvent s'adapter au changement climatique, migrer vers des habitats appropriés ou disparaître. La résilience dans les écosystèmes est la capacité d'un système et de ses composants à absorber, anticiper, s'adapter ou se remettre des effets d'un événement dangereux de manière rapide et efficace, y compris la restauration, la préservation ou l'amélioration des fonctions et de la structure de base essentielles (IPCC, 2012). Cela montre la capacité de la diversité biologique dans un système à maintenir les processus écosystémiques.



Activité 4.2. Remue-méninges (15 minutes)

Clarifier comment les forêts et ressources en arbres réagissent aux impacts du changement et de la variabilité climatiques.

4.2.2 Réponse de la végétation au changement climatique

Les impacts du changement climatique sur les écosystèmes forestiers dépendent des influences particulières, notamment celles des processus naturels, des activités humaines et de certaines composantes du climat (sécheresse, température, vent, etc.) (Kirschbaum et Fischlin, 1996). La végétation est une composante importante de la rétroaction climatique qui régule les échanges d'eau et de chaleur et relie la surface terrestre à l'atmosphère (Lemordant et Gentine, 2019). Les réponses de la végétation au changement climatique différeront selon le type de forêt avec les forêts primaires normalement plus résilientes (plus adaptatives, stables et résistantes) que les forêts normales altérées ou les plantations (Thompson et al., 2009). Cependant, la capacité d'adaptation peut être réduite par des stress extérieurs à la forêt.

Certains écosystèmes forestiers tels que les forêts de pins boréales, bien qu'ils aient naturellement une faible diversité d'espèces, ont un niveau de résilience plus élevé (Thompson et al., 2009). Les espèces d'arbres dominantes ont une large variabilité génétique qui leur confère une plus grande tolérance à un large éventail de conditions environnementales, les rendant très adaptées aux perturbations sévères. Les tropiques humides sont également des écosystèmes stables, auto-organisés et plus complexes qui peuvent résister à de petits changements environnementaux tant qu'ils restent intacts (Malhi et al., 2008).

Lorsque les écosystèmes forestiers sont poussés au-delà de leur « point de basculement » écologique, ils sont susceptibles d'être transformés en un autre type de forêt et, dans des conditions extrêmes, un nouvel état d'écosystème non forestier peut émerger (par exemple, de la forêt à la savane). Normalement, le nouvel état de l'écosystème aurait une diversité biologique plus pauvre et moins de biens et services écosystémiques. Dans de telles circonstances, les plantations et autres forêts modifiées seront plus affectées par les perturbations et les risques liés au climat que les forêts primaires, en raison de leur biodiversité généralement faible (Kirilenko et Sedjo, 2007).

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 de l'écosystème forestier. L'augmentation de la température entraîne des taux de photosynthèse plus rapides, mais seulement jusqu'à la limite de tolérance. Les variations des précipitations peuvent affecter la croissance et la survie des espèces, voire leur extinction. L'adaptation des espèces aux effets du changement climatique peut se faire par la plasticité phénotypique (acclimatation), l'évolution adaptative ou la migration vers des sites appropriés. Sans eux, le nombre d'espèces sera réduit et elles finiront par disparaître (Noss, 2001).

Plasticité phénotypique : il s'agit de la capacité d'un organisme à changer en réponse à des stimuli ou à des apports de l'environnement et implique un changement dans l'expression des gènes ou l'utilisation des produits des gènes (les traits morphologiques, physiologiques et comportementaux étant toujours des produits, en partie, de l'expression des gènes) (West-Eberhard, 2008). Par exemple, il peut y avoir des changements de physiologie dus à des ajustements de la température optimale pour la photosynthèse. Il y a cependant une limite à la plasticité en fonction des amplitudes de mouvement. Les changements d'amplitude peuvent être en altitude ou en élévation. La divergence de plasticité joue un rôle majeur dans l'adaptation aux gradients climatiques spatiaux, ce qui signifie que l'évolution de la plasticité peut également être importante dans les réponses adaptatives au changement climatique au fil du temps. Par ailleurs, les réponses plastiques génétiques à l'environnement peuvent être un prédateur clé de la vulnérabilité des espèces à la détérioration ou à l'extinction causée par le climat. (Kelly, 2020). Les changements dans la physiologie tels que le moment des événements du cycle de vie, la floraison ou le bourgeonnement peuvent changer avec les variations saisonnières saison et celles des conditions environnementales. Cela affecte la synchronisation avec d'autres organismes, à l'exemple des pollinisateurs.

Changements dans la composition des espèces : sous un climat changeant, certaines plantes peuvent devenir rares ou disparaître tandis que d'autres deviennent abondantes. Il peut également y avoir un changement dans l'espèce dominante. Ceci est facilité par la capacité de l'espèce à germer, à survivre et à se reproduire dans les conditions. À cet égard, les traits fonctionnels de germination, le taux de croissance et l'efficacité d'utilisation de l'eau (EUE) et la façon dont ils interagissent avec l'environnement déterminent la capacité de prospérer. Dans certains cas, la survie dépendra de la capacité à tolérer le stress. La résilience des écosystèmes est directement liée à la redondance des espèces fonctionnelles qui est courante dans les écosystèmes forestiers complexes. La redondance offre une protection pour contrer les conditions climatiques changeantes et les espèces qui ont des fonctions limitées dans un ensemble de conditions peuvent devenir des espèces conductrices dans des circonstances changeantes (Thompson et al., 2009).

4.2.3 Résistance des espèces au changement climatique

La résistance et la résilience des espèces dans un écosystème sont fonction de la richesse et de la diversité des espèces, en raison de la redondance donnée par l'appartenance à plusieurs espèces dans des groupes fonctionnels cruciaux (Walker, 1995). La résistance écologique est également favorisée par la diversité des espèces au sein des groupes ainsi que la diversité des groupes fonctionnels (Noss, 2001). À cet égard, la résistance devient liée au concept de stabilité car un écosystème forestier peut rester dans un intervalle de variation autour d'un état d'écosystème spécifié en réponse à des perturbations mineures. La stabilité reflète la capacité d'un écosystème à maintenir un équilibre dynamique dans le temps tout en résistant à la modification vers un état différent. Un écosystème stable peut persister si sa capacité à absorber les perturbations reste inchangée sur de longues périodes (Thompson et al., 2009).

4.2.4 Éco-physiologie de la croissance des arbres

Les conditions atmosphériques telles que la température, le rayonnement solaire, l'air, la lumière, les précipitations, le vent, l'humidité atmosphérique et l'éclairage affectent la distribution de la végétation

et sa croissance. Le rayonnement solaire est important pour la croissance des arbres par l'éclairage, le chauffage, les effets chimiques et électriques à la surface de la terre. Les effets les plus importants du rayonnement solaire sur la croissance des arbres sont la lumière et la température. La lumière est l'une des exigences les plus importantes pour la croissance des plantes et les changements d'intensité lumineuse affectent la croissance des plantes, la morphologie, la capacité photosynthétique, puis divers aspects de la physiologie et de la biochimie voire finalement la productivité (Dai et al., 2009). L'intensité lumineuse affecte directement la croissance des arbres en combinaison avec la durée de la lumière et sa qualité. La qualité de la lumière ne peut être manipulée, mais l'intensité de la lumière peut être manipulée par l'éclaircissage et la récolte sélective pour contrôler la dominance des espèces et la différenciation en classes de cime. La photosynthèse est un processus important dans la production de biomasse végétale et son activité varie avec les longueurs d'onde du spectre lumineux absorbé (Pan et Guo, 2016).

Une température appropriée est nécessaire pour de nombreuses activités physiologiques des plantes, notamment la respiration, la transpiration et la photosynthèse. Les températures optimales de l'air facilitent la germination des graines. Des températures de l'air plus élevées augmentent les activités microbiennes du sol, entraînant une décomposition accrue de la matière organique, la libération de nutriments et la formation d'humus. La température affecte également les activités enzymatiques ainsi que la division et l'expansion cellulaires, qui sont généralement plus sensibles à la variabilité environnementale que la respiration et la photosynthèse (Körner, 2003). À cet égard, le changement climatique prévu par la hausse des températures est susceptible d'affecter tous les processus physiologiques des plantes.

L'eau détermine la distribution globale, la germination des graines, la croissance et le développement de la végétation et peut être trop peu, trop ou assez juste. Chez les plantes, l'eau constitue environ 90% de la paroi cellulaire et 80% du protoplasme et est un constituant important de la sève cellulaire et des vacuoles cellulaires. L'eau est également essentielle pour tous les processus critiques de la plante, y compris l'absorption des nutriments et la translocation du sucrose vers différentes parties de la plante. Sous un climat changeant, certaines plantes peuvent ne pas bien pousser sous les nouveaux régimes de précipitations, tandis que d'autres prospèrent. De plus, les espèces plus sensibles sont plus affectées par les perturbations liées au climat telles que les cyclones, les incendies et les tempêtes.

4.2.5 Variation génétique intra- et inter-spécifique

La diversité génétique définit la variation des tolérances écophysologiques essentielles des espèces en régissant les interactions compétitives interspécifiques, qui constituent les déterminants fondamentaux des réponses potentielles des espèces au changement climatique en même temps que les mécanismes de dispersion (Halpin, 1997). Dans un climat changeant, la diversité génétique des écosystèmes forestiers détermine leur capacité d'adaptation en fonction de la variation génétique *in situ* existante dans la population de chaque espèce (Bradshaw, 1991).

De plus, la diversité génétique contrôle les relations compétitives interspécifiques qui constituent des déterminants fondamentaux des réponses potentielles des espèces au changement, en conjonction avec les mécanismes de dispersion (Halpin, 1997). Après une perturbation, les différences de survie dues aux pressions de la sélection naturelle peuvent réduire le pool génétique pour favoriser les génotypes qui survivent le mieux après cette perturbation, (par exemple, les événements climatiques, les produits chimiques toxiques, les infestations de ravageurs ou autres types de compétition interspécifique ou les déficits en éléments nutritifs et en eau du sol).

Les effets de la diversité fonctionnelle sur la productivité d'un écosystème peuvent être expliqués quantitativement par le modèle d'effet d'échantillonnage et le modèle de différenciation de niche. Le modèle d'effet d'échantillonnage prédit que l'augmentation de la diversité dans un écosystème augmente le taux de productivité tandis que la diminution de la diversité entraîne une diminution du taux de productivité (Goswami et al., 2017). Cela montre que les concurrents dominants dans un écosystème

forestier (pool d'espèces régionales) jouent un rôle essentiel dans le fonctionnement de l'écosystème où l'augmentation de la diversité entraîne le contrôle de la fonction de l'écosystème par les espèces dominantes en raison de leur probabilité accrue d'exister dans un système diversifié parce qu'elles sont les meilleures concurrentes au sein du système (Huston, 1997 ; Thompson et al., 2009). D'autre part, le modèle de différenciation de niche suppose qu'un habitat est spatialement ou temporellement hétérogène ou diversifié et que les espèces résidant dans un habitat particulier présentent divers traits qui déterminent finalement leur réponse à cette hétérogénéité (Goswami et al., 2017). Le modèle prédit les interactions entre les espèces par le biais de la variation interspécifique en tant que réponses directes à la compétition pour les ressources. Cela inclut le concept de facilitation, où la capacité d'une autre espèce à se reproduire et à survivre est renforcée par une ou plusieurs espèces (par exemple, les relations mutuelles entre les champignons ectomycorhiziens sur les racines des arbres ou des légumineuses) (Thompson et al., 2009).

4.3 Physiologie du stress

Le stress des plantes est une condition dans laquelle certains facteurs biotiques et abiotiques induisent des effets néfastes sur la physiologie d'une plante. Il s'agit d'une altération brutale d'une condition environnementale optimale où l'homéostasie est maintenue à une condition sous-optimale qui perturbe cet état homéostatique initial. Le stress des plantes peut être divisé en deux catégories principales :

L'homéostasie est la capacité des plantes à maintenir un environnement interne constant en réponse aux changements environnementaux.

Le stress abiotique représente une infraction physique (par exemple la lumière, la température) ou chimique imposée par l'environnement à une plante. Les plantes sont continuellement affectées par plusieurs stress abiotiques qui réduisent la productivité et la croissance tels que la salinité, la sécheresse, les températures extrêmes, la toxicité des métaux lourds, la carence en nutriments, le rayonnement ultraviolet B et l'intensité lumineuse élevée ; et

Le stress biotique représente les atteintes biologiques (ex. insectes ravageurs, agents pathogènes) auxquelles une plante peut être soumise tout au long de sa vie (Figure 11).

Certaines plantes peuvent présenter un ou plusieurs dysfonctionnements métaboliques après avoir été lésées par un facteur de stress. L'effet peut être temporaire si le stress est modéré et de courte durée et si la plante est capable de récupérer après l'élimination du stress. Cependant, un stress sévère peut entraver des processus de croissance importants tels que la floraison, la formation et la germination des graines et peut induire la sénescence voire éventuellement la mort de la plante. Ces plantes sont considérées comme **sensibles**. Certaines espèces végétales ont des mécanismes pour échapper au stress, par exemple les espèces éphémères, les espèces à cycle court et certaines plantes du désert.

Les plantes éphémères complètent leur cycle de vie avant le début de la saison sèche en germant, en poussant et en fleurissant/reproduisant immédiatement après les pluies saisonnières. Elles ne subissent donc pas de stress hydrique ni de basses températures. Les plantes supportent le stress environnemental en évitant le stress. Bien que le stress soit présent dans l'environnement, les mécanismes d'évitement diminuent l'impact du stress. D'autres plantes peuvent tolérer certains facteurs de stress et sont considérées comme **résistantes** au stress. La résistance demande à l'organisme de montrer la capacité de s'adapter ou de s'ajuster au stress.

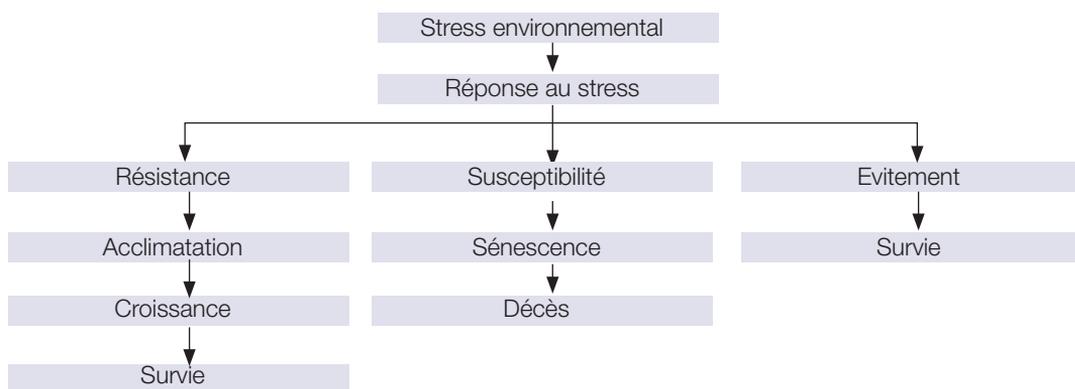


Figure 11. Les effets du stress environnemental sur la survie des plantes (Source : Hopkins et Huner, 2009)

L'effet indésirable de certains facteurs de stress biotiques et abiotiques est le résultat de leur taux accru prévu ou probable de facteurs de récurrence tels que la chaleur et la sécheresse, ou les insectes nuisibles et les pathogènes. Le changement climatique devrait également entraîner des pertes de biodiversité, principalement dans des environnements plus marginaux.

Des intensités lumineuses excessives influencent la génération et l'accumulation d'espèces réactives de l'oxygène (ROS) en raison d'un système antioxydant altéré qui peut se transformer en stress oxydatif (Tiwari et al., 2002). Les stress des facteurs environnementaux sont révélés au niveau moléculaire, car les ROS sont de nature exceptionnellement réactive en raison de leur capacité à interagir avec certaines molécules et métabolites cellulaires, provoquant des échecs métaboliques irréversibles voire la mort. Les ROS comprennent le superoxyde ($O_2^{\cdot-}$), l'oxygène singulet (1O_2), les radicaux hydroxyle (OH^{\cdot}) et le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) (Yadav et Sharma, 2016). Les plantes possèdent des voies de piégeage enzymatiques et non enzymatiques avancées ou des systèmes de détoxification pour répondre aux impacts mortels des ERO accumulés dans des conditions de stress abiotiques (Tableau 5). À cet égard, les ROS jouent un rôle essentiel dans les réponses au stress abiotique des plantes cultivées en activant les réponses au stress et les voies de défense. La manipulation des niveaux de ROS offre une opportunité d'améliorer les tolérances au stress des plantes cultivées compte tenu d'une variété de conditions environnementales défavorables (You et Chan, 2015).

Des systèmes spécifiques de production et de piégeage des ROS dans les cellules végétales sont situés dans divers organites et les voies de piégeage des ROS des différents compartiments cellulaires sont coordonnées. De faibles niveaux de ROS fonctionnent comme des molécules de signalisation stimulant la tolérance au stress abiotique en contrôlant l'expression des gènes responsables de la défense. De plus, les plantes avec des niveaux plus élevés d'antioxydants (constitutifs ou induits) ont une plus grande résistance à divers stress environnementaux.

Tableau 5. Voies de piégeage des plantes pour répondre aux effets des espèces réactives de l'oxygène

Enzymatique (Noctor et al., 2014 ; You et Chan, 2015)	Non enzymatique (Gill et Tuteja, 2010)
Monodéhydroascorbate réductase (MDHAR)	Ascorbate (ASA)
Catalase (CAT)	Glutathione (GSH)
Ascorbate peroxidase (APX)	Caroténoïdes
Superoxide dismutase (SOD)	Tocophérols
Déhydroascorbate réductase (DHAR)	
Glutathion réductase (GR)	
Glutathion S-transférase (GST)	
Glutathione peroxidase (GPX)	
Peroxydases (POX)	

4.4 Génétique végétale appliquée et amélioration des arbres

Les gènes d'une plante déterminent le type de traits qualitatifs ou quantitatifs qu'elle aura. L'amélioration des plantes est la compétence de manipuler les caractéristiques des plantes afin d'obtenir les caractéristiques souhaitées. De nombreuses techniques peuvent être utilisées pour accomplir la sélection végétale et les techniques vont de la simple sélection de plantes avec des caractéristiques souhaitables à propager, à des méthodes qui utilisent la génétique et la connaissance des chromosomes, à des procédures moléculaires plus compliquées. Les sélectionneurs de plantes s'efforcent de créer un résultat spécifique de plantes et potentiellement de nouvelles variétés de plantes (Hartung et Schiemann, 2014). La sélection végétale peut être utilisée pour améliorer la qualité nutritionnelle de l'alimentation humaine et animale. Dans un climat en évolution, la sélection végétale devrait se concentrer sur de nouvelles variétés de cultures tolérantes à la sécheresse, à haut rendement, résistantes aux insectes nuisibles/pathogènes ou adaptées à différents environnements et conditions de croissance pour assurer la sécurité alimentaire. Lors de la sélection végétale, l'utilisation de la biotechnologie peut donner des avantages tels que :

- La protection des espèces menacées contre les maladies ou les menaces climatiques ;
- L'éradication des espèces envahissantes ;
- L'augmentation de la diversité génétique dans de petites populations d'espèces menacées ;
- La restauration de proxys d'espèces éteintes ; et
- La remédiation des écosystèmes dégradés, ou remplacement des produits.

En foresterie, la sélection des arbres s'appuie sur des critères de sélection basés sur la coexistence, la persistance (recrutement), l'herbivorie, l'évolution des niches et la réponse de la population aux espèces envahissantes puis à l'herbivorie. De même, le développement de nouvelles cultures à partir des apparentés sauvages nécessite également une appréciation de base des adaptations, de la biologie de la reproduction, des schémas de variation et de l'importance des ennemis naturels. L'assemblage des ressources génétiques et les phases préliminaires de domestication nécessitent une certaine connaissance des gènes qui contrôlent les traits nécessaires tels que la rétention des graines à maturité. L'utilisation de la génétique quantitative peut apporter des améliorations de rendement ou l'adaptation d'une culture particulière à l'espace régional et agro-écosystémique (Jain, 1992). Plusieurs méthodes de sélection végétale ont été utilisées et elles varient des méthodes sélectives traditionnelles à l'édition du génome. Certains d'entre eux sont :

Sélection de lignées (cultures autogames) : ceci est utilisé pour les variétés de plantes(ex. l'orge, le blé, l'avoine et les pois) qui se reproduisent généralement par autopollinisation. Ces plantes sont fertilisées par leur propre pollen, avant même qu'elles ne quittent la phase de floraison. L'amélioration/la sélection consiste en un croisement ciblé de deux lignées parentales, se complétant au maximum sur les propriétés recherchées. Les plantes qui présentent les caractéristiques de performance souhaitées sont sélectionnées après plusieurs cycles de sélection, pour créer une nouvelle variété à partir de la meilleure plante, par ex. en termes de santé des plantes, de rendement et de qualité (sélection). L'autofécondation est utilisée pour reproduire la plante, ce qui donne des plantes très uniformes (homogènes). Le processus peut être accéléré en utilisant la technique double haploïde, où des cultures de cellules polliniques sont créées pour la croissance des tissus qui finissent par devenir une plante. Un doublement de l'ensemble de chromosomes crée une plante haploïde doublée homozygote. Cette technique nécessite moins de temps que la sélection traditionnelle des lignées avec autofécondation répétée ;

Croisement : il s'agit d'un type original et fondamental d'amélioration des plantes où le croisement parental se fait à partir de plantes mères présentant les caractéristiques souhaitées pour créer une génération filiale. Les propriétés souhaitées peuvent inclure de meilleurs rendements, une résistance aux insectes nuisibles/pathogènes ou une résistance à la sécheresse. Certaines des nouvelles souches ou

cultivars de plantes sont propagées par voie asexuée tandis que d'autres sont propagées par graines. Les cultivars reproduits par graines nécessitent un contrôle spécifique sur la source des graines et les procédures de production pour maintenir l'intégrité des résultats de la sélection végétale. L'isolement est nécessaire pour éviter la contamination croisée avec des plantes apparentées ou le mélange de graines après la récolte. L'isolement est normalement réalisé par la distance de plantation, mais pour certaines cultures, les plantes sont enfermées dans des serres ou des cages. Le croisement des espèces d'*Eucalyptus* et de *Pinus* en Afrique australe a ciblé des traits de résistance aux maladies et aux ravageurs, de résistance à la sécheresse et au gel, et une croissance plus rapide (par exemple, van den Berg, 2017 ; Zimbabwe Forestry Commission, nd) ;

Sélection massale/criblage : cela implique une sélection délibérée de semences parmi les plantes les plus grandes et les plus productives. Ces graines sont ensuite semées à nouveau l'année suivante, tandis que toutes les autres plantes sont exclues du processus de sélection pour permettre aux propriétés végétales souhaitées de s'affirmer de plus en plus au fil du temps. Traditionnellement, les rendements des cultures étaient augmentés grâce à cette méthode. Bien que les premiers agriculteurs ne connussent pas les principes génétiques, ils ont réussi à réaliser une sélection sélective grâce à des observations précises et à leurs expériences.

Sélection d'hybrides (principalement pour les cultures allogames, certaines cultures autogames) : la sélection d'hybrides est utilisée dans le monde entier pour de nombreuses cultures. Pour produire des graines hybrides, deux lignées parentales homozygotes mais génétiquement aussi différentes que possible sont croisées. En raison de l'effet d'hétérosis, la progéniture hétérozygote résultante («hybrides») est beaucoup plus productive (rendements plus élevés) que les deux parents. La vigueur hybride rend les plantes plus grandes, plus productives et plus résistantes que leurs lignées parentales. Le principal inconvénient est qu'il n'est maintenu que pendant une génération.

Technologie de marqueurs : les caractéristiques des plantes sont analysées à l'aide de marqueurs moléculaires. Les marqueurs génétiques sont de courts segments d'acide désoxyribonucléique (ADN) avec un emplacement connu dans le génome et sont associés à un trait d'intérêt. En utilisant des marqueurs moléculaires, les traits (gènes) peuvent être rapidement et facilement identifiés au début du développement de la plante. Par exemple, la résistance fongique peut être plus facilement déterminée dans les plantules. Les marqueurs moléculaires rendent la sélection végétale beaucoup plus efficace.

Sélection génomique : il s'agit d'une avancée de la technologie traditionnelle des marqueurs, offrant une sélection meilleure et plus fiable lors de l'identification de partenaires de croisement optimaux et de futures variétés. Parce que le coût de détection des marqueurs génétiques a considérablement diminué, plusieurs marqueurs peuvent être analysés simultanément à partir d'une plante en créant un profil de marqueurs avec plusieurs milliers de marqueurs pour chaque plante individuelle. Chaque plante possède un profil marqueur spécifique, assimilable à une empreinte digitale. Des modèles statistiques et mathématiques peuvent être développés pour prédire la valeur génétique des plantes et leur aptitude au développement ultérieur de variétés, sur la base des profils de marqueurs de semences ou de jeunes plantes. Un logiciel complexe est utilisé pour déterminer les plantes les plus prometteuses pour le croisement à partir des profils marqueurs d'autres plantes individuelles non testées au champ. De plus, des caractéristiques complexes qui ne sont pas basées sur des gènes individuels mais sur des réseaux de gènes peuvent être analysées et adaptées avec précision à l'aide de la recherche génétique.

Culture de tissus et cellulaire : les cultures cellulaires et tissulaires jouent un rôle important dans la transformation génétique des plantes offrant une vaste variation génétique végétale qui peut être incorporée dans les programmes de sélection végétale. Ils permettent la génération rapide d'une progéniture génétiquement identique à partir d'une seule plante en laboratoire. Des fragments de tissus ou des cellules individuelles sont prélevés sur une plante et cultivés sur des milieux de croissance spécifiques en laboratoire, où les cellules peuvent se développer et se diviser davantage. Finalement,

une plante entière est régénérée à partir du tissu cultivé en laboratoire. Des mutants présentant des caractéristiques agronomiques utiles, telles que la résistance à la sécheresse, la tolérance à la salinité ou la résistance aux agents pathogènes/insectes nuisibles, peuvent être isolés par sélection in vitro sur une courte période (Jain, 2001). Cependant, différentes cultures/plantes et types de tissus nécessitent des procédures spécifiques qui sont uniques à chacun d'eux ;

Édition du génome : le terme « édition du génome » comprend un certain nombre de méthodes différentes qui peuvent modifier les éléments constitutifs individuels de l'ADN de manière précise et ciblée. Les nouvelles variétés végétales peuvent être sélectionnées plus rapidement et plus précisément que jamais auparavant et, dans la plupart des cas, aucun gène n'est incorporé. Les exemples sont les doigts de zinc, TALEN et CRISPR/C. L'édition du génome peut être utilisée pour assurer l'amélioration du rendement, une meilleure résistance des plantes contre les agents pathogènes, les insectes ravageurs et les stress abiotiques, produire des semences de haute qualité, réduire l'utilisation des ressources et augmenter la teneur en énergie et en nutriments.

Génie génétique : il s'agit d'une méthode très ciblée pour doter les plantes de nouvelles propriétés génétiques. Il implique le transfert des gènes ou d'autres parties du matériel génétique (ADN), par exemple des bactéries vers le matériel génétique des plantes. Une fois que le gène impliqué dans la manifestation d'une certaine caractéristique a été identifié, la deuxième étape consiste à développer des variétés végétales qui possèdent exactement cette caractéristique. Les méthodes du génie génétique permettent une approche très ciblée : seul le gène de la nouvelle caractéristique désirée est transféré directement à la culture. Les méthodes du génie génétique peuvent être utilisées pour insérer du matériel génétique dans des gènes individuels ou des séquences d'ADN d'autres organismes. Cela permet le transfert ciblé des caractéristiques souhaitées. Il est aussi possible de « désactiver » certains gènes. D'autres méthodes comprennent la sélection phénotypique et la sélection par clonage (cultures à multiplication végétative).

4.5 Suivi de la croissance, de la mortalité et des recrutements des espèces

Les réponses des écosystèmes forestiers au changement climatique sont déterminées par les conditions locales du site et le potentiel adaptatif des arbres. La croissance, la mortalité et le recrutement dans les écosystèmes forestiers sont fonction des conditions et des perturbations environnementales. La croissance des espèces dans les écosystèmes forestiers peut être suivie par des mesures du diamètre à hauteur de poitrine, de la hauteur, de la longueur des pousses, du nombre de pousses, de la taille de la cime, de la taille des branches, de la taille des feuilles et de l'indice de surface foliaire. La mortalité des arbres se réfère à la mort des arbres qui n'est pas le résultat de la récolte et fournit une mesure de la santé de la forêt. Un écosystème forestier sain maintient ses processus, sa fonction, sa structure, sa productivité, sa composition et sa résilience dans le temps et dans l'espace. Une évaluation de ces conditions dépend des connaissances existantes et peut être affectée par les valeurs culturelles, les besoins humains et les objectifs de gestion des terres. La mort prématurée d'arbres sains peut être causée par des facteurs tels que la sécheresse et d'autres phénomènes météorologiques extrêmes, ou par des épidémies d'insectes nuisibles et d'agents pathogènes induits par le climat dans les forêts vulnérables (FAO, 2020a).

La mortalité des arbres dans les écosystèmes forestiers est le résultat de processus complexes résultant d'interactions entre des facteurs biotiques et abiotiques. Les taux de mortalité reflètent la santé d'un écosystème forestier. Le changement climatique devrait augmenter les taux de mortalité dans les forêts, en particulier dans les zones où les phénomènes météorologiques extrêmes tels que les sécheresses sévères et les cyclones deviennent plus fréquents. Les sécheresses provoquent la mort prématurée d'arbres sains. L'augmentation de la mortalité des arbres affecte le fonctionnement de l'écosystème forestier, l'équilibre en carbone, l'approvisionnement en bois et la structure d'âge des forêts. La mortalité des différentes espèces entraîne une modification de la structure et de la composition de la forêt. Les bilans de carbone sont également affectés aux niveaux local, régional et mondial car les arbres sur pied absorbent le CO₂ par photosynthèse, tandis que les arbres morts libèrent le CO₂ lorsqu'ils meurent et se décomposent sur le sol de la forêt.

Lorsque les conditions climatiques dépassent les seuils physiologiques des espèces ou si les conditions climatiques déclenchent des épidémies d'insectes ravageurs, la mortalité des arbres peut survenir à l'échelle régionale. D'importants événements de mortalité en plus d'une réduction des zones forestières ont été observés après des sécheresses et des vagues de chaleur majeures, parfois associées à des épidémies d'insectes ravageurs et d'agents pathogènes (Anderegg et al., 2015). Dans certains cas, il peut être difficile d'attribuer la mortalité des arbres au changement climatique en raison de l'interaction complexe entre les variations climatiques et les processus écologiques forestiers. En ce qui concerne l'abondance des insectes, le changement climatique peut soit favoriser les épidémies, soit perturber les interactions trophiques et diminuer la gravité des épidémies. Il existe de bonnes preuves que certaines épidémies récentes de scolytes et d'insectes défoliateurs sont influencées par le changement climatique et ont un impact important sur les écosystèmes ainsi que sur les communautés d'insectes forestiers (Pureswaran et al., 2018). Certaines parties de l'Afrique subsaharienne devraient être touchées par des sécheresses fréquentes, ce qui peut augmenter la mortalité des arbres.

Pour réduire la mortalité des arbres, des options telles que la migration assistée sont utilisées. La migration assistée définit une variété de concepts et de pratiques à plusieurs échelles, mais trois types de migration assistée peuvent être distingués, chacun avec un niveau de risque et d'incertitude différent (Ste-Marie et al., 2011) :

- **Migration assistée des populations** : les humains facilitent le déplacement des populations dans l'aire de répartition connue d'une espèce — *risque plus faible* ;

- **Expansion assistée de l'aire de répartition** : les humains facilitent le déplacement des espèces vers des zones juste en dehors de leur aire de répartition connue, facilitant ou imitant l'expansion normale de l'aire de répartition—*risque intermédiaire* ; et
- **Migration assistée sur de longues distances** : Les humains facilitent le déplacement des espèces vers des zones éloignées de leur aire de répartition connue (au-delà des zones accessibles par la dispersion normale des graines) —*risque plus élevé*.

Ogden et Innes (2007) ont suggéré plusieurs options d'adaptation qui peuvent réduire la mortalité des arbres et améliorer la capacité d'adaptation dans les forêts boréales lesquelles comprennent :

- La maximisation des zones boisées en régénérant rapidement les zones dégradées ;
- La régénération naturelle des forêts après une perturbation ;
- L'amélioration du rétablissement de la forêt après les perturbations ;
- Le maintien ou le rétablissement des régimes de feux naturels là où les cycles de feux historiques ont été perturbés par l'exclusion des feux passés et les ont rendus plus vulnérables à de graves incendies futurs ;
- La minimisation de la fragmentation de l'habitat et le maintien de la connectivité ; et
- Le maintien d'un paysage diversifié et hétérogène (mélange d'âge, de composition et de structure des peuplements) par application de diverses techniques sylvicoles pour accompagner les changements dans la répartition des espèces en les introduisant dans de nouveaux territoires.

Le suivi est basé sur l'inventaire forestier, l'évaluation des mécanismes physiologiques de la mortalité, l'utilisation de la télédétection et la modélisation.

4.6 Rétroaction de la phénologie des arbres au changement climatique

La phénologie est l'étude de la synchronisation saisonnière des cycles de vie des plantes et des animaux par rapport au temps et au climat. Le changement climatique a des conséquences à long terme sur les processus écosystémiques, notamment les cycles biogéochimiques, la productivité, l'évapotranspiration, le ruissellement, la minéralisation, la décomposition et d'autres processus aux niveaux local, régional et mondial (Richardson et al., 2013). L'augmentation de la température mondiale, la modification des régimes de précipitations, l'augmentation des concentrations atmosphériques de CO₂ et d'autres aspects du changement global affectent le calendrier des processus phénologiques des espèces et des écosystèmes. Les changements dans les caractéristiques phénologiques sont une réponse à la saisonnalité de l'environnement d'une plante, supposée être un produit de la sélection naturelle. La chronologie des incidents du cycle biologique est basée sur la pression de sélection facilitant l'évolution de la phénologie idiosyncratique de la plante. Les pressions abiotiques peuvent être de températures saisonnières défavorables ou de précipitations irrégulières, tandis que les pressions biotiques peuvent être assimilées à une présence saisonnière de pollinisateurs, d'agents de dispersion et de prédateurs. Les changements phénologiques sont engendrés par le degré de réchauffement au printemps, le début des températures froides, l'étendue et la durée du froid hivernal et la photopériode (Figure 12).

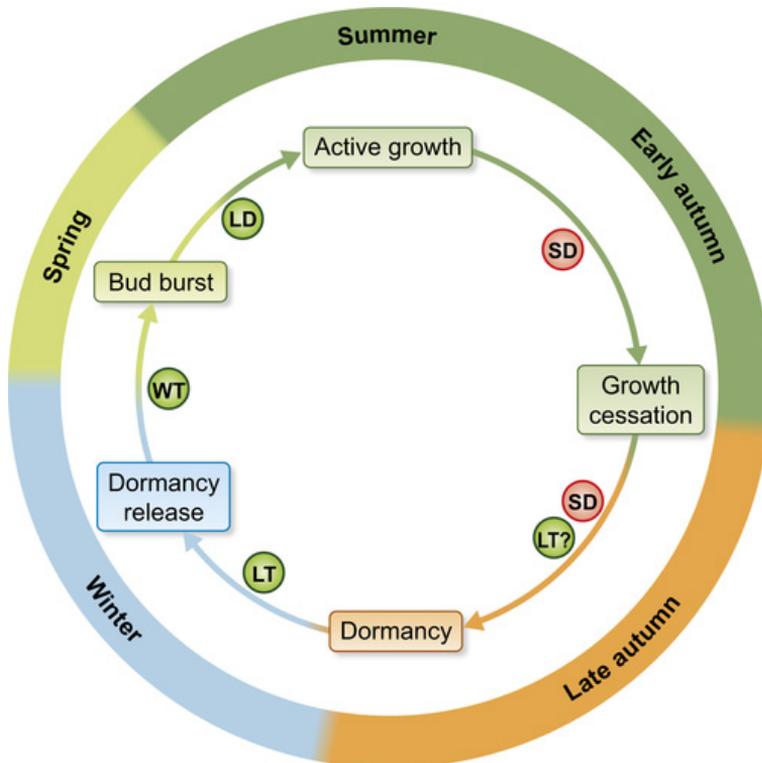


Figure 12. Cycle annuel de croissance des arbres. LD = jours longs, LT = basses températures, SD = jours courts, WT = température chaude (Source : Singh et al., 2017)

Les altérations des cycles annuels des plantes et l'allongement de certaines saisons affectent de nombreux processus et secteurs écologiques tels que la foresterie, l'agriculture, la santé et l'économie en général. La phénologie des arbres dépend également de la disponibilité de l'eau en plus d'autres

caractéristiques environnementales. La floraison et l'émergence des feuilles font partie des processus susceptibles d'avoir des changements phénologiques après les changements saisonniers dus au changement climatique. Dans les forêts africaines, plusieurs facteurs affectent la croissance des plantes, la photopériode étant le facteur dominant contrôlant le début et la fin de la saison de croissance de la végétation (Adole et al., 2019). Les changements peuvent également affecter les cycles des pollinisateurs qui peuvent ne pas être synchrones avec la floraison. Le changement de la phénologie des arbres se manifeste par des changements de la période de développement des bourgeons, de la floraison, de la fructification, de l'effeuillage, du développement des feuilles, de l'abscission, de la fertilisation, de la formation des graines, de la fructification, de la dispersion et de la germination des graines ou de la sénescence. La période de fructification est également importante pour contrôler l'abondance et la variété des frugivores obligatoires.

Le réchauffement climatique est cohérent avec les divers indices qui indiquent des changements des phases phénologiques des plantes tels que la date du gel, la durée de la saison de croissance et les totaux des degrés de croissance et de nombreux autres indices complexes. Les indices indirects pour évaluer la phénologie des arbres comprennent les degrés-jours, la durée du jour, le nombre de jours sans gel et les indices de printemps. La température influence la période du développement des plantes et, à cet égard, le changement climatique mondial a été associé à une altération significative des phases phénologiques des plantes. Les modifications de température sont représentées par des mesures phéno-climatiques adaptées aux différents stades de développement des plantes. Les températures froides suivies de températures élevées pendant la période de dormance stimulent la phénologie printanière des arbres. Les arbres ont besoin de températures froides pendant la période hivernale pour rompre l'endo-dormance, puis entrer dans la phase d'éco-dormance au cours de laquelle le taux de développement ontogénétique croît avec l'augmentation de la température de l'air entraînant le débourrement. Par conséquent, un refroidissement inadéquat peut réduire la croissance des bourgeons et donc retarder le débourrement (Chen et al., 2007). Par ailleurs, le suivi des processus phénologiques peut être effectué à l'aide de la télédétection par satellite et de la télédétection aérienne, y compris l'utilisation de drones et de systèmes de scanner laser aérien pour la production de l'écosystème et les concentrations atmosphériques de CO₂ afin de fournir des indications liées à l'absorption de carbone par la photosynthèse.



Activité 4.3 Révision (15 minutes)

1. Expliquer les impacts du changement climatique sur les fonctions des écosystèmes forestiers.
2. Expliquer comment les espèces forestières réagissent au changement climatique.
3. Quelles sont les manières dont les espèces forestières s'adaptent au changement climatique ?
4. Qu'est-ce qui cause l'accumulation de ROS ?
5. Quel est l'avantage de la diversité génétique dans le fonctionnement des écosystèmes ? et
6. Quelles sont les méthodes qui peuvent être utilisées pour maintenir ou améliorer la diversité des espèces forestières ?



Résumé

Au cours de cette session, nous avons appris qu'il existe plusieurs façons dont les forêts et les arbres peuvent réagir au changement et à la variabilité climatiques et que celles-ci peuvent être différentes selon le type de forêt et l'emplacement géographique. La température, les précipitations, le CO₂ sont des facteurs importants pour la croissance et le développement des plantes et le changement climatique modifie les exigences optimales pour le stress induisant la croissance des plantes. Des intensités lumineuses élevées influencent la génération et l'accumulation de ROS causées par l'altération du système antioxydant pouvant conduire à un stress oxydatif. Le stress des plantes est une condition dans laquelle certains facteurs biotiques et abiotiques induisent des effets néfastes sur la physiologie d'une plante. En général, la diversité biologique des écosystèmes forestiers stabilise le fonctionnement de l'écosystème. La diversité génétique contrôle les relations compétitives 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 de l'écosystème forestier. Dans un climat changeant, les espèces forestières peuvent soit s'adapter au changement climatique, soit migrer vers des habitats appropriés ou disparaître. L'adaptation des espèces aux effets du changement climatique peut se faire par la plasticité phénotypique (acclimatation), l'évolution adaptative ou la migration vers des sites appropriés. La phénologie des arbres dépend des températures optimales, de la disponibilité de l'eau en plus d'autres caractéristiques environnementales. La sélection végétale peut être utilisée pour maintenir et améliorer une sélection de plantes avec des caractéristiques désirées en utilisant la génétique et la connaissance des chromosomes, et des procédures moléculaires encore plus compliquées. Un écosystème forestier sain maintient ses processus, sa fonction, sa structure, sa productivité, sa composition et sa résilience dans le temps et dans l'espace. Lorsque les conditions climatiques dépassent les seuils physiologiques des espèces ou si les conditions climatiques déclenchent des épidémies d'insectes ravageurs, la mortalité des arbres peut se produire à différents niveaux.

4.7 Résilience des forêts au changement climatique

La résilience se définit de plusieurs manières mais le sens reste le même, celui de la capacité d'un système à récupérer après une perturbation. Le Bureau des Nations Unies pour la RRC a défini la résilience comme « la capacité d'un système, d'une communauté ou d'une société exposée à des aléas à résister, absorber, tolérer, s'adapter, se transformer et se remettre des effets d'un aléa de manière opportune et efficace, y compris la préservation et la restauration de ses structures et fonctions de base essentielles grâce à la gestion des risques ». L'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 à s'adapter au stress et au changement ». 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.



Résultats d'apprentissage

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

- i. Discuter des interventions visant à renforcer la résilience des écosystèmes forestiers pour faire face aux impacts du changement et de la variabilité climatiques ;
- ii. Expliquer les principes directeurs de la restauration du paysage ;
- iii. Expliquer l'applicabilité des éléments thématiques de la GDF ;
- iv. Déterminer les initiatives forestières adéquates qui pourraient aider les forêts et les populations à s'adapter au changement climatique ;
- v. Concevoir des interventions appropriées d'ACC basées sur les forêts ;
- vi. Analyser les enjeux de l'ACC ; et
- vii. Evaluer le rôle des services écosystémiques forestiers dans l'adaptation des systèmes sociaux vulnérables.



Activité 4.4 Remue-méninges (10 minutes)

Expliquez comment peut-on reconstruire la résilience d'un écosystème forestier pour répondre aux impacts du changement climatique.

La résilience des forêts peut également être liée à l'approche de la résilience au développement durable qui met l'accent sur le renforcement des capacités pour faire face aux événements inattendus. L'approche considère l'interaction des personnes avec la biosphère (sphère de l'air, de l'eau et de la terre) comme l'une de ses composantes plutôt que comme des facteurs externes des dynamiques des écosystèmes. Lorsque les populations 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. Les gens transforment également la biosphère de diverses manières grâce à des activités telles que le braconnage du bois, l'agriculture, les habitations, la construction de routes et l'expansion des villes. Une approche de réflexion sur la résilience tente d'explorer les meilleures options de gestion pour ces systèmes interdépendants, c'est-à-dire les peuples et la nature (systèmes socio-écologiques) afin de garantir une fourniture durable et résiliente des services écosystémiques nécessaires qui soutiennent l'existence humaine. Biggs et al. (2015) ont identifié sept principes essentiels pour favoriser la résilience dans les systèmes socio-écologiques, notamment :

- Le maintien de la diversité et de la redondance ;
- La gestion de la connectivité ;
- La gestion des variables lentes et des retours ;
- Une meilleure réflexion sur les systèmes adaptatifs complexes ;
- L'apprentissage ;

- La participation élargie ; et
- La promotion de systèmes de gouvernance polycentriques.

Les mesures d'adaptation dans le secteur forestier dépendent de divers facteurs connexes, tels que le type de forêt, les objectifs de gestion, les menaces climatiques et les pressions non climatiques. Les écosystèmes forestiers seront modifiés par les changements climatiques mondiaux, car les taux biophysiques et les tolérances physiologiques des espèces seront probablement dépassés. Il est donc nécessaire de restaurer ou de maintenir la résilience d'une forêt en tant que mesure sociétale importante de l'ACC.

4.7.1 Restauration forestière et réhabilitation des forêts dégradées

Les ressources biologiques et écologiques qui déterminent la résilience d'un écosystème forestier aux conditions environnementales changeantes comprennent :

- la diversité des espèces, y compris celle des micro-organismes ;
- la diversité des traits génétiques au sein des populations d'espèces et pool d'espèces et d'écosystèmes au niveau régional ; et
- l'étendue de la couverture des écosystèmes forestiers avec une couverture plus grande et moins fragmentée étant meilleure que fragmentée et petite en plus du caractère et de l'état du paysage voisin.

Le Forum mondial sur les paysages (GLF) est la principale plateforme mondiale de connaissances sur l'utilisation intégrée des terres, dédiée à la réalisation 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 GLF s'articulent autour de cinq thèmes cohérents : initiatives alimentaires et de subsistance, restauration du paysage, droits, financement et mesure des progrès. Des modèles de développement qui améliorent le bien-être humain sans nuire à l'environnement sont nécessaires pour lutter contre les problèmes liés à la déforestation, à la désertification, aux pénuries d'eau, à la perte de la biodiversité, à la pollution et au changement climatique (Besseau et al., 2018). Les paysages dégradés affectent les moyens de subsistance et le bien-être de quelque 3 milliards de personnes dans le monde, coûtant 10% de l'économie mondiale. La communauté mondiale sur les paysages vise à restaurer plus de 2 milliards d'hectares de terres dégradées dans le monde, une marque supérieure à l'Amérique du Sud. L'initiative nécessite un investissement annuel des secteurs privé et public pouvant atteindre 350 milliards de dollars américains (WRI, 2014). Le Conseil mondial des entreprises pour le développement durable a plaidé pour la neutralité en matière de dégradation des terres, encourageant un cas de business pour mettre un terme à la dégradation des terres (WBCSD, 2015).

Les activités sont soutenues par le droit international, notamment dans les accords conclus lors du Sommet de la Terre des Nations Unies à Rio de Janeiro (1992), la Convention sur la diversité biologique (CDB), la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (UNCCD), la CCNUCC et les ODD 15 (Protection, restauration et promotion de l'utilisation durable des écosystèmes terrestres, gestion durable des forêts, lutte contre la désertification, arrêt et inversion de la dégradation des terres et arrêt de la perte de biodiversité) (ONU, 2015).

Il existe une reconnaissance mondiale par les dirigeants mondiaux d'intensifier les efforts de restauration en soutenant la plus grande initiative de restauration au monde visant à restaurer 150 millions d'hectares de paysages dégradés d'ici 2020 (The Bonn Challenge). 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 Bonn Challenge. Cela a été soutenu par la Déclaration de New York sur les forêts qui définit d'autres objectifs ambitieux, notamment l'élimination de la déforestation des chaînes d'approvisionnement en produits agricoles et le renforcement de la gouvernance forestière. La Grande Muraille Verte (GGW) est une initiative du Sahel et du Sahara qui a reçu au moins 14,326 milliards de dollars de nouveaux financements en 2020 pour accélérer les efforts de restauration des terres dégradées, de sauvegarde de la diversité biologique ainsi que de création d'emplois verts et de renforcement de la résilience des peuples sahéliens (UNCCD, 2020). La GMV s'étend jusqu'à 156 millions d'ha dans 11 pays Africains (Burkina Faso, Tchad, Djibouti, Erythrée, Ethiopie, Mali, Mauritanie, Niger, Nigéria, Sénégal et Soudan).

En 2018, plus de 50 pays et autres entités, dont l'Inde, l'Éthiopie, le Mexique et le Pérou, s'étaient engagés à restaurer plus de 160 millions d'hectares.

D'autres initiatives incluent l'Initiative de restauration des paysages forestiers africains (AFRI100) qui vise à restaurer 100 millions d'hectares de paysages dégradés d'ici 2030 en Afrique (FAO, 2020c). Vingt-six pays se sont engagés à restaurer environ 125 millions d'hectares depuis le lancement de l'effort en 2015. Sept des pays ayant pris des engagements de restauration ont des superficies de plus de 5 millions d'hectares chacun, notamment : l'Éthiopie (15), le Soudan (14,6), le Cameroun (12), le Mali (10), la République Démocratique du Congo (8), la Tanzanie (5,2) et le Kenya (5,1). Le reste des pays (Bénin (0,5), Burkina Faso (5), Burundi (2), Tchad (3,5), République Centrafricaine (1,4), Côte d'Ivoire (5), Ghana (2), Guinée (2), Libéria (1), Madagascar (4), Malawi (4,5), Mozambique (1), Niger (3,2), Nigéria (4), République du Congo (2), Rwanda (2), Sénégal (2), Afrique du Sud (3,6), l'Eswatini (0,5), le Togo (1,4), l'Ouganda (2,5) et le Zimbabwe (2) cible des superficies inférieures à 5 millions d'hectares (AUDA-NEPAD, 2020).

L'initiative AFRI100 est soutenue par neuf partenaires financiers et 12 partenaires techniques. Le soutien comprend le plan d'affaires climatique de la Banque mondiale pour l'Afrique (1 milliard de dollars) et près de 481 millions de dollars provenant d'investisseurs du secteur privé (WRI, 2015). Des dialogues continentaux pour soutenir l'initiative ont également émergé dans 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).

La restauration des paysages forestier (RPF) a été lancée en 2003, par le partenariat mondial des gouvernements, des organisations, des instituts de recherche, des communautés et des particuliers visant à la restauration des forêts dégradées et de leurs paysages environnants. La RPF est définie comme un processus visant à retrouver une fonctionnalité écologique et à améliorer le bien-être humain dans des paysages déboisés ou dégradés. La RPF vise à inverser la dégradation des sols, des zones agricoles, des forêts et des bassins versants pour retrouver leur fonctionnalité écologique. À cet égard, la RPF vise à restaurer 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. La RPF contribue aux ODD 1 (« Zero pauvreté »), 6 (« eau potable et assainissement ») et 15 (« vie terrestre ») 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 garantissant des engagements solides et à long terme. La RPF est apparue comme un élément clé des stratégies pour relever ce défi, englobant nos efforts pour traiter de la gestion des terres, la conservation de la biodiversité et le 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 de manière plus durable (IISD, 2018).

La restauration peut se produire 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 surexploités (Besseau et al., 2018). Il s'agit essentiellement d'un processus visant à améliorer la productivité et la capacité des paysages à répondre aux divers besoins et changeants de la société. La RPF restaure les biens et services importants tout en améliorant les moyens de subsistance des populations locales. C'est aussi un outil pour atteindre divers objectifs paysagers grâce au développement de mosaïques d'utilisations complémentaires et productives des terres (Winterbottom, 2014).

Environ deux 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 forêts et les arbres sont combinés avec l'agriculture, les zones protégées des cours d'eau et les habitations à l'échelle du paysage. Le partenariat mondial a développé une approche intégrée, flexible et efficace de la RPF applicable des mangroves côtières et des chaînes de montagnes aux zones humides d'eau douce et aux zones agraires cultivées de manière intensive (Besseau et al., 2018). Les membres du partenariat bénéficient d'un soutien de renforcement des capacités, d'un soutien technique pour la planification, la mise en œuvre et le suivi, par exemple via le Bonn Challenge Barometer (Dave et al., 2017). Les engagements de restauration sont de plus en plus alignés sur les objectifs politiques nationaux et locaux sur le climat, la biodiversité et la désertification.

Activités de restauration en Afrique

Ghana : effort de restauration qui comprend l'établissement de plantations commerciales de teck et la réintroduction d'espèces d'arbres indigènes, a planté 190 450 ha entre 2002 et 2015 (Foli, 2018).

Madagascar : la restauration du paysage de Fandriana-Marolambo a inclus la plantation de 800 000 arbres indigènes et la création de nouvelles activités économiques, notamment l'élevage de porcs, les huiles essentielles, les arbres fruitiers et l'apiculture.

Niger et Ethiopie : la « régénération naturelle gérée par les agriculteurs » à faible coût a apporté des avantages significatifs. La régénération d'arbres et d'arbustes indigènes à partir de souches, la germination de systèmes racinaires ou de graines a contribué à atténuer l'insécurité alimentaire.

Rwanda : plantation d'arbres fruitiers et fourragers pour renforcer les moyens de subsistance et stabiliser les terres agricoles en terrasses (Besseau et al., 2018).

Dans les forêts, la restauration peut signifier améliorer la disponibilité des produits forestiers, du bois au gibier, stabiliser l'approvisionnement en eau potable des villes en plein essor et lutter contre la perte de biodiversité. Les systèmes basés sur les arbres peuvent également améliorer la sécurité alimentaire et la nutrition dans un climat changeant (Oeba et Abdourahmane, 2019). Pour l'agriculture, la restauration peut entraîner l'adoption de l'agroforesterie. Les principes de la RPF sont décrits dans le tableau 6.

Tableau 6. Principes de restauration des paysages forestiers

Principe	Description
Mettre l'accent sur les paysages	La RPF a lieu à l'intérieur et à travers des paysages entiers, et non sur des sites individuels, représentant des mosaïques d'utilisations des terres et de pratiques de gestion en interaction sous divers régimes fonciers et systèmes de gouvernance. C'est à cette échelle que les priorités écologiques, sociales et économiques peuvent être équilibrées.
Impliquer les parties prenantes et appuyer 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 avantages, les processus de suivi et d'évaluation.
Restaurer plusieurs fonctions pour de multiples avantages	Les interventions de la 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 profitent à de multiples groupes de parties prenantes.
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, le rétablissement 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 adaptées aux valeurs sociales, culturelles, économiques et écologiques locales, aux besoins et à l'histoire du paysage. Il s'appuie sur les connaissances scientifiques les plus récentes et les meilleures pratiques, ainsi que sur les connaissances traditionnelles et indigènes, et applique ces 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 du paysage et de ses parties prenantes à moyen et long terme. Les approches de restauration doivent améliorer la diversité des espèces et la diversité génétique et s'ajuster au fil du temps pour refléter les changements climatiques et autres conditions environnementales, les connaissances, les capacités, les besoins des parties prenantes et les 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 : <http://www.bonnchallenge.org/content/forest-landscape-restoration>

Les avantages de la restauration comprennent les éléments suivants :

- Les avantages environnementaux et sociaux de l'eau potable et de la sécurité alimentaire ;
- La conservation de la biodiversité et protection du climat ;
- Des avantages économiques directs et indirects – des emplois peuvent être créés dans les pépinières d'arbres, sur les terres, les exploitations agricoles et les industries du bois ;
- La suppression des coûts de réparation des dommages causés par les inondations aux infrastructures, de dragage des lacs et des rivières pour enlever le limon ;

- L'évitement de la filtration de l'eau potable ;
- L'engagement et l'autonomisation des parties prenantes ;
- L'établissement d'un capital social pouvant faciliter l'atteinte des compromis nécessaires pour assurer un soutien à long terme ; et
- Un paysage plus propice pour les espèces menacées et plus résilients face au changement climatique.

4.7.2 Actions d'adaptation dans la gestion forestière

La meilleure pratique de gestion des écosystèmes forestiers serait de les laisser intacts. Cela n'est peut-être pas réalisable compte tenu de l'augmentation rapide des populations humaines et de la demande de produits forestiers. Une sorte de gestion est inévitable pour empêcher la disparition totale des forêts. Les activités susceptibles de favoriser certaines améliorations des systèmes de gestion forestière reposent principalement sur la lutte contre la déforestation, le reboisement et le boisement. En outre, le stock forestier doit être correctement mesuré, suivi et rapporté (Thompson, 2011).

La gestion forestière implique la conception et la mise en œuvre de l'entretien et de l'utilisation des forêts et autres terres boisées pour répondre à des objectifs économiques, socioculturels et environnementaux spécifiques. La gestion forestière implique la mise en œuvre 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 écosystémiques et des espèces ou groupes d'espèces spécifiques socialement ou économiquement utiles pour une meilleure productivité. Adapter la gestion forestière au changement climatique implique d'anticiper et de suivre les changements et de prendre des mesures pour prévenir les circonstances négatives ou les avantages des bénéfiques potentiels de ces variations (Levina et Tirpak, 2006).

La gestion adaptative des forêts 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, le passage d'une forêt équienne à une forêt inéquienne ou d'un taillis à une futaie), l'intensification des éclaircies ou la réduction de l'âge de rotation. (Yousefpour et al., 2020 ; Cosofret et Bouriaud, 2019). L'éclaircie est une opération sylvicole qui se concentre sur la stimulation de la croissance des grands arbres résiduels, améliore la résistance à la sécheresse et offre une plus grande résilience aux futurs stress induits par le climat (Kerhoulas et al., 2013). La réduction de la période de rotation des cultures arbustives permet de diminuer leur temps d'exposition au risque et réduit également le risque de chablis en limitant la hauteur à atteindre. Ces techniques de gestion adaptative réduisent généralement l'incertitude et permettent de replanter des espèces mieux adaptées (Cosofret et Bouriaud, 2019). Nyika (2021) a suggéré un plan de mise en œuvre en cinq étapes de la gestion durable des écosystèmes basé sur la gestion adaptative et la prise en compte holistique des ressources écologiques.

L'application des principes et des pratiques de la GDF offre une base solide pour relever les défis du changement climatique. Il existe différents objectifs pour la gestion forestière allant de la protection des services écosystémiques, la production de bois, les PFNLs, la protection des ressources génétiques, le tourisme, l'esthétique ou les valeurs culturelles. Certains des objectifs peuvent coexister tandis que d'autres ne peuvent pas, par exemple, la production commerciale durable de bois et la conservation de la biodiversité ne peuvent pas coexister alors que la gestion pour la préservation des écosystèmes et des ressources génétiques peuvent coexister.

La gestion des forêts basée sur le concept de GDF est dynamique et évolue en visant le maintien et l'amélioration des quatre piliers de la durabilité (valeurs sociales, économiques, culturelles et environnementales) dans tous les types de forêts, au profit de toutes les générations. À cet égard, la GDF implique les interventions humaines favorisant l'utilisation durable et la protection des ressources forestières afin de maintenir et d'améliorer leurs multiples utilisations forestières. La GDF est également

considérée ensemble avec la conservation de la diversité biologique et l'action climatique. Il existe sept éléments thématiques conçus comme des instruments non juridiquement contraignants de la GDF (FAO/OIBT/INAB, 2003) (Tableau 7).

Tableau 7. Domaines thématiques de la gestion durable des forêts

Domaine thématique	Description
Étendue des ressources forestières	Surveiller l'étendue et les caractéristiques des ressources forestières pour comprendre et réduire la déforestation non planifiée, restaurer et réhabiliter les paysages forestiers dégradés, évaluer la séquestration du carbone dans les forêts, les autres formations boisées et les arbres hors forêts et affecter les forêts à différentes fins.
Diversité biologique forestière	Couvre la diversité des 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 dynamiquement 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 de l'utilisation finale) et de soutenir leurs fonctions écosystémiques.
Santé et vitalité de la forêt	La santé et la vitalité des forêts sont affectées par plusieurs facteurs, notamment les insectes ravageurs, les agents pathogènes, les incendies (feux de forêt et incendies planifiés), autres facteurs biotiques tels que le broutage de la faune, le pâturage et les dommages physiques causés par les animaux, les facteurs abiotiques tels que la pollution de l'air, le vent, la neige, la glace, les inondations, les glissements de terrain, les tempêtes tropicales, la sécheresse et tsunami et les espèces envahissantes. On s'attend à ce que le changement climatique augmente les épidémies de ravageurs dans de nouveaux endroits et une plus grande gravité des impacts des ravageurs indigènes et introduits.
Fonctions productives des ressources forestières	Rôle des forêts et des arbres hors forêts dans la fourniture de produits forestiers ligneux et non ligneux. La fourniture durable en produits forestiers primaires, tout en assurant la production et la récolte sans compromettre les options de gestion des générations futures.
Fonctions de protection des ressources forestières	Rôle des forêts et des arbres hors forêts dans la modération des sols, des systèmes hydrologiques et aquatiques, le maintien de la propreté de l'eau (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. Les efforts de conservation des écosystèmes et avantages associés pour l'agriculture et les moyens de subsistance des ruraux.
Fonctions socio-économiques des ressources forestières	Comprennent les contributions des ressources forestières à l'économie globale et hébergement et protection de sites et de paysages à haute 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 arrangements juridiques, politiques et institutionnels nécessaires pour soutenir les six autres thèmes et devrait inclure la prise de décision participative, la gouvernance et l'application des lois, l'utilisation juste et équitable des ressources forestières, l'éducation et la recherche scientifique, les arrangements d'infrastructure pour soutenir le secteur forestier, le transfert de technologies, le renforcement des capacités, de l'information et de la communication publiques, et le suivi et l'évaluation des progrès.

Le changement climatique peut affecter les écosystèmes forestiers, les communautés et les infrastructures, exacerbant ainsi la vulnérabilité des communautés tributaires des forêts. Cela montre la nécessité de politiques et d'actions pour accroître la résilience à travers les forêts (FAO, 2020d). Cependant, les initiatives de GDF doivent être conciliées avec les intérêts locaux de la gestion forestière si l'on veut garantir des résultats forestiers durables. Les initiatives devraient mettre l'accent sur le contrôle et la gestion locaux des ressources forestières existantes, les rôles multiples des arbres dans les systèmes agricoles et l'importance de travailler par l'intermédiaire des institutions locales pour parvenir à la GDF (FAO, 2016c). Comme les GES atmosphériques augmentent, la séquestration du carbone forestier devient une mesure d'atténuation importante, mais peut également accroître la capacité d'adaptation des communautés. La productivité des forêts gérées est essentielle pour empêcher le défrichement de plus 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 des forêts et à la réduction de la dégradation des terres et des ressources en plus de réduire le risque de changement climatique (Sim et al., 2004 ; Commission de l'Union Africaine, 2020).



Activité 4.4 Discussion de groupe (15 minutes)

Quelles sont les autres méthodes ou interventions menées dans votre pays visant à renforcer la résilience de l'écosystème forestier pour répondre aux défis du changement climatique et de la variabilité climatique ?

4.7.3 Création/extension et gestion adaptative de parcs/ réserves, aires protégées et corridors de biodiversité

Les aires protégées sont représentées par des espaces géographiques clairement définis, dédiés et gérés, par des moyens juridiques ou autres moyens efficaces, pour réaliser la conservation à long terme de la nature avec les services écosystémiques et les valeurs culturelles connexes (Gross et al., 2016). Les aires protégées offrent un large éventail de services écosystémiques (approvisionnement, régulation, services de soutien et culturels) qui profitent aux populations humaines et soutiennent les efforts nationaux et mondiaux de conservation de la biodiversité. La gestion adaptative est un processus itératif qui sert à réduire l'incertitude, à acquérir des connaissances et à améliorer la gestion au fil du temps dans le cadre d'un processus axé sur les objectifs et structuré (Allen et Garmestani, 2015).

Les zones sont des vestiges de vastes habitats naturels dans de nombreuses régions, s'étendant sur 14% de la superficie terrestre mondiale. Ils sont un élément essentiel de la réaction mondiale au climat. Ils aident également les sociétés à faire face aux impacts du changement climatique en fournissant des services essentiels nécessaires à la survie humaine. Six catégories mondiales d'aires protégées sont présentées dans le tableau 8.

Les aires protégées aident à protéger les communautés vulnérables en réduisant les risques et les impacts d'événements climatiques extrêmes tels que :

- Les inondations en offrant un espace pour la dispersion des eaux de crue tandis que la végétation absorbe l'impact ;
- Les glissements de terrain - la végétation stabilise le sol et la neige, réduisant ou arrêtant le glissement;
- La sécheresse et la désertification en réduisant la pression de pâturage et protégeant l'eau et les bassins versants ;
- Les ondes de tempête – les mangroves, les récifs coralliens, les marais et les îles-barrières peuvent bloquer les ondes de tempête ; et
- Les incendies en limitant l'empîement sur les aires protégées (Dudley et al., 2009).

Tableau 8. Catégories d'aires protégées dans le monde

Catégorie	Description
I la Réserve naturelle intégrale	Zones strictement protégées pour leur biodiversité et parfois pour leurs caractéristiques géologiques/géomorphologiques, l'utilisation et les visites humaines autorisées, les impacts contrôlés et la sauvegarde des valeurs de conservation.
II Zone sauvage	Grandes zones primaires ou légèrement modifiées, conservant le caractère et l'influence naturels. Protégée et gérée pour la conservation de l'état naturel sans habitation permanente ou substantielle par l'homme.
III Parc national	Grandes zones naturelles ou quasi-naturelles protégeant des processus écologiques à grande échelle composées d'espèces et d'écosystèmes représentatifs, qui offrent également des opportunités spirituelles, scientifiques, éducatives, récréatives et touristiques compatibles sur le plan environnemental et culturel.
IV Monument ou élément naturel	Zones mises de côté pour protéger un monument naturel spécifique, qui peut être un relief, un mont sous-marin, une caverne marine, un élément géologique tel qu'une grotte ou un élément vivant tel qu'un bosquet ancien.
V Zone de gestion des habitats/espèces	Zones de protection d'espèces ou d'habitats prioritaires spécifiques. La plupart d'entre eux nécessitent des interventions régulières et dynamiques pour satisfaire les besoins d'espèces ou d'habitats spécifiques, bien que ce ne soit pas une exigence de la catégorie.
VI Paysage terrestre ou marin protégé	L'interaction de la nature et des humains au fil du temps a produit un caractère distinct avec une valeur écologique, culturelle, biologique et scénique substantielle. La sauvegarde de l'intégrité de l'interaction est cruciale pour la protection et la durabilité de la zone et des valeurs associées.
VII Aires protégées avec utilisation durable des ressources naturelles	Conservation des écosystèmes, simultanément avec les systèmes traditionnels de gestion des ressources naturelles et les valeurs culturelles associées.

Source : Gross et al. (2016)

Le climat devrait affecter les aires protégées en Afrique en affectant les ressources en eau (diminution du débit des rivières, diminution du réchauffement de la surface et de la stratification dans les grands lacs et diminution de l'humidité du sol due aux sécheresses), les écosystèmes terrestres (augmentation des incendies de forêt, réduction de la densité des arbres et changements dans l'aire de répartition des espèces), les ressources côtières et marines (diminution de la productivité des récifs côtiers), les aliments et les moyens de subsistance (diminution de la productivité des arbres fruitiers, réduction de la pêche, principalement dans les grands lacs et augmentation des cas de maladies tels que le paludisme). Compte tenu de tous ces effets, l'adaptation à l'évolution des régimes pluviométriques est inévitable. Les partenariats ont été utilisés comme options de gestion pour améliorer les espèces en traitant les effets hostiles des frontières sociopolitiques sur la conservation et en gérant la conservation et la planification à des échelles biologiquement pertinentes (GIEC, 2014 ; Dudley et al., 2009).

Outre le stockage du carbone dans les zones protégées, certains des avantages spécifiques incluent :

- Le maintien de l'intégrité de l'écosystème et la biodiversité ;
- L'augmentation de la résistance, de la résilience et de la réduction de la vulnérabilité des moyens de subsistance face au changement climatique ;
- Une source d'eau propre et débit d'eau amélioré ;

- Une source de nourriture durable pour les communautés ;
- La prévention du changement d'utilisation des terres des forêts vers d'autres utilisations des terres ;
- La conservation et la reconstitution des stocks de poissons dans les zones marines et d'eau douce ;
- La réduction des impacts des événements climatiques extrêmes, tels que les inondations, les tempêtes, les sécheresses et l'élévation du niveau de la mer ;
- L'absorption de l'impact des crues avec de la végétation naturelle et la fourniture d'un espace pour disperser les eaux de crue ;
- La stabilisation des sols ainsi que la prévention et l'atténuation des risques naturels tels que les inondations, les avalanches, les glissements de terrain et les érosions ; et
- La fourniture des avantages tels que les PFNLs (médicaments, fruits, baies, champignons, fibres) aux communautés locales.

4.7.5 Élaboration de plans de gestion des incendies de forêt

La gestion des incendies est un élément central de la GDF, qui devrait séquentiellement faire partie des plans généraux d'utilisation des terres, en tenant compte des points de vue de toutes les parties prenantes. Les feux de forêt sont parfois bénéfiques et font partie du paysage de la savane africaine depuis des temps immémoriaux. La plupart des forêts africaines ont évolué avec le feu et dépendent du feu pour se régénérer. Les incendies sporadiques peuvent également réduire les charges de combustible qui alimentent des feux de brousse plus importants et plus destructeurs. Les forêts et formations boisées dégradées sont cependant soumises à des feux annuels voire semestriels. Les incendies de forêt tuent également des personnes, détruisent les moyens de subsistance et les habitations, la faune et leurs habitats et polluent les bassins versants.

Le changement climatique augmente les risques d'incendie dans les écosystèmes forestiers. Par exemple, l'Europe méditerranéenne devrait connaître un grand danger d'incendie en raison d'une saison sèche prolongée avec un risque d'incendie plus élevé qui pourrait entraîner des incendies plus importants, plus intenses et récurrents.

La gestion des incendies favorise les objectifs de gestion des terres, en conservant et en protégeant la vie, les biens et les ressources contre les incendies grâce à la prévention, la détection, le contrôle, la restriction et l'extinction des incendies. Dans le cadre de ce processus, les plans de gestion des incendies fournissent des déclarations sur la politique en matière d'incendie et les mesures prescrites pour protéger les personnes, prévenir les incendies, protéger les biens et les forêts contre les incendies et l'utilisation du feu pour atteindre les objectifs de gestion forestière et d'utilisation des terres dans une zone spécifique. Des programmes efficaces de gestion des incendies doivent refléter l'historique des incendies et l'écologie de la zone.

La gestion des incendies est une partie essentielle de la gestion forestière qui comprend la planification, la prévention et la lutte contre les incendies pour protéger les personnes, les biens et la base de ressources forestières. Un plan de gestion des incendies est un énoncé, pour une zone spécifique, de la politique en matière d'incendie et des mesures prescrites pour prévenir les incendies, protéger les personnes, les biens et les forêts contre les incendies et l'utilisation du feu pour réaliser la gestion forestière et d'autres objectifs d'utilisation des terres. Le plan est un élément essentiel pour la prévention, l'extinction et la gestion des incendies dans les forêts et les terres adjacentes et doit faire partie du plan de gestion forestière existant. Le plan identifie et intègre toutes les activités de gestion des feux de forêt et les activités connexes (feux de forêt et feux dirigés) dans le contexte des plans de gestion des terres/ressources approuvés. Le plan est complété par d'autres plans tels que des plans de prévention, des plans de préparation, des plans de répartition pré-planifiés et des plans de feux dirigés pour atteindre les

objectifs de gestion des incendies.

Le cycle de gestion des incendies comprend des composantes de prévention des incendies, de détection des incendies, d'extinction des incendies et d'activités de gestion après incendie (Figure 13).

La prévention des incendies vise à minimiser les dommages causés par le feu et à éviter les incendies indésirables, tout en maximisant les avantages environnementaux du feu. La prévention des incendies comprend l'éducation/la sensibilisation/la formation du public, l'intervention rapide en cas d'incendie, le plan de gestion des incendies, les systèmes d'alerte précoce et d'évaluation du danger d'incendie, la réduction des risques et l'application de la loi. D'autres activités comprennent La réalisation des lignes de feu et des pare-feux, le feu contrôlé pour limiter les charges de combustible, les bonnes pratiques sylvicoles, par exemple, l'éclaircie et la plantation sélective, puis la plantation d'espèces d'arbres adaptées au feu dans les zones sujettes aux incendies.

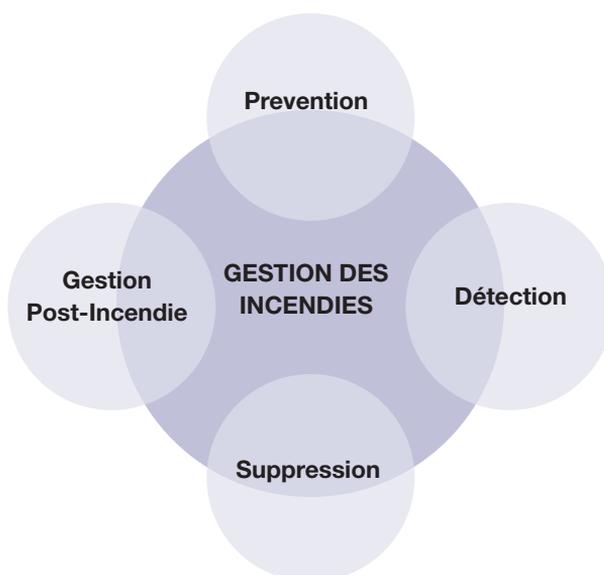


Figure 13.Cycle de gestion des incendies

La détection d'incendie comprend des mécanismes de détection, de communication et de répartition. Il peut s'agir de systèmes satellitaires, de systèmes terrestres, de tours d'observation, de systèmes vidéo et de surveillance aérienne. **La suppression des incendies** consiste à éliminer les incendies et à réduire leur impact. Les méthodes incluent : l'attaque directe, l'attaque indirecte et l'attaque parallèle. Les activités comprennent des stratégies et des tactiques d'attaque initiale conçues sur la base des ressources locales, des situations locales, des objectifs et des politiques culturels, économiques et écologiques. Lors de l'extinction des incendies, la connaissance des interactions entre les facteurs environnementaux et le couvert végétal doit être dûment prise en compte dans la planification et la mise en œuvre de l'utilisation du feu. Les plans et politiques de gestion des incendies doivent également être adaptés aux changements associés aux conditions de combustion, au type de combustible et de végétation ou à d'autres risques d'incendie imposés par le changement climatique. **La gestion post-incendie** implique la collecte de données après l'incendie, l'évaluation des impacts de l'incendie et l'élaboration de rapports.

4.7.6 Sylviculture pour le changement climatique

En foresterie, des activités telles que la diversification des espèces et la gestion des espèces envahissantes ont été utilisées pour gérer les zones forestières. Les activités sylvicoles varient selon l'objectif de gestion. Pour améliorer la capacité d'adaptation, les peuplements forestiers ont été manipulés pour correspondre aux conditions environnementales changeantes. Certaines des activités comprennent

le raccourcissement des cycles de rotation : la durée de la rotation est le temps qui s'écoule entre deux récoltes finales et est dictée par des facteurs biophysiques et les objectifs de l'aménagement forestier. Les durées de rotation ont été raccourcies pour plusieurs espèces, par exemple, la durée de rotation des espèces de *Pinus* au Zimbabwe a été réduite de 35-40 à 22-25 ans tandis qu'en Amérique, les rotations ont également été raccourcies de 10 ans (Curtis, 1997). En Nouvelle-Zélande, la rotation a été réduite de 40-50 à 25-30 ans (Brockerhoff et al., 2008) et cela peut réduire les risques associés aux tempêtes. En Suède, une réduction de 10 à 15 ans sur l'épinette de Norvège (*Picea abies*) a été recommandée pour diminuer le risque de tempête et de pourriture des racines (Södra, 2012). La modification des durées de rotation affecte les régimes d'éclaircie, avec des impacts potentiels sur une gamme d'autres valeurs forestières. Le raccourcissement des durées de rotation implique moins d'éclaircies que celles des cycles de rotation existants et devient plus important si le cycle est prolongé. Les calendriers d'éclaircie peuvent être modifiés pour stabiliser les forêts contre la sécheresse, les tempêtes et les maladies et peuvent également aider à capter la croissance supplémentaire due à la fertilisation au CO₂ (Bernier et Schoene, 2008). Une éclaircie sélective peut également être effectuée pour éliminer les arbres faibles, morts et supprimés afin d'améliorer la disponibilité des ressources pour les arbres restants. En outre, la récolte d'assainissement peut également être effectuée pour éliminer les arbres malades ou sensibles afin de prévenir de futures épidémies et d'améliorer la productivité.

Dans les zones sujettes à la sécheresse, les plantules peuvent être installées avec des hydrogels, juste avant la saison des pluies pour améliorer l'établissement et la survie des champs. La biodiversité doit être conservée et protégée à tous les niveaux (biorégional, paysager, local) et doit inclure tous les éléments (gènes, espèces, communautés). La conservation peut se concentrer sur les populations qui sont isolées, disjointes, les habitats sources, aux marges de leurs distributions ou réseaux de refuge. Ces types de populations sont généralement représentatifs de pools de gènes pré-adaptés qui peuvent être utilisés pour les réponses au changement climatique et éventuellement devenir des populations de base dans les conditions climatiques changeantes. Il peut être nécessaire d'entretenir les arbres semenciers. Dans d'autres cas, les utilisations des technologies de l'ADN ont le potentiel d'améliorer la productivité, la nutrition ou la résistance des cultures aux insectes nuisibles et aux agents pathogènes. En foresterie, la sélection se fait principalement pour la croissance, la résistance à la sécheresse, aux insectes ravageurs et pathogènes et sur les espèces coralliennes, la sélection végétale peut se concentrer sur la résistance au réchauffement des océans.

4.7.7 Gestion des ravageurs

Un ravageur est tout organisme comprenant les vertébrés (écureuils terrestres, souris, babouins, lapins, oiseaux, etc.), les invertébrés (insectes, acariens, araignées, etc.), les mauvaises herbes et les agents pathogènes (micro-organismes qui causent des maladies des plantes) qui est nuisible aux arbres. Les ravageurs forestiers endommagent à la fois les espèces d'arbres indigènes et exotiques, les espèces exotiques devenant plus gravement touchées en raison de leurs valeurs commerciales et également en raison de l'absence d'ennemis naturels dans les zones où elles sont introduites. Les dommages causés aux espèces forestières peuvent prendre la forme de défoliation, de forage des tiges, de destruction des racines, de destruction des fleurs/graines et des fruits, de la fabrication de galles, de l'enroulement des feuilles et de la sève (AFF, 2019). Par exemple, *Cinara cupressi*, *Eulachnus rileyi* et *Pineus boernerii* ont provoqué des épidémies en Afrique Orientale et Australe.

La gestion des populations d'insectes, des conditions écosystémiques et des services écosystémiques dans un contexte du changement climatique doit être une priorité car le développement des insectes ravageurs et de leurs ennemis naturels dépend de facteurs climatiques tels que les précipitations, la température, le rayonnement solaire, l'humidité relative et le CO₂. Comme pour les plantes, les caractéristiques du cycle biologique des insectes, les taux et les cycles de développement et les taux métaboliques sont affectés par le changement climatique, ce qui fait que les stades de vie sont plus précoces ou plus tardifs (Bale et Hayward, 2010). Le changement climatique a des effets directs et indirects sur le développement des insectes (Reineke et Thiery, 2016) et peut affecter les interactions entre les insectes et leurs hôtes. L'accumulation de chaleur et de froid au-dessus de la température de base entraîne le métabolisme des insectes. Des températures plus chaudes en hiver et au printemps affectent l'hivernage des pupes, allongent la saison de croissance et augmentent la survie des ravageurs (Forrest, 2016). Des conditions plus chaudes peuvent accélérer le taux de croissance en accumulant de la chaleur plus tôt et plus rapidement que d'habitude (Honěk, 1996) et augmentent le voltinisme des insectes. Cependant, les insectes ont une excellente capacité d'adaptation aux fluctuations de température, mais le moment de leurs processus physiologiques est sensible à toute température sévère. La disponibilité de l'humidité affecte également les options de lutte contre les ravageurs, car les ravageurs tels que *Sirex noctilio* (guêpe des bois Sirex), *Hylastes ater* Paykull (scolyte du pin), *Ips grandicollis* Eichoff (scolyte Ips) et *Phoracantha* spp (foreur de l'eucalyptus) sont attirés par les arbres stressés (Wardlaw et Bashford, 2007).

Les augmentations de la photopériode et du CO₂ affectent les modes d'alimentation et d'hébergement des insectes herbivores sensibles et leurs schémas d'oviposition. Certains insectes nocturnes ont une cellule réceptrice détectant les stimuli de CO₂ qui augmentent leur taux de ponte sous des concentrations élevées de CO₂ (Guerenstein et Hildebrand, 2008). La photopériode peut également induire une diapause précoce et une diminution des périodes d'action métabolique (Reineke et Thiery, 2016).

Le succès des programmes de conservation et de restauration peut être affecté par les populations d'insectes. Les insectes sont des ressources alimentaires importantes pour les vertébrés insectivores et un changement climatique peut modifier la répartition de leur population, augmenter les taux de croissance démographique, affecter le nombre de générations et renforcer le risque d'invasion par des ravageurs exotiques (Chuine, 2010). De plus, la probabilité d'établissement de ravageurs dans de nouveaux endroits et la gravité des impacts des ravageurs indigènes et introduits devraient augmenter. Le changement climatique peut modifier la dynamique de perturbation des insectes ravageurs et des agents pathogènes de la forêt indigène.

La lutte intégrée contre les ravageurs est utilisée comme une approche durable pour gérer les ravageurs en utilisant une combinaison de méthodes culturelles, biologiques, physiques et chimiques, en prenant soin de minimiser les risques économiques, sociaux, sanitaires et environnementaux. L'approche pluridisciplinaire met l'accent sur la protection, sous-tendant les procédures de régulation naturelles pour la gestion des ravageurs des cultures, médicaux/vétérinaires, forestiers et urbains afin de minimiser l'adaptation des insectes à des stratégies de contrôle spécifiques. L'intégration implique l'utilisation congruente de plusieurs méthodes de lutte contre des ravageurs uniques ou des complexes de ravageurs. Les procédures nécessitent une connaissance de l'organisme nuisible et de la plante affectée pour être utilisées dans le plan de lutte contre les ravageurs. La gestion comprend un ensemble de décisions constituant une stratégie ou un plan de lutte contre un organisme nuisible fondé sur des principes écologiques et des considérations économiques et sociales. La gestion des ravageurs nécessite l'évaluation des avantages pour les services écosystémiques et pour les espèces non ciblées qui peuvent être importantes pour la durabilité à long terme de l'écosystème.

La prise de décisions éclairées en matière de lutte antiparasitaire implique des évaluations de la population de l'organisme nuisible pour les éléments suivants :

- **niveaux de préjudice économique** : la plus petite population de ravageurs qui causera des dommages économiques - les coûts de traitement sont couverts par les gains de rendement et de qualité résultant de l'utilisation du traitement ;
- **seuil économique** : population d'un ravageur suffisamment importante pour déclencher une intervention de traitement afin d'empêcher la population d'atteindre le niveau de préjudice économique ; et
- **position d'équilibre général** : c'est la densité moyenne d'une population dans le temps. Il aide à suivre les pics et les accidents d'une population de ravageurs particulière.

Plusieurs méthodes culturales sont utilisées pour modifier les conditions de l'hôte et de l'habitat en conséquence, réduisant ainsi la probabilité d'épidémies de ravageurs. Ils comprennent l'utilisation de rotations, la culture sanitaire et d'autres systèmes agricoles qui réduisent les problèmes de ravageurs tenaces. La rotation des cultures aide à briser les cycles de vie des ravageurs, tout en améliorant la fertilité et l'état du sol. L'assainissement comprend l'enlèvement ou la destruction des débris et d'autres sources d'infestation de ravageurs. Une autre méthode culturale est celle de l'appariement espèce-site, où la plantation n'est effectuée que sur des sites appropriés pour une espèce particulière. Par exemple, évitez de planter dans des zones historiquement connues pour être infestées par des ravageurs économiquement nuisibles. Une évaluation régulière facilite l'identification précoce des problèmes potentiels de ravageurs.

Pour la protection à long terme des plantes, l'utilisation des contrôles biologiques, des modifications génétiques et de la résistance des plantes hôtes devient importante. La lutte biologique utilise des organismes bénéfiques (parasites, prédateurs, pathogènes) pour détruire les organismes nuisibles. Les exemples sont la coccinelle sur les pucerons et la guêpe parasite. Une autre façon de gérer les ravageurs consiste à sélectionner des variétés végétales résistantes aux espèces de ravageurs familiers (résistance de la plante hôte) et à choisir des matériels végétaux résistants (contrôle génétique). De plus, l'utilisation de cultures transgéniques, de phéromones, de contrôle biologique et de techniques d'application de précision peut réduire les niveaux de population d'insectes ciblés en dessous des seuils de dommages aux ressources et réduire le besoin d'insecticides. En foresterie, des agents de lutte biologique (par exemple *Beddingia siricidicola* et *Ibalia leucospoides*) ont été utilisés pour lutter contre les ravageurs *Sirex noctilio* (le sirex woodwasp) dans les plantations de *P. radiata* en Australie et ont mis en évidence la nécessité d'identifier des souches efficaces pour l'agent de lutte en utilisant l'amplification aléatoire d'ADN polymorphe (Collet et Elms, 2009). En Afrique, des foyers de *Cinara cupresii* sur des espèces de cyprès ont été contrôlés par un parasitoïde *Pauesia juniperorum* tandis que *Tetrableps raoi* Ghauri a été utilisé pour contrôler *Pineus boernerii* Annand.

D'autre part, les pesticides qui sont exceptionnellement toxiques pour les agents de lutte biologique peuvent induire des épidémies de ravageurs (Bartlett, 1964). Les ravageurs les plus dangereux apparaissent lorsque les pesticides détruisent les ennemis naturels sans causer de dommages importants à l'hôte et sans résidus persistants ou lorsque des applications répétées limitent l'activité successive des ennemis naturels.

4.7.8 Techniques de pépinière

L'adaptation au changement climatique peut également être obtenue par la manipulation des techniques de pépinière. Alors que l'industrie forestière continue de s'appuyer sur l'ensemble actuel d'espèces de plantation, la gestion du risque de sécheresse ou de la variabilité des précipitations continue de dépendre de la sélection des sites, des techniques sylvicoles et de la diversité génétique, qui peuvent soit protéger les plantes contre les effets climatiques, soit faciliter la résistance. Guarnaschelli et al. (2003) ont montré que le durcissement (sécheresse) des plantules dans la pépinière peut renforcer la résistance et améliorer la survie au champ des plants d'*Eucalyptus* nouvellement plantés. Dans d'autres

cas, l'enlèvement d'une partie de la tige et des feuilles a favorisé le durcissement à la sécheresse en réduisant l'évapotranspiration et en améliorant le rapport racine/pousse. Cependant, les effets négatifs potentiels concernent la modification de la forme et de la survie des arbres. La résistance au gel et au broutage peut être favorisée par le durcissement nutritionnel en pépinière pour les plantules d'*Eucalyptus globulus* et d'*E. nitens* du sud de l'Australie qui ont été plantés pendant la période sèche.

La germination des graines, la survie et la vigueur du développement des plantules peuvent être affectées par les régimes de température. Les antitranspirants peuvent être utilisés pour réduire l'évapotranspiration. Les gels rétenteurs d'eau (hydrogels) ont été largement utilisés dans certains domaines de plantation et programmes de reboisement pour prolonger la plantation à des périodes où les conditions sont moins favorables. Ceux-ci permettent la survie au champ des plantules installées juste avant le début de la saison des pluies.

Les plantules ou les boutures conteneurisées/en pot ont de meilleurs taux de survie que les plantules à racines ouvertes et à plat car ils peuvent survivre à de pluies sporadiques. Dans certains cas, l'application d'engrais contrôlée ou localisée a été utilisée pendant l'installation au lieu d'engrais à grande échelle.

4.7.9 Gestion des espèces envahissantes

Les espèces envahissantes peuvent être des arbustes, des mauvaises herbes, des animaux ou des micro-organismes menaçant les écosystèmes, les habitats et d'autres espèces après leur établissement, leur propagation et la colonisation des habitats. Bon nombre des espèces qui deviennent envahissantes ne sont pas indigènes et doivent être gérées. La propagation des espèces envahissantes a été attribuée à la mondialisation, au changement climatique et à la mobilité humaine. Le tourisme, les voyages et le transport transfrontalier facilitent le déplacement des espèces vers de nouveaux environnements, où nombre d'entre elles se sont établies et ont proliféré. Les espèces envahissantes menacent la biodiversité en diminuant la diversité des espèces, en causant des pertes économiques et peuvent affecter la santé humaine et les moyens de subsistance. Les espèces envahissantes peuvent propager des maladies ou libérer des allergènes dans l'air, affectant ainsi la santé humaine. L'espèce peut coloniser les pâturages ou compétitionner avec les cultures pour des ressources limitées, ce qui a un effet significatif sur les rendements. Les espèces envahissantes ont les effets suivants :

- **Économies** : tenter de contrôler les espèces envahissantes est très coûteux, ce qui s'ajoute aux pertes dues à la destruction des ressources et à la possible dévaluation des terres ;
- **Biodiversité** : la végétation indigène est envahie par des plantes/mauvaises herbes envahissantes qui réduisent la diversité des espèces végétales et animales ; la richesse des plantes indigènes peut en fait être réduite jusqu'à 90% ;
- **Santé** : les espèces envahissantes affectent la santé humaine et animale. Par exemple, le pollen allergène de certaines espèces, la sève toxique de la berce du Caucase provoquant des brûlures cutanées, et les épines du fruit d'*Opuntia* provoquant des abcès gastriques chez le bétail qui les consomme ;
- **Infrastructure** : les espèces envahissantes, en particulier les mauvaises herbes, peuvent endommager les bâtiments, les voies ferrées, les canaux de drainage et d'autres infrastructures ; celles-ci nécessitent un financement supplémentaire pour les gérer ; et
- **Eau et pêche** : les chaînes alimentaires des écosystèmes aquatiques et des pêcheries peuvent être altérées par les mauvaises herbes envahissantes qui poussent dans et à côté des plans d'eau. La jacinthe d'eau est une plante envahissante commune qui pousse dans le lac Victoria, au Kenya, le lac Chivero au Zimbabwe et le lac Tana en Éthiopie.

Des stratégies de gestion efficaces contre les espèces envahissantes doivent être élaborées et mises en œuvre en tenant compte de l'étape du processus d'invasion avant de prendre toute mesure, car chaque étape nécessite une stratégie différente (tableau 9).

Tableau 9. Les étapes des invasions biologiques et leurs stratégies potentielles de gestion

Stade (Lockwood et al., 2007)	La gestion (Liebhold et Tobin, 2008)
Arrivée	Analyser le risque ; Vérifier les normes internationales ; et Inspecter.
Installation	Détecter ; et Éradiquer
Propagation	Quarantaine ; et Créer une zone barrière.
Impact	Supprimer ; et Adapter.

Pour réussir la mise en œuvre de la gestion contre les espèces envahissantes, il faut aussi gérer les différences entre les perceptions des différents acteurs concernant le problème et sa réalité. Dans la plupart des cas, l'industrie est au courant des réglementations limitant le trafic d'espèces envahissantes, mais le public n'est pas au courant et devient donc non-coopérant.

4.7.10 Accroître la séquestration du carbone grâce à l'amélioration des systèmes de gestion forestière

Les actions de gestion forestière doivent être ajustées pour renforcer la résilience des forêts et des arbres aux impacts négatifs du changement climatique et construire et maintenir des paysages résilients. Les zones forestières peuvent être soit des puits soit des sources de carbone selon l'âge des arbres. Par exemple, 1 m³ de bois devrait stocker environ 0,92 tCO₂, en supposant une densité spécifique du bois de 0,5 g de matière sèche/cm³ et une teneur en carbone de 0,5 g C/g de matière sèche. L'accumulation de carbone dans la biomasse après boisement varie considérablement selon les espèces d'arbres et le site, et varie globalement entre 1 et 35 t CO₂/ha/an (Richards et Stokes, 2004). La sélection de stratégies d'atténuation dans le secteur forestier devrait réduire les émissions nettes de GES car le rôle potentiel des forêts dans la contribution aux réductions de GES par la séquestration du carbone est largement reconnu.

La réduction de la dégradation des forêts associée à des activités telles que la préparation du site, l'amélioration des arbres, la plantation d'arbres, la fertilisation, la gestion des peuplements inéquiennes ou d'autres opérations sylvicoles appropriées peut augmenter les stocks de carbone au niveau du peuplement. Les opérations de récolte peuvent se concentrer sur le maintien d'un couvert forestier partiel, la minimisation des pertes de matière organique morte ou de carbone organique du sol et le fait d'éviter le feu peut réduire les émissions des forêts. Le reboisement après une opération de récolte ou après une perturbation naturelle accélère la croissance des arbres et réduit les pertes de carbone par rapport à la régénération naturelle. Des activités telles que la conservation des forêts, la gestion des incendies, l'augmentation de l'âge de rotation et la protection des forêts contre les insectes augmentent la densité de carbone à l'échelle du paysage. L'augmentation des durées de rotation augmentera certains pools de carbone (par exemple dans le fût de l'arbre) tandis que la récolte de produits ligneux diminuera les pools (Kurz et al., 1998). Cependant, les impacts de la gestion forestière sur les stocks de carbone doivent être évalués au niveau du paysage afin que les variations des stocks de carbone à l'échelle du paysage soient déterminées avec précision.

Il est nécessaire d'augmenter la substitution de produits et de combustibles pour les produits à forte consommation de combustibles fossiles, avec de l'énergie dérivée de la biomasse forestière. Cela se traduit par une réduction des émissions grâce à l'utilisation de produits du bois au lieu de matériaux de construction à plus forte intensité de combustibles fossiles tels que l'acier, le béton, l'aluminium et les plastiques (Petersen et Solberg, 2002).

D'autres options disponibles en foresterie comprennent l'agroforesterie et la foresterie urbaine pour augmenter la densité de carbone dans les terres agricoles et les habitations, respectivement. Les émissions de GES peuvent également être réduites en réduisant l'utilisation de combustibles fossiles dans toutes les activités forestières, par exemple les opérations de pépinière, opérations d'entretien, transport et activités industrielles.

4.7.10.1 Contrôle de la déforestation

La déforestation est le changement à long terme ou permanent de la forêt vers d'autres utilisations des terres, telles que l'agriculture, les pâturages, les réservoirs d'eau, les infrastructures ou les villes, principalement accompagné de réductions instantanées du stock de carbone forestier qui sont liées à la conversion des terres. La déforestation peut avoir de graves conséquences socio-économiques telles que menacer les moyens de subsistance, les valeurs et la survie des communautés dépendantes des forêts, affaiblir les économies locales et nationales, déclencher des conflits sociaux autour des ressources naturelles, augmenter l'impact des catastrophes naturelles et provoquer des migrations (FAO, 2022).

Les facteurs de la déforestation peuvent être directs ou indirects. Les principaux facteurs mondiaux directs de la déforestation sont :

- l'agriculture commerciale pour l'alimentation, les matières premières, les fibres et les biocarburants (par exemple, l'huile de palme, le soja, le bœuf, le maïs, le riz, le coton et la canne à sucre) ;
- l'expansion des infrastructures ;
- l'agriculture locale ou de subsistance ;
- l'expansion urbaine ; et
- l'exploitation minière.

Les facteurs sous-jacents/indirects de la déforestation comprennent des interactions complexes de facteurs économiques, sociaux, politico-institutionnels, culturels et technologiques affectant les facteurs directs. Les facteurs indirects agissent à plusieurs échelles et aux niveaux suivants :

- Au niveau local, comme la pauvreté, les droits flous et asymétriques, les modifications des activités des ménages, le manque de terre, le changement technologique dans l'agriculture et l'insuffisance des investissements dans la GDF ;
- Au niveau mondial, les prix des matières premières, les forces du marché et les accords internationaux ou leur application ; et
- Au niveau national, la croissance de la population ou de la migration, les marchés intérieurs, les politiques peu fiables, la mauvaise gouvernance et des institutions faibles, les politiques intersectorielles contradictoires, les défaillances du marché, les activités illégales, l'absence d'application de la loi, les intérêts divergents, les conflits civils, les relations de pouvoir inégales et la centralisation de services.

La dégradation des forêts est la réduction de la biomasse forestière par des pratiques de récolte ou d'utilisation des terres non durables. L'exploitation forestière sélective, le feu, la collecte de bois de chauffage et d'autres perturbations anthropiques provoquent la dégradation des forêts, ce qui peut également entraîner des réductions importantes des stocks de carbone forestier.

La réduction de la déforestation et de la dégradation des forêts sont des options d'atténuation importantes ayant le plus grand impact à court terme sur les stocks de carbone. La protection des forêts contre toutes les formes d'exploitation maintient et/ou augmente les stocks de carbone forestier, bien qu'elle réduise également l'approvisionnement en bois et autres biens sociétaux. La déforestation peut être réduite par le renforcement et l'expansion des aires protégées, l'adoption de l'agroforesterie, le boisement et le reboisement et la gestion durable des plantations forestières existantes pour répondre à la demande de bois et réduire la pression sur les forêts naturelles. L'identification et l'analyse des facteurs constituent la première étape pour lutter contre la déforestation. Les analyses nécessitent les éléments suivants :

- L'identification des points chauds de la déforestation et de leur étendue ; la télédétection peut être utilisée si elle est complétée par des données historiques, des connaissances locales, des rapports et des statistiques pertinents et une évaluation des menaces futures potentielles pour aider à anticiper et à minimiser les risques ;
- L'analyse des facteurs spécifiques sur la base des données des systèmes de suivi existants, des connaissances locales et d'autres sources d'informations disponibles ;
- L'évaluation de l'impact des facteurs à toutes les échelles (par exemple, échelles locales, nationales et/ou mondiales) et allant au-delà du secteur forestier et en gardant à l'esprit les liens des facteurs avec les activités d'utilisation des terres ;
- L'analyse des facteurs sous-jacents, en particulier ceux au niveau international ; cela peut nécessiter l'utilisation d'indicateurs économiques et sociaux, d'analyses statistiques et de modèles ; elle devrait inclure la cartographie des principaux acteurs associés aux facteurs spécifiques de la déforestation et aux facteurs de la restauration forestière ; et
- La collecte des informations qualitatives auprès de toutes les parties prenantes pour comprendre la dynamique des facteurs, en particulier ceux qui vivent ou travaillent dans les zones sensibles de déforestation. Les informations peuvent être recueillies à l'aide d'outils participatifs.

4..7.10.2 Boisement et reboisement

Le boisement affecte le bilan net des GES au niveau du paysage, en particulier s'il implique un changement d'affectation des terres. Les activités de boisement/reboisement réduisent les émissions par les sources et/ou augmentent les absorptions par les puits dans le secteur forestier grâce au maintien ou à l'augmentation de la superficie forestière tout en diminuant la déforestation et la dégradation. Le boisement/reboisement représente la conversion induite directement par l'homme de zones non forestières en terres forestières par la plantation, le semis et/ou la promotion induite par l'homme de sources de semences naturelles.

Le reboisement contribue généralement à l'augmentation de la biomasse, à l'ajout aux pools de carbone de la matière organique morte et à de petites et lentes augmentations des pools de carbone du sol. La biomasse forestière de carbone dans les arbres est transférée dans les produits du bois après la récolte et est stockée pendant des années, voire des décennies. Le stockage du carbone dans les produits du bois varie de quelques jours (biocarburants) à plusieurs siècles (par exemple, les fermes de toit et les meubles).

4. 7.10.3 Développement et maintien de banques de semences

Afin d'atteindre les objectifs de gestion liés à la conservation de la diversité biologique des forêts et des systèmes agricoles, les sources de semences souterraines et aériennes (c'est-à-dire les banques de semences ou les arbres) doivent être maintenues. Les banques de semences agissent comme des entrepôts de matériel génétique qui sont normalement adaptés aux conditions climatiques prédominantes et aux stress biotiques, tels que les ravageurs des cultures. La mise en place des banques de semences s'est d'abord concentrée sur la conservation des stocks de semences de semences agricoles ou horticoles. La préférence a été donnée aux souches actuelles, obsolètes ou primitives qui ont été maintenues en tant que pools de gènes pour une future sélection. La capacité humaine à s'adapter au changement climatique peut être renforcée par la gestion des ressources phytogénétiques grâce à l'utilisation de multiples sources de matériel génétique, facilitant l'accès à des cultures et variétés diverses et adaptées localement. En outre, la sélection des semences et leur traitement, stockage, multiplication et distribution peuvent être améliorés en utilisant les connaissances et compétences locales.

L'adaptation au changement climatique peut être améliorée en exploitant la diversité génétique inter et intra-spécifiques pour leur résistance aux stress biotiques et abiotiques résultant des conditions climatiques

changeantes. En Afrique, les banques de semences communautaires ont été utilisées dans le cadre de stratégies d'ACC communautaires pour améliorer la résilience des agriculteurs grâce à la disponibilité de diverses variétés de semences adaptées localement et des connaissances et compétences indigènes (Vernooy et al., 2017). Une banque de semences communautaire est une institution essentiellement informelle, gouvernée et gérée localement, dont la fonction essentielle est de conserver des semences à usage local (Fonds de développement, 2011). Les banques de semences communautaires sont des dépositaires de la diversité génétique locale qui est souvent adaptée aux conditions climatiques et aux stress biotiques dominants. Certaines banques de semences communautaires se concentrent strictement sur la conservation de la biodiversité agricole ainsi que sur la relance des variétés locales perdues et donnent la priorité à la conservation, à l'accès et à la disponibilité de divers types de semences et de matériel de plantation pouvant être cultivés dans divers domaines agro-écologiques.

Jarvis et al. (2015) ont montré que les ressources génétiques étaient importantes car elles facilitent la diversification des espèces et des variétés, permettent la revalorisation des plantes négligées et sous-utilisées, des collections larges et intensifiées, la caractérisation et l'utilisation des espèces sauvages apparentées, améliorent la sélection végétale ciblée et créent de meilleurs liens entre les actions de conservation *in-situ* et *ex-situ*. Les pratiques de diversification des cultures comprennent l'utilisation de la diversité variétale dans les monocultures, le mélange de cultures avec de la végétation non cultivée, les rotations de cultures, les polycultures (y compris les variétés sauvages), l'agroforesterie et les paysages mixtes. Ces stratégies facilitent la réduction des insectes ravageurs et des agents pathogènes, augmentent la production, la stabilité et atténuent le stress climatique. Ces activités peuvent également réduire la vulnérabilité future des plantes aux ravageurs et aux maladies causées par les conditions climatiques changeantes (Jarvis et al., 2011). Pour assurer la continuité des ressources phylogénétiques dans un climat changeant, plusieurs activités doivent être menées et ceux-ci incluent :

- l'appui à la conservation des cultures à la ferme ;
- la préservation des semences de plantes qui survivent dans des conditions climatiques extrêmes; et
- le soutien politique pour plusieurs types de conservation *in situ* et à la ferme.

Les initiatives communautaires de conservation des semences portent des noms différents selon l'endroit où vous vous trouvez et comprennent : banque de gènes communautaire, groupe de sauvegarde des semences, centre de richesse des semences, maison de semences des agriculteurs, hutte, association ou réseau de semences, réserve de semences communautaire, banque de semences et banque de semences communautaire. Les pratiques d'adaptation au changement climatique des banques de semences communautaires ont été mises en œuvre au Bangladesh, au Bhoutan, en Bolivie, au Brésil, au Honduras, en Inde, au Mali (deux études de cas), au Mexique, au Népal, en Afrique du Sud, en Ouganda, aux États-Unis et au Zimbabwe. Les banques de semences ont amélioré l'accès et la disponibilité de diverses cultures et variétés adaptées localement et ont amélioré les connaissances et les compétences autochtones connexes en matière de gestion des plantes, y compris la sélection, le traitement, le stockage, la multiplication et la distribution des semences (Vernooy et al., 2017).

Les jardins botaniques ont souvent facilité les dépôts de matériel végétal dans les banques de semences pour éviter les problèmes associés à l'érosion génétique ou aux modifications sélectives de la constitution génétique qui se produisent lorsque les plantes sont cultivées dans des environnements synthétiques (Thompson, 1974). Ceci est réalisé par la congélation des boutures de la plante, le stockage *in vitro* ou le stockage de graines (par exemple dans une banque de graines). Pour les animaux, la congélation du sperme et des ovules se fait dans des congélateurs zoologiques jusqu'au moment voulu. Le maintien du matériel génétique comprend le maintien de la viabilité des semences et de la quantité de semences dans la

banque de gènes. L'objectif principal est d'améliorer les méthodes de stockage et de maintenir la viabilité des stocks génétiques conservés qui sont menacés ou en voie d'extinction. Certaines des organisations participant à la conservation des gènes sont Royal Botanic Gardens, Kew, International Crops Research Institute for Semi-Arid Tropics, Japanese National Seed Storage Laboratory, Gene-banks in Western Europe and Turkey et US National Seed Storage Laboratory. Le Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale (CGIAR) possède la collection la plus large de diversité génétique accessible dans le cadre du Système multilatéral du Traité international sur les ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture. Le CGIAR dispose de 11 banques de gènes (5 en Afrique) conservant 768 576 accessions de céréales, de fourrages, de légumineuses à graines, d'espèces d'arbres, de racines et tubercules et de bananes. Plusieurs d'entre eux sont des accessions de parents sauvages de plantes cultivées.

4.7.10.4 Foresterie d'espèces mixtes

Les forêts d'espèces mixtes sont une option importante pour adapter les forêts à des instabilités futures inconnues telles que celles dues au changement climatique. Une adaptation réussie dépend des caractéristiques des espèces dans le mélange par rapport aux perturbations spécifiques. Les forêts mixtes réduisent les impacts des perturbations abiotiques et des dommages à l'écosystème par rapport aux monocultures d'espèces sensibles ou moins résistantes. Mélanger des espèces plus résistantes ou résilientes avec des espèces moins sensibles et moins résilientes réduit la vulnérabilité de l'écosystème forestier. Cependant, les perturbations telles que les incendies, les tempêtes ou la sécheresse peuvent ne pas discriminer les espèces individuelles.

L'impact des insectes herbivores sur les espèces d'arbres sensibles individuelles est réduit dans les plantations forestières mixtes ou les forêts où la communauté est dominée par des herbivores spécialisés. La diversité des arbres réduit également l'impact des agents pathogènes spécialisés sur les espèces d'arbres hôtes. Dans la plupart des cas, le mélange d'espèces d'arbres réduit l'impact des agents perturbateurs en raison de leurs différences de sensibilité à des perturbations spécifiques et constitue une assurance contre une perte ou un dommage total. De plus, le mélange d'espèces d'arbres réduit la différence temporelle de croissance et stabilise la productivité. MacPherson et al. (2017) ont étudié les effets des insectes ravageurs et des agents pathogènes dans les peuplements mixtes et ont constaté que la diversification de la composition des espèces réduisait les pertes économiques résultant des maladies, bien que les gains économiques des espèces résistantes soient faibles.

4.8 Gouvernance forestière

La gouvernance repose sur la promotion effective 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 renforcement des capacités ont été soulignés comme un besoin prioritaire dans les pays en développement (Kumamoto et Mills, 2012). Par exemple, dans l'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 de nouvelles mesures gouvernementales ont réduit l'impact d'une sécheresse majeure sur l'économie australienne (Mallawaarachchi et Foster, 2009). L'efficacité de ces approches dépend à la fois de l'engagement du gouvernement et du renforcement des capacités des personnes concernées.



Activité 4.5 Remue-méninges (5 minutes)

Quel est le rôle des chefs traditionnels dans la gouvernance des forêts et autres ressources naturelles ?

La gouvernance forestière représente le *modus operandi* par lequel les administrateurs et les institutions obtiennent et exercent l'autorité de gestion des ressources forestières. Les formes de gouvernance diffèrent d'un pays à l'autre, mais impliquent l'interaction entre les acteurs privés et publics normalement connectés à travers divers réseaux pour créer des opportunités de résolution de problèmes sociétaux. La gouvernance englobe la conception et l'utilisation de principes qui guident les interactions tout en prenant soin des institutions habilitantes (Kooiman et Bavinck, 2005). Les acteurs, les règles et les pratiques sont les principales composantes de la gouvernance. Le processus d'élaboration des politiques, les stratégies globales de gouvernance, la coordination institutionnelle et les mécanismes peuvent déterminer la façon dont les gens s'adaptent au changement climatique. La bonne gouvernance est importante dans la gestion des forêts et de l'environnement, en particulier dans le cadre de la CDB, de la CNUCLD et de la CCNUCC. Le UNDP (1999) a identifié cinq principes de bonne gouvernance :

- La participation et l'orientation consensuelle sont la base de la légitimité et de la voix ;
- Avoir une direction basée sur une vision stratégique ;
- Des performances basées sur la réactivité ;
- L'efficacité, l'efficacé, la responsabilité et la transparence ; et
- L'équité et la primauté du droit sont à la base de la justice.

Pour respecter ces principes, cinq facteurs doivent être pris en compte :

- La responsabilité, la transparence et la participation du public ;
- La stabilité des institutions forestières et la gestion des conflits ;
- La qualité de l'administration forestière ;
- La cohérence de la législation forestière et de l'Etat de droit ; et
- L'équité, l'efficacité économique et les incitations.

Ceux-ci doivent se conformer à d'autres principes liés aux exigences mondiales, aux forces du marché, à la décentralisation, aux instruments motivés par l'individu et à la gouvernance à grande échelle afin de permettre aux modes de gouvernance hybrides émergents de fonctionner à travers la division Marché-communauté. Trois mécanismes principaux sont utilisés : public-PPP, privé-social et cogestion.

Le PPP est une collaboration entre les agences étatiques et les acteurs du marché. Les acteurs du marché peuvent prendre la forme de systèmes de paiements pour les services écosystémiques (PSE) qui paient directement ou qui paient après la prestation des services. Le PSE présente des avantages à la fois pour les acheteurs (c'est-à-dire les acteurs du marché) et les vendeurs (c'est-à-dire les communautés) tout en améliorant la base de ressources, en particulier dans les zones marginales ayant des coûts d'opportunité modérés pour la conservation. Cependant, le PSE inclut la réduction de la pauvreté comme un objectif

clé mais pas comme l'objectif principal. Wunder (2005) a classé les individus ou les entreprises et les partenariats selon les formes suivantes : gestion commerciale de la propriété de l'État, contrats de services, partage des risques et coproduction entre l'État et les acteurs du marché. Dans le secteur forestier, des activités telles que l'exploitation forestière et les contrats de concession doivent satisfaire des objectifs liés à des facteurs économiques, techniques, sociaux et environnementaux (Skelcher, 2005).

Le partenariat privé-social est une collaboration entre le public et les acteurs du marché où les communautés fournissent des biens et services forestiers aux acteurs du marché. Cette forme de partenariat comprend également des arrangements tels que les PSE axés sur des activités basées sur les questions de séquestration et de stockage du carbone, la protection de la biodiversité, la protection des bassins versants et l'écotourisme (Wunder, 2005).

La cogestion est une forme de collaboration de la gestion des ressources naturelles entre les agences de l'État et les communautés par le biais d'accords de partage du pouvoir par lesquels les communautés fonctionnent soit en tant que cogestionnaire, soit en tant que gestionnaire désigné avec des avantages et des responsabilités clairs (Luukkanen et al., 2006). Les accords de cogestion sont attrayants pour les gouvernements car ils créent des opportunités de participation des populations locales à la gouvernance des ressources et au partage équitable des bénéfices tout en conservant un certain niveau de contrôle de l'État. La cogestion peut cependant imposer une charge supplémentaire aux acteurs au niveau communautaire sans avantages correspondants (Cronkleton et al., 2012). La cogestion peut être mise en œuvre en tant que gestion communautaire des forêts (CBFM), gestion forestière conjointe ou foresterie communautaire et peut inclure la réhabilitation des terres dégradées, le boisement/reboisement ou la conservation des ressources forestières. Cependant, le succès de la cogestion dépend de la manière dont les institutions, les cadres réglementaires forestiers et les agences s'adaptent pour permettre une plus grande liberté au niveau communautaire pour l'élaboration des plans de gestion forestière (Cronkleton et al., 2012).



Activité 4.6 Révision (15 Minutes)

Expliquer les options de gestion qui peuvent être utilisées pour améliorer la résilience des composantes de l'écosystème forestier.



Résumé

Au cours de cette session, nous avons appris que la résilience des forêts peut être liée à l'approche de la résilience du développement durable où les capacités sont renforcées pour faire face aux événements inattendus et les peuples interagissent avec la biosphère (sphère de l'air, de l'eau et de la terre) comme l'une de ses composantes plutôt que comme un facteur externe de la dynamique des écosystèmes. Si un système est plus vulnérable, sa résilience diminue à mesure que 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 création/l'expansion et la gestion adaptative des parcs/réserves, des aires protégées et des corridors de biodiversité, la gestion des incendies, les manipulations sylvicoles, la lutte contre les ravageurs, la gouvernance, les techniques de pépinière et le contrôle des espèces envahissantes. Les espèces envahissantes menacent la biodiversité en diminuant la diversité des espèces, en causant des pertes économiques et en affectant la santé humaine et 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 et construire et maintenir des paysages résilients. Les banques de semences agissent comme des entrepôts de matériel génétique qui sont normalement adaptés aux conditions climatiques prédominantes et aux stress biotiques, tels que les ravageurs des cultures. L'adaptation au changement climatique peut être améliorée en exploitant la diversité génétique inter et intra-spécifique pour leur résistance aux stress biotiques et abiotiques résultant des conditions climatiques changeantes. Les forêts mixtes sont des options importantes pour adapter les forêts à des instabilités futures inconnues telles que celles dues au changement climatique. Par-dessus tout, la bonne gouvernance est importante pour atteindre les objectifs de gestion forestière et environnementale. Nous avons conclu la session avec quelques points saillants de sept principes de bonne gouvernance et de trois mécanismes qui peuvent être appliqués.

Chapitre 5 : Stratégies/Mesures D'adaptation Basées Sur Les Forêts

5.1 Aperçu du chapitre

Les forêts fournissent des services importants à toutes les échelles, du local au mondial, réduisant la vulnérabilité de la société au changement climatique. L'évaluation des écosystèmes pour le millénaire (2005) a défini les services écosystémiques forestiers comme les avantages tirés par les populations de la forêt. Dans cette session, les apprenants sont initiés au rôle des forêts et ressources en arbres dans l'Adaptation au Changement Climatique (ACC) et au sens de l'adaptation technologique avant de décrire les options technologiques basées sur la forêt. En outre, nous discutons des grandes catégories de soutien que les forêts et ressources en arbres proposent aux systèmes sociaux pour répondre au changement et à la variabilité climatiques ainsi qu'aux défis associés.



Résultats d'apprentissage

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

- i. Décrire le rôle des forêts dans l'ACC ;
- ii. Identifier les initiatives forestières appropriées qui pourraient aider les forêts et les populations à s'adapter au changement climatique ; et
- iii. Développer des interventions d'ACC basées sur les forêts.



Activité 5.1 Remue-méninges (15 minutes)

Partagez vos points de vue sur le rôle des forêts dans l'adaptation au changement climatique et à la variabilité climatique.

5.2 Rôle des forêts dans l'adaptation des systèmes sociaux au changement climatique

Il existe quatre types de services qui contribuent directement au bien-être humain : **les services de régulation**, comme 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 carburant ; **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 10). Les forêts aident les systèmes sociaux à s'adapter au changement climatique. Lorsque les forêts sont dégradées, les flux de services écosystémiques forestiers deviennent précaires, rendant les communautés et les secteurs plus vulnérables au changement climatique et peuvent également entraîner des coûts d'adaptation plus élevés (Locatelli et al., 2008).

Tableau 10. Exemples de services écosystémiques forestiers et d'adaptation des populations et des secteurs au changement climatique

Région	Problème	Mesure adaptative
Afrique Centrale	Moyens de subsistance locaux affectés par les événements climatiques.	Les produits forestiers moins sensibles que l'agriculture ont été utilisés comme filets de sécurité ; <ul style="list-style-type: none"> • Amélioration de la gestion forestière.
Amérique Centrale	» Augmentation de l'intensité des précipitations et de l'érosion des sols ; et » 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 ; et Gestion améliorée des mangroves.

Source: Locatelli et al. (2008)

Le couvert forestier facilite la résilience des services écosystémiques hydrologiques (par exemple conservation des flux de base) et augmente l'infiltration de l'eau de pluie, réduit le ruissellement des surfaces et contrôle la perte de sol, réduisant ainsi les impacts négatifs des eaux d'inondations. Les forêts peuvent également être des sources de recharge naturelle de l'eau remplaçant les débits des cours d'eau qui peuvent être menacés par la sécheresse. Le rôle des forêts et ressources en arbres dans l'ACC peut être considéré soit comme une adaptation technologique, soit comme une adaptation socio-économique. Les sous-sections suivantes présentent les points saillants de ces catégories, mais avant de discuter des options, nous définirons et discuterons de la signification de l'adaptation technologique.

5.2.1 Adaptation technologique

La CCNUCC (2010) a défini l'adaptation technologique comme l'application de la technologie pour réduire la vulnérabilité ou augmenter la résilience des systèmes naturels ou humains aux impacts du changement climatique. Les voies du développement technologique dans les pays développés diffèrent grandement de celles du monde en développement. Les différences sont principalement causées par la

disponibilité de facteurs critiques qui favorisent le progrès technologique tels que la disponibilité du capital local, de la main-d'œuvre, de l'éducation, de la capacité technologique, de l'infrastructure industrielle, de la réceptivité des compétences en gestion, de la politique industrielle gouvernementale et de l'esprit d'entreprise. L'adaptation technologique améliore sa capacité suivant trois étapes de développement :

l'acquisition et mise en œuvre → assimilation → amélioration.

L'adaptation technologique basée sur la forêt comprend l'agroforesterie, la foresterie urbaine, l'utilisation des énergies renouvelables, les relations plantes-eau, la conservation des sols et de l'eau et l'intensification des systèmes de production. L'adaptation sociale et économique comprend : des moyens de subsistance durables et diversifiés, des systèmes sociaux, des systèmes sexospécifiques et des mécanismes endogènes d'adaptation. Ceux-ci seront discutés dans les chapitres suivants.



Activité 5.2 Remue-méninges (10 minutes)

1. Qu'est-ce que l'agroforesterie ? et
2. Quel est le rôle de l'agroforesterie dans l'ACC ?

5.2.1.1 Systèmes agroforestiers

L'agroforesterie comprend une combinaison d'arbres/arbustes avec des cultures et/ou du bétail, et est de plus en plus reconnue comme une approche efficace pour minimiser les risques de production dans le cadre de la variabilité et du changement climatiques. Les arbres plantés dans les zones de culture peuvent maintenir la production sous un climat variable et également abriter les cultures contre les événements climatiques extrêmes. Les racines profondes des arbres explorent les sols plus profonds à la recherche d'eau et de nutriments qui peuvent être bénéfiques pour les cultures pendant les périodes de sécheresse. La litière d'arbres augmente la porosité du sol, réduit le ruissellement, augmente l'infiltration et la rétention d'eau et réduit le stress hydrique pendant les épisodes de sécheresse (Rao et al., 1998). D'autre part, l'excès d'eau est pompé hors du sol plus rapidement dans les parcelles agroforestières en raison de leurs taux d'évapotranspiration plus élevés.

Le maïs cultivé en agroforesterie en Zambie (300 000 ha) et par un demi-million d'exploitations au Malawi ont montré des rendements accrus allant jusqu'à 400%. Les arbres et arbustes légumineux (principalement *Faidherbia albida*, *Sesbania sesban* et *Gliricidia sepium*) apportent entre 100 et 250 kg d'azote par ha au sol en deux à trois ans. La culture du maïs avec des arbres et arbustes légumineux génère des revenus 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. De plus, l'agroforesterie fournit du bois de feu et du fourrage, améliore l'infiltration de l'eau et séquestre le carbone (FAO, 2016b).

L'agroforesterie est l'un des systèmes de gestion intensive de l'utilisation des terres combinant des arbres et/ou des arbustes avec des cultures et/ou du bétail. Les produits de l'agroforesterie aident les petits exploitants agricoles à obtenir de multiples produits, marchés et revenus agricoles tout en améliorant la qualité du sol et de l'eau (Lin, 2010a). En outre, l'érosion des sols est réduite, la pollution diffuse est réduite et les dommages causés par les inondations sont minimisés. À cet égard, des biens, des services et des revenus sont obtenus, y compris l'amélioration des conditions climatiques locales et la réduction des impacts anthropiques sur les forêts naturelles. L'intégration des pratiques agroforestières dans le système agricole peut améliorer les habitats aquatiques et terrestres, en renforçant la biodiversité tout en préservant la base de ressources terrestres (FAO, 2016a ; Luke et al., 2019). L'agroforesterie peut être gérée de manière à fournir stratégiquement plus de résilience aux événements météorologiques extrêmes (par exemple, la sécheresse les inondations, etc.) en facilitant des réponses flexibles aux chan-

gements rapides des conditions écologiques (Lin, 2011).

Les systèmes agroforestiers sont définis comme des systèmes multifonctionnels qui peuvent fournir un large éventail d'avantages économiques, socioculturels et environnementaux. Il existe trois grands types de systèmes agroforestiers :

- **les systèmes agrosylvicoles** : ce sont une combinaison de cultures et d'arbres, par exemple la culture en couloirs, la jachère améliorée, les brise-vent ou les jardins de case ;
- **les systèmes sylvopastoraux** : ils combinent la foresterie et le pâturage des animaux domestiques sur les pâturages, les parcours ou à la ferme ; et
- **les systèmes agrosylvopastoraux** où les trois éléments, à savoir les arbres, les animaux et les cultures peuvent être intégrés puis représentés par des pratiques telles que les jardins de case ainsi que des arbres dispersés sur les terres cultivées lesquelles sont utilisées pour le pâturage après les récoltes.

Les systèmes agroforestiers peuvent être classés en fonction de la structure des composants, des fonctions des composants, de l'adaptation agronomique et des apports technologiques au système (Figure 14). Les systèmes et pratiques comprennent une variété d'options de gestion des terres telles que la diversification des cultures, les jardins potagers, les systèmes de longue rotation pour la conservation des sols, les plantations de bordure, la culture intercalaire de haies, les cultures pérennes, les haies vives, les tampons riverains, l'agriculture forestière, le taungya, les jachères améliorées ou l'agroforesterie en strates mixtes (Akinnifesi et al., 2010 ; Sjöberg et Jativa, 2019).

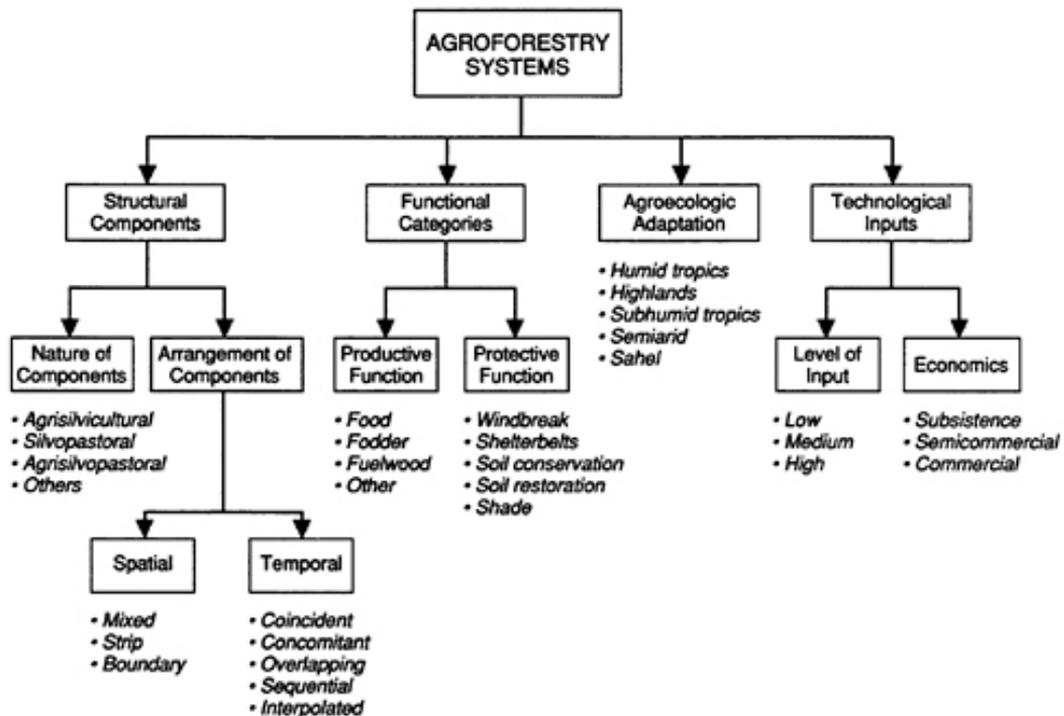


Figure 14. Classification des systèmes agroforestiers (Source : nzdl.org)

Pour qu'un système soit qualifié d'agroforesterie, il doit satisfaire à la règle des 4 « I » : intentionnel, intégré, intensif et interactif (Encadré 5.1).

Encadré 5.1 : Les 4 « I » de l'agroforesterie (Gold et al., 2013)

Intentionnelle : l'agroforesterie n'est ni un mélange de monocultures, ni de monocultures, 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 avantages, au lieu d'éléments individuels gérés séparément.

Intégrée : les composantes de l'agroforesterie sont fonctionnellement et structurellement mélangées en une seule unité de gestion intégrée conçue pour répondre aux objectifs de l'agriculteur. L'intégration peut être horizontale ou verticale, aérienne ou souterraine, simultanée ou séquentielle. L'intégration de plusieurs cultures aide à stabiliser la production économique avec la conservation des ressources et exploite la capacité productive de la terre.

Interactive : l'agroforesterie contrôle et exploite de manière dynamique les interactions entre les composants pour fournir de multiples produits, tout en offrant d'autres valeurs écologiques et de conservation.

Intensive : Les pratiques agroforestières gérées de manière intensive maintiennent leurs fonctions de production et de protection et impliquent généralement des actions culturelles telles que la culture, l'irrigation, la fertilisation, l'élagage et l'éclaircissage.

Les contraintes climatiques et météorologiques ont un impact sur tous les secteurs, y compris les communautés de petits exploitants agricoles. Il est donc important de sélectionner 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'ACC bien qu'ils contribuent également aux efforts mondiaux de réduction des concentrations atmosphériques de GES. Compte tenu de ces avantages, l'agroforesterie est progressivement considérée comme l'une des options d'utilisation durable des terres pour améliorer 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 par le biais de l'agroforesterie a le potentiel d'accroître la résilience des petits exploitants agricoles face aux risques liés au changement climatique (Kerr, 2012 ; Schoeneberger et al., 2012). De plus, les ressources en sols et le stockage de l'eau sont affectés par un climat changeant, couplé à des interactions complexes des vents, de la chaleur locale et des rétroactions hydrologiques, ajoutant plus de stress sur le système agricole. Lorsque la disponibilité de l'eau est limitée, l'agriculture entre en concurrence avec d'autres utilisations de l'eau, ce qui aggrave le stress (Boko et al., 2007). Les pratiques agroforestières qui ont été adoptées à l'échelle mondiale sont détaillées comme suit :

Jachères améliorées : La baisse de la fertilité des sols et les coûts élevés des engrais inorganiques contribuent à une faible production alimentaire en Afrique subsaharienne, malgré la disponibilité de variétés de cultures améliorées. La jachère améliorée est une pratique agroforestière où des espèces d'arbustes/d'arbres de légumineuses sont plantées séquentiellement avec des cultures. Les arbres/arbustes poussent pendant la phase de jachère qui peut varier de six mois à trois ans ou plus. Des jachères plus longues sont meilleures pour l'amélioration du sol que des jachères plus courtes (Amadalo et al., 2003). Une jachère améliorée de courte durée peut avoir un effet résiduel d'une à deux saisons, tandis qu'une période de 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 20000 agriculteurs en Afrique Australe et Orientale ont adopté des jachères améliorées en utilisant des espèces telles que *Sesbania sesban*, *Crotalaria grahamiana*, *Cajanus cajan*, *Tephrosia candida*, *Mucuna pruriens*, *Calopogonium mucunoides* et *Tephrosia vogelii* suivant des jachères de deux ans et des rotations de maïs. Party et al. (2017) ont montré

que l'efficacité de l'utilisation des éléments nutritifs et la fertilité du sol s'amélioreraient après l'adoption de jachères améliorées, entraînant une augmentation des rendements de maïs jusqu'à environ $6 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$, ce qui était aussi bon que les rendements de maïs conventionnels sous engrais inorganiques dans les mêmes zones. De plus, les rendements multiples des jachères améliorées peuvent également augmenter la disponibilité du 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 mortes ou en cas de mauvaises récoltes. À cet égard, 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 ; Mbow et al., 2014).

Culture en couloirs : il s'agit d'une pratique spécifique dans laquelle 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 des cultures agricoles. La culture en couloirs peut également contribuer au cycle des éléments nutritifs 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 potentiellement fournir des fruits et du bois à long terme. Les systèmes de culture en couloirs modifient le microclimat de la culture en réduisant les températures extrêmes et la vitesse du vent, en augmentant l'humidité autour de la surface de la plante et, ce faisant, ils réduisent la perte d'eau. Les cultures protégées par des haies à croissance rapide ont augmenté les taux de photosynthèse et l'efficacité d'utilisation de l'eau (AGFOWARD, 2017). Les arbres/arbustes plantés en haies abritent les cultures et les sols des phénomènes météorologiques extrêmes. La diversification augmente la productivité de la terre et protège l'agriculteur en cas de mauvaise récolte totale (Schoeneberger et al., 2012 ; FAO, 2016b). La figure 15 donne une illustration de certaines des pratiques agroforestières.



Figure 15. Pratiques agroforestières (A) Culture en couloirs, (B) Brise-vent, (C) Tampon riverain, (D) Sylvopâturage, (E) Agriculture forestière (Source : Bentrup et MacFarland, 2020).

Zones tampons riveraines et forestières des hautes terres : les bandes tampons riveraines sont des bandes linéaires de végétation stable voisines d'écosystèmes aquatiques cultivés intentionnellement pour préserver ou améliorer la qualité de l'eau, réduire le ruissellement des sédiments et des polluants provenant à la fois de l'écoulement terrestre et souterrain peu profond et elles contribuent à réduire la vulnérabilité aux inondations (Adaptation climatique, 2015). On s'attend donc à ce qu'ils agissent comme des corridors de dispersion pour les changements de répartition des espèces induits par le climat et à fournir des refuges microclimatiques contre le réchauffement (Krosby et al., 2018). Les bandes tampons fournissent également un habitat aux espèces aquatiques et peuvent aider à augmenter la recharge des eaux souterraines. Les zones tampons végétalisées et non fertilisées le long des cours d'eau améliorent les conditions microclimatiques et sont des boucliers contre le ruissellement des terres agricoles. Une conception générale de tampon riverain à usages multiples consiste en une bande d'herbe, d'arbustes et

d'arbres entre le niveau d'eau normal à pleine berge et les terres cultivées. Les zones riveraines arborées fournissent également de l'ombre directe au plan d'eau, réduisant l'afflux de rayonnement solaire sur celui-ci et évitant ainsi l'augmentation correspondante de la température de l'eau (Climate ADAPT, 2015).

Le succès des bandes tampons végétalisées dépend fortement des caractéristiques telles que la largeur de la zone tampon, la pente des champs adjacents, le type et la variété du sol puis la densité de la végétation. Les avantages vont bien au-delà du contrôle de la pollution, y compris l'augmentation de la biodiversité et de la valeur esthétique, l'augmentation de la jouissance de l'environnement par les gens et la création d'espaces de loisirs verts. En tant que mesure ACC, les principaux avantages sont liés au refroidissement de la masse d'eau, à l'augmentation 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).

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 fournissent également du combustible aux ménages ruraux. Par exemple en Zambie, les agriculteurs ont pu récolter 15 tonnes de bois de feu 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 mil et du sorgho (Garrity et al., 2010)

Brise-vent : Il s'agit de pratiques agroforestières où des barrières végétales sont plantées pour réduire ou éliminer les impacts d'un vent excessif. Ils comprennent un ou plusieurs arbres ou rangées d'arbustes adjacents aux bâtiments ou en plein champ. Les brise-vent peuvent être créés en plantant des espèces adaptées ou en protégeant les communautés végétales naturelles (Ibrahim et Gaya, 2016). Des brise-vent peuvent également être réalisés lors des opérations de déboisement et d'exploitation forestière en laissant des espaces arborés. Si la production de bois est l'un des objectifs, on les appelle des ceintures de bois. Compte tenu de la fréquence accrue prévue des phénomènes météorologiques extrêmes, les changements dans la fréquence et l'intensité des vents sont susceptibles d'affecter les paysages. Les brise-vent ont le potentiel de réduire les vulnérabilités et les risques liés au vent et de modérer les microclimats (Chavan et al., 2014). Les brise-vent retenus dans les pâturages pourraient modérer les pertes de qualité et de quantité de fourrage pendant la saison sèche.

Silvopâturage : Il s'agit d'une pratique d'intégration intentionnelle de la gestion des fourrages, des arbres et du bétail. Cela peut être fait en **établissant des arbres dans les 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 silvopâturage doivent être commercialisables, de haute qualité et à croissance rapide, profondément enracinés et tolérants aux conditions du site. Les avantages ultimes sont ceux de la diversification, de la productivité des arbres et des animaux, de la réduction du stress animal, de l'amélioration du cycle des nutriments et de l'amélioration de l'habitat faunique (Gold et al., 2013 ; Beillouin et al., 2021). Pour obtenir un maximum d'avantages, les zones peuvent avoir besoin d'un approvisionnement en eau et être clôturées, ce qui crée un coût supplémentaire ;

Agriculture forestière : Il s'agit d'une pratique agricole intentionnelle et respectueuse de l'environnement pour générer des PFNLs commercialisables dans des formations boisées ou des forêts avec des conditions de site appropriées. Les PFNLs comprennent des espèces médicinales, comestibles, florales et décoratives et artisanales. La pratique de l'agroforesterie facilite la diversification de la gestion forestière et offre des opportunités de revenus intermédiaires et périodiques. Il peut améliorer la composition et la santé des forêts en plus des opportunités de revenus diversifiés (Gold et al., 2013).

Taungya : Il s'agit d'un système agroforestier lié à la gestion forestière où les terres sont défrichées et plantées initialement en cultures vivrières. Des semis d'espèces désirables sont ensuite plantés sur la même terre, ce qui conduit à une culture d'arbres récoltables. Il s'agit d'un arrangement spécial entre une organisation forestière et des agriculteurs pour cultiver simultanément des cultures arboricoles et des cultures agricoles respectivement. 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 est capable de réduire les conflits associés au foncier (Adegeye et al., 2010). Adegeye et al. (2010) ont trouvé des rendements des cultures plus élevés sous Taungya que dans les zones non Taungya. La résilience du système Taungya est associée à des facteurs économiques et sociaux qui montrent l'installation de cultures comme une stratégie adaptative d'utilisation des terres pour les communautés autour des plantations forestières.

5.2.1.2 La foresterie urbaine, le verdissement et leur contribution au développement urbain

Les espaces verts urbains comprennent des terres couvertes de végétation naturelle ou artificielle mais sont situés dans des zones bâties (Phan et Nakagoshi, 2007 ; Hernandez et al., 2018) et associés au développement urbain durable. Les espaces verts urbains sont des composants importants des écosystèmes urbains complexes fournissant plusieurs services écosystémiques, à la fois des avantages environnementaux, esthétiques, récréatifs et économiques aux communautés urbaines (Hernandez et al., 2018) (par exemple, Figure 16). Les forêts urbaines, comme les autres forêts peuvent jouer un rôle déterminant dans l'atténuation et l'adaptation au changement climatique en séquestrant le CO₂ atmosphérique en réduisant les besoins énergétiques 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 16. Espace vert urbain dans la ville de Harare

Par rapport aux pays développés, les espaces verts urbains dans les pays en développement ne sont pas aussi répandus et il n'y a pas d'efforts sérieux pour les avoir. 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, la fourniture d'air purifié, la fonction d'absorbant de chaleur pendant l'été chaud et la fourniture d'aliments frais aux citoyens (Lovell et Taylor, 2013). La foresterie urbaine ou verdissement améliore la qualité de vie et l'environnement des citoyens. Les forêts et les arbres urbains offrent des avantages environnementaux, économiques et sociaux (Frigeri et al., 2017). La figure 17 montre la contribution des forêts et des arbres à la durabilité urbaine.

Les avantages environnementaux comprennent la réduction de la pollution atmosphérique urbaine, la réduction des effets de réchauffement des villes, la purification de l'air, l'amélioration de la biodiversité, l'amélioration de la fertilité des sols, la conservation des sols, la réduction du bruit et le fait d'être une barrière contre les catastrophes naturelles.

Les avantages économiques comprennent les possibilités d'emploi pour les pauvres des villes, la nourriture et les médicaments, l'augmentation de la valeur des propriétés, l'attraction touristique et l'amélioration du tourisme, l'approvisionnement en carburant et en énergie.

Les avantages sociaux comprennent la beauté esthétique, l'amélioration de la qualité de vie des citoyens, une meilleure santé publique, le développement psychologique des enfants urbains, la réduction de la pauvreté et les valeurs sociales et récréatives. Ils peuvent également avoir des effets positifs sur la santé physique et mentale en offrant des possibilités de rafraîchissement, en réduisant le stress et en servant de lieu de pratique d'exercice physique. De plus, les zones de loisirs dans les villes offrent aux citoyens, en particulier aux pauvres, des loisirs (Konijnendijk et al., 2013). Ce sont les cas de la forêt de Karura, à Nairobi, au Kenya et des forêts de Mukuvisi à Harare, au Zimbabwe.

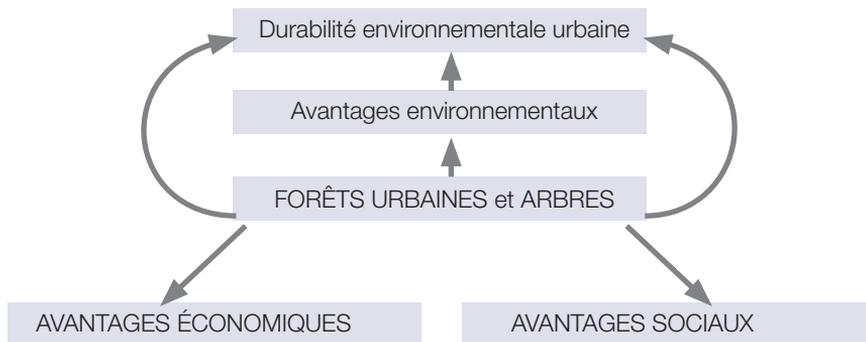


Figure 17. Relation entre les forêts, les arbres urbains et la durabilité

5.2.1.3 Utilisation des énergies renouvelables et efficacité énergétique

L'énergie renouvelable est un type d'énergie qui est capable de retourner à la nature contrairement aux énergies non-renouvelables. Il existe une variété de technologies d'énergie renouvelable disponibles, avec des avantages et des inconvénients spécifiques à la technologie. Les énergies renouvelables sont importantes car elles offrent les avantages suivants : elles sont une source d'énergie propre et ont moins d'impact sur l'environnement, les ressources sont infinies et réduisent la dépendance aux ressources fossiles garantissant une sécurité énergétique (Abdollahi et al., 2019). Certaines technologies, peuvent fournir de l'énergie de base (par exemple, l'hydroélectricité, la géothermie et la biomasse) tandis que d'autres sont de nature plus variable (comme l'énergie solaire et éolienne) et nécessitent des services supplémentaires d'équilibrage du réseau. Les sources d'énergie renouvelables sont promues à grande échelle dans de nombreux pays et sont essentielles pour remplacer la production d'électricité à partir de combustibles fossiles. L'utilisation d'énergies renouvelables et l'amélioration de l'efficacité énergétique peuvent nous conduire vers la réalisation de l'objectif ambitieux de 1,5°C de l'Accord de Paris de 2016. En effet, le secteur de l'électricité doit limiter ou éliminer les émissions provenant de la combustion de combustibles fossiles. La capacité des combustibles fossiles devra être largement éliminée d'ici le milieu du siècle, avec l'élimination complète des centrales au charbon à long terme. En attendant, les centrales électriques au gaz naturel peuvent jouer un rôle transitoire dans le remplacement des combustibles fossiles, mais devront éventuellement être supprimées à long terme à mesure que des options sans méthane et des technologies de décarbonisation seront développées (Stern, 2017).

IRENA (2019) a signalé une croissance de la capacité d'énergie renouvelable de 1136 GW en 2009 à 2351 GW en 2018. Cela est facilité par la diminution du coût des énergies renouvelables telles que l'énergie solaire photovoltaïque et éolienne (IRENA, 2019) et dans certains pays, la pénurie du réseau d'alimentations. Plus d'innovations s'avère donc nécessaire pour améliorer l'efficacité et les capacités des technologies de stockage, telles que les batteries et le stockage thermique pour l'énergie solaire à concentration. L'énergie nucléaire est une autre source alternative d'énergie renouvelable, mais elle est entravée par la hausse des coûts et la fourniture limitée de co-bénéfices par rapport aux énergies renouvelables (Climate Analytics, 2019).

Les limites des énergies renouvelables sont liées à la situation géographique, aux conditions météorologiques et aux fluctuations annuelles et saisonnières. L'énergie nucléaire se heurte également à une résistance considérable de la part de la société civile, notamment en raison des risques probables liés à la sécurité et à l'élimination des déchets nucléaires. Malgré ces défis, certains pays considèrent toujours l'énergie nucléaire comme une option économique sûre (Abdollahi et al., 2019). L'énergie nucléaire ne cause pas les nombreux types de problèmes environnementaux associés aux combustibles fossiles : pétrole, charbon et gaz.

Le secteur de l'agriculture, de la foresterie et des autres utilisations des terres (AFOLU) peut également contribuer aux émissions négatives en augmentant le stockage de CO₂ dans les forêts, le sol ou d'autres endroits. Combiner l'énergie biomasse avec la capture et le stockage du carbone (CSC) peut être faisable pour maximiser le CO₂ absorbé par la biomasse pendant sa durée de vie, qui est capturé et stocké mais libéré après la combustion pour l'énergie ou la chaleur. L'efficacité énergétique peut aider à réduire les émissions provenant des combustibles fossiles et les émissions peuvent en outre être réduites grâce à des mesures d'efficacité énergétique et au CSC.



Activité 5.3 Discussion de groupe (10 minutes)

1. Quelle est la dynamique de l'utilisation du bois-énergie dans votre pays ? et
2. Comment pouvons-nous réduire les émissions provenant de l'utilisation de l'énergie du bois dans les communautés rurales ?

Les forêts du monde restent la plus grande source de bioénergie depuis des temps immémoriaux. Les forêts fournissent 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 forestières pour assurer la durabilité de la base énergétique (Bull, 2018). Des technologies telles que les foyers améliorés pourraient réduire la demande de bois. En 2014, les énergies renouvelables traditionnelles en Afrique représentaient plus de 85% de la consommation d'énergies renouvelables avec 76,6% de l'énergie pour les applications de chaleur provenant d'énergies renouvelables. Il existe cependant une relation entre la consommation traditionnelle de biomasse et la croissance démographique, en particulier dans les pays les plus pauvres (Banque mondiale et Agence internationale de l'énergie, 2017). Le Kenya, l'Ouganda, la Tanzanie et le Soudan sont les pays africains où 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 remplacement le plus efficace des 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 l'utilisation des énergies renouvelables qui sont durables et aux coûts les plus bas. À cet égard, l'utilisation de plus d'énergies renouvelables, y compris la bioénergie, peut être un outil efficace pour s'adapter au changement climatique (Bull, 2018).

Le Projet de gestion durable et participative de l'énergie (PROGEDE) au Sénégal a permis de lutter contre la croissance rapide de la demande sénégalaise en combustibles domestiques et la dégradation associée des forêts et de l'environnement rural (Banque mondiale, 2016).

5.2.1.4 Relations plantes-eau, y compris l'efficacité d'utilisation de l'eau et la collecte et l'utilisation de l'eau de pluie

Le mouvement de l'eau à travers les tissus végétaux peut se produire par des voies co-existantes : apoplastique, symplastique et transcellulaire. La voie apoplastique a des flux d'eau autour des cellules tandis que l'eau se déplace à travers les cellules impliquant la membrane plasmique dans la voie symplastique. Dans la voie transcellulaire, le mouvement de l'eau se fait également à travers des vacuoles incorporant des tonoplastes. Les voies symplastiques et transcellulaires sont les voies de cellule-à-cellule sous régulation fine du transport via les membranes plasmiques (Barberon et Gellner 2014). Dans le cortex racinaire, le mouvement de l'eau est principalement apoplastique, bien que la bande casparienne, un dépôt de subérine et/ou de lignine limite le mouvement radial de l'eau dans l'apoplaste et le transport de cellule-à-cellule s'effectue au niveau de l'endoderme. Les plantes sont capables de modifier les contributions des voies apoplastiques et « cellule-à-cellule » en fonction des conditions environnementales et de la demande de transpiration (Taiz et Zeiger, 2010). Le potentiel hydrique affecte plusieurs processus physiologiques des plantes (Figure 18).

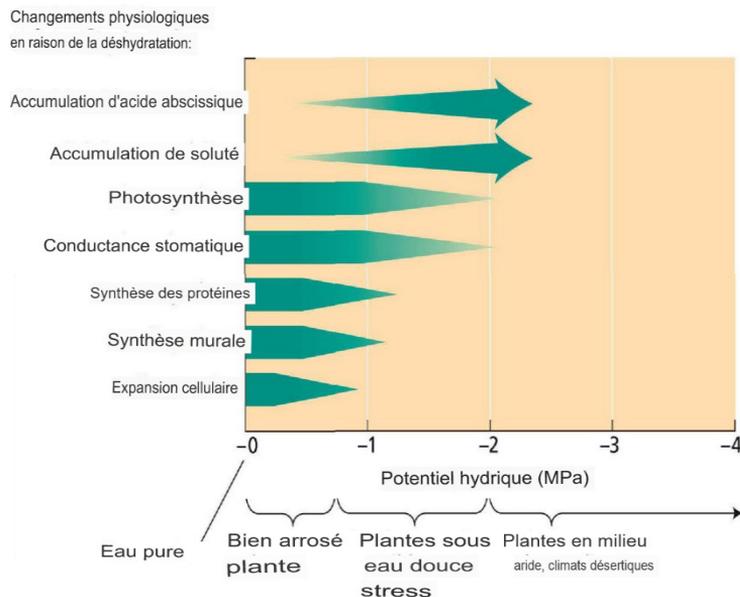


Figure 18. Effet du potentiel hydrique sur les modifications physiologiques causées par la déshydratation (Source : Taiz et Zeiger, 2010)

Des concentrations élevées de CO₂ stimulent la photosynthèse, modifiant les cycles de l'eau et des nutriments conduisant à une productivité accrue des plantes (Soussana et Lüscher, 2007). La croissance des plantes peut être directement augmentée grâce à une meilleure photosynthèse, ou indirectement, via une stimulation de la consommation d'eau par la plante. Cela affecte la masse racinaire et le transport de l'eau de la plante entière, avec une répercussion sur l'efficacité d'utilisation de l'eau (EUE) et la teneur en eau du sol, la réduction de la conductance stomatique et ses effets sur le potentiel hydrique des

feuilles. L'EUE est souvent considérée comme un facteur important de rendement en période de stress et comme un élément de résistance des cultures à la sécheresse. De plus, dans des conditions de croissance normales, un taux élevé de CO₂ peut améliorer l'EUE des cultures, bien qu'un contrôle stomatique altéré puisse augmenter la vulnérabilité des plantes au déficit hydrique et aux températures élevées (Haworth et al., 2016).

L'EUE a été utilisée pour montrer comment la production de plantes pluviales peut être augmentée en fonction de l'eau utilisée par unité. L'utilisation efficace de l'eau (EUW) reflète l'humidité du sol la plus élevée capturée pour la transpiration et implique également une réduction de la transpiration non stomatique et une perte d'eau négligeable par évaporation du sol. EUW est l'acronyme opposé de l'EUE, ainsi une EUE élevée est obtenue au détriment d'une EUW réduite (Blum, 2009). La capacité des systèmes racinaires à absorber l'eau dépend du volume d'enracinement (ou de la profondeur d'enracinement), de l'activité et de la surface des racines fines (Wullschleger et al., 2002 ; Filipovic, 2020).

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 d'aliments et de fibres dans ces zones. Les conditions de sécheresse prolongées dans ces zones favorisent l'utilisation de systèmes de collecte d'eau de pluie à petite échelle qui se sont formalisés principalement par le biais de programmes et de projets de conservation de l'eau. Les systèmes actifs de collecte des eaux de pluie capturent, redirigent et stockent les précipitations pour une utilisation ultérieure. La collecte des eaux de pluie comprend une combinaison de techniques telles que le stockage de l'eau dans des caves ou des réservoirs, le terrassement, la couverture en film plastique et la micro-irrigation pour augmenter la productivité de l'agriculture des terres arides. Le système de collecte des eaux de pluie a le potentiel de surmonter les contraintes d'eau en fournissant une irrigation limitée pendant les étapes clés du développement des cultures. Les techniques de collecte de l'eau aident les communautés à résoudre les problèmes de pénurie d'eau et à assurer la sécurité alimentaire. La résilience au changement climatique dépend de l'augmentation de la disponibilité de l'eau pour stimuler la productivité agricole (Altieri et al., 2015).

La dégradation et la déforestation accrues des bassins versants exposent les écosystèmes forestiers à la perte d'humidité stockée avant même qu'elle ne soit rejetée sous forme de ruissellement dans les rivières (Mango et al., 2011). La qualité et la quantité d'eau dans les cours d'eau pour les utilisateurs en aval sont affectées par une 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 de contour (où la crête contrôle le débordement du ruissellement et la tranchée agit comme une dépression qui recueille le ruissellement et transporte les sédiments (Dunkelman et al., 2018) et la collecte 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'EUE 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. De plus, les arbres agroforestiers peuvent réduire les pertes par évapotranspiration dans les cultures et le sol (Lin, 2010b).

Lectures complémentaires

Filipovic A. 2020. Relation entre les plantes aquatiques et le sol dans des situations de stress. Dans : Ram Swaroop Meena RS, Datta R (eds) Importance de l'humidité du sol. IntechOuvrir . [Relation plante eau-sol en situation de stress | IntechOpen.](#)

5.2.1.5 Technologies de conservation des sols et de l'eau et gestion des bassins versants

L'érosion des sols, associée à la dégradation des forêts et celle des terres, constitue un problème majeur affectant 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 masses d'eau. La conservation des sols et de l'eau sont des piliers de la conservation de l'environnement et de la sécurité alimentaire. L'érosion des sols est le résultat d'activités non anthropiques et anthropiques telles que la mauvaise gestion des terres, l'abattage des arbres, le développement des infrastructures et les événements naturels tels que les inondations et les vents violents.

Des mesures de conservation des sols et de l'eau sont prises pour les raisons de :

- maintien ou d'amélioration de la fertilité des sols ;
- contrôle du ruissellement de l'eau et de prévention de la perte de sol par l'érosion du sol ;
- réduction du compactage du sol ;
- conservation ou drainage de l'eau ; et
- collecte d'eau de ruissellement.

L'utilisation de la gestion intégrée de la fertilité des sols dans l'agroforesterie a amélioré la sécurité alimentaire des ménages, la fertilité des sols, augmenté le rendement et la rentabilité du maïs et réduit l'utilisation de la main-d'œuvre (Ajayi et al., 2009 ; Coulibaly et al., 2017).

Les mesures traditionnelles de conservation des sols et de l'eau telles que les terrasses en bancs, la collecte de l'eau, le transport et l'application de l'eau et les jardins potagers ayant résisté à l'épreuve du temps, sont facilement disponibles et sont socialement acceptables (Everard et al., 2018). Les mesures traditionnelles seules sont toutefois insuffisantes pour conserver les ressources essentielles en sol et en eau et doivent être complétées par des pratiques modernes pour atteindre les objectifs de durabilité (Förch et Schütt, 2004).

Les mesures physiques, également appelées mesures mécaniques ou techniques, sont des structures construites pour conserver le sol et l'eau et comprennent : les terrasses en pierre/terre, les diguettes/murs en pierre/terre, les barrages de contrôle, les fossés de contour, les tranchées, les drains coupés, les réservoirs de rétention, les barrages, cours d'eau enherbés et fosses de plantation. Lors de la conception de mesures physiques, les principes suivants doivent être pris en compte (Tidemann, 1996) :

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

Les mesures biologiques sont des mesures peu coûteuses basées sur le maintien de la couverture végétale pour prévenir l'érosion par les éclaboussures, réduire la vitesse du ruissellement de surface, améliorer les conditions d'humidité du sol, faciliter l'accumulation de particules de sol, augmenter la rugosité de la surface pour réduire le ruissellement et augmenter l'infiltration et stabiliser les agrégats du sol par la matière organique et les racines. Exemples : bandes de végétation, couvert végétal dans les cours d'eau, reboisement et brousses 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 d'autres PFNLs.

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 du pâturage et l'agroforesterie (Misebo, 2018). L'agroforesterie a été largement discutée dans la section 5.2.2 ci-dessus. Ces mesures peuvent facilement être utilisées conjointement avec les mesures physiques et/ou de végétation. Cependant, ils ont plus besoin de savoir-faire technique que les deux autres. La mise en œuvre de ces mesures peut être influencée par d'autres facteurs socio-économiques, politiques et institutionnels.

Le PNUD a mis en œuvre un projet soutenu par le FA sur la conservation des sols et de l'eau en Érythrée couvrant 232 km de terrasses de collines, 7307,23 m³ de barrages de contrôle de capacité, la plantation de 143 000 arbres économiques tels que l'Acacia senegal (130 000) et le sisal (13 000) (PNUD, 2018).

Les pratiques de conservation sont des stratégies importantes pour s'adapter aux impacts du changement climatique sur le sol et les ressources en eau. D'autres stratégies clés comprennent l'agriculture de conservation, la gestion des résidus de cultures (y compris l'utilisation de cultures de couverture lorsque cela est viable) et les rotations de cultures, l'amélioration de la gestion 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). Pour conserver le sol et l'eau dans un climat changeant, Delgado et al. (2013) ont ajouté que les politiques et stratégies d'adaptation devraient inclure des pratiques de conservation qui contribuent à accroître la capacité de rétention d'eau du sol, à améliorer le drainage et à développer de nouvelles variétés de cultures et des systèmes de culture plus résistants à la sécheresse.



Activité 5.4 Etude de texte (15 minutes)

Décrivez au moins deux pratiques d'adaptation technologique forestière dans votre pays.

5.2.1.6 Intensification des systèmes de production

L'intensification durable (IS) des systèmes de production est la production de plus de production à partir de la même superficie de terre tout en diminuant les impacts environnementaux négatifs et en même temps en augmentant les contributions au capital naturel et au flux de services environnementaux (Pretty et al., 2011). L'IS peut fournir des avantages de productivité, socio-économiques et environnementaux 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 vie et un régime alimentaire sains, une adaptation et une vulnérabilité réduite au changement climatique et à d'autres chocs, une amélioration du fonctionnement et des services écosystémiques, une réduction des émissions de GES et de l'empreinte carbone de l'agriculture (FAO, 2011). L'IS de l'agriculture est nécessaire pour augmenter la productivité des terres, compte tenu de l'urgence de réduire les émissions de GES. Le SI réduit et piège les émissions tout en améliorant simultanément la sécurité alimentaire durable (Godfray et Garnett, 2014). À cet égard, il devient essentiel d'adopter des approches d'IS où la production alimentaire est augmentée dans les terres agricoles existantes en utilisant des activités à faible impact environnemental sans compromettre la production d'aliments futurs. En effet, la demande alimentaire croissante doit être satisfaite en utilisant les terres agricoles existantes sans ouvrir de nouvelles terres. L'approche d'IS est une option importante d'adaptation au changement climatique susceptible de réduire les émissions. Cependant, il est important de considérer le fait qu'avoir un système agricole plus efficace pourrait conduire à des profits plus élevés, motivant ainsi les agriculteurs à étendre les terres cultivées. À court terme, l'ampleur de cette reprise directe dépend de

l'élasticité-prix et de l'efficacité de la gouvernance (Lambin et Meyfroidt, 2011). La protection des terres boisées, des prairies et des zones humides nécessite des mécanismes de gouvernance pour protéger les zones avec d'importants stocks de carbone où les communautés obtiennent des PFNLs. De plus, la protection des forêts facilite la conservation des sols et de l'eau et peut améliorer la production agricole, ce qui améliore la résilience au changement et à la variabilité climatiques, renforçant ainsi les mécanismes d'adaptation aux effets néfastes du changement climatique.

L'IS est une mesure adaptative parce qu'elle affecte les revenus agricoles. Toute activité qui augmente les revenus agricoles permet aux agriculteurs d'augmenter leurs actifs à utiliser en période de stress où les ménages sont amenés à une trajectoire de développement différente. En Afrique, l'intensification durable de l'agriculture basée sur des technologies qui dépendent des intrants d'investissement a été sérieusement entravée par des marchés d'intrants et d'extrants peu développés (Dorward et al., 1998), et les technologies ont donné de mauvais résultats en raison de leur inadéquation avec les petits exploitants locaux (Giller et al., 2011).

Par ailleurs, l'intensification agricole peut avoir des avantages tels que la préservation des terres, la sécurité alimentaire et la réduction des émissions de GES sans dégrader les sols et provoquer une dégradation plus large de l'environnement (Van Walleghem et al., 2017). Par exemple, Titttonell et Giller (2013) ont montré qu'en cas de dégradation des sols, les petits exploitants agricoles africains ne seront pas en mesure de tirer parti des principales composantes de l'intensification telles que les faibles apports d'engrais et l'amélioration des rendements des cultures. 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 positives ou des cercles vicieux caractérisés par la perturbation des propriétés physiques du sol, une érosion accrue, des taux de décomposition accélérés et une diminution progressive des apports de carbone dans le sol sous forme de résidus de culture par la baisse des rendements des cultures (Titttonell et Giller, 2013). Tilman et al. (2002) ont suggéré que les écarts de rendement peuvent être réduits en utilisant l'intensification agricole en appliquant de nouvelles technologies, y compris la gestion de la fertilité des sols, pour 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 dans les systèmes de culture et d'élevage et dans la gestion des risques (Campbell et al., 2014). La diversification est donc un élément crucial pour le renforcement de la capacité d'adaptation.



Activité 5. 5 Révision (15 Minutes)

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



Résumé

Au cours de cette session, nous avons appris qu'il existe quatre types de services provenant des forêts qui contribuent directement au bien-être humain : les services de régulation, les services d'approvisionnement, les services culturels et les services de soutien. L'adaptation au changement climatique peut être soit technologique, soit sociale et économique. L'adaptation technologique est l'application de la technologie pour réduire la vulnérabilité ou accroître 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 des énergies renouvelables, les relations plantes-eau, la conservation des sols et de l'eau et l'intensification des systèmes de production. Une agroforesterie qui peut prendre plusieurs formes selon les objectifs a quatre piliers/caractéristiques que l'on appelle les 4 I. Nous avons également appris l'importance des arbres et des forêts dans les zones urbaines. Les options technologiques dans l'agriculture comprennent l'intensification des systèmes agricoles et des mesures de conservation des sols et de l'eau. Des mesures de conservation des sols et de l'eau sont prises pour maintenir ou améliorer la fertilité des sols, contrôler le ruissellement des eaux et prévenir la perte de sol par érosion, réduire le compactage des sols, conserver ou drainer l'eau et recueillir les eaux de ruissellement. D'autres options incluent la manipulation des relations de l'eau des plantes, y compris l'EUE et la collecte et l'utilisation de l'eau de pluie. Les plantes sont capables de modifier les contributions des voies apoplastiques et « cellule-à-cellule » en fonction des conditions environnementales et de la demande de transpiration. L'utilisation des énergies renouvelables est importante car elle fournit une source d'énergie propre avec moins d'impact sur l'environnement. Les ressources sont infinies et elles réduisent la dépendance vis-à-vis des ressources fossiles et assurent la sécurité énergétique.

Lecture complémentaire

- Mugwe J, Ngetich F, Otieno EO. 2019. Gestion intégrée de la fertilité des sols en Afrique subsaharienne : évolution des paradigmes vers l'intégration. Dans: Leal Filho W, Azul A, Brandli L, Özuyar P, Wall T. (eds) Zero Hunger. Encyclopédie des objectifs de développement durable de l'ONU. Springer, Cham.
- Titonnel P, Giller KE. 2013. Quand les écarts de rendement sont des pièges à pauvreté : Le paradigme de l'intensification écologique dans la petite agriculture Africaine. Recherche sur les grandes cultures . 143 : 76-90. Disponible sur : Quand les écarts de rendement sont des pièges à pauvreté : Le paradigme de l'intensification écologique dans l'agriculture paysanne africaine – Science Direct .

5.3 Adaptation socio-économique

Les systèmes socio-économiques amplifient ou atténuent les impacts du changement climatique. L'adaptation au changement climatique peut varier en fonction d'indicateurs socio-économiques tels que l'éducation, la profession ou le revenu. Velitchko et al. (2009) ont retracé l'adaptation des sociétés humaines en Europe et ont constaté que les premières étapes de la préhistoire humaine coïncidaient avec des transformations clés liées aux altérations du climat et du paysage et que celles-ci affectaient le bien-être humain, les obligeant à réagir par l'adaptation sociétale. Les réponses ont ouvert des opportunités pour plus de progrès dans la gestion des conditions environnementales changeantes et leur ont assuré leur survie. Ils ont ajouté 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 a changé après que le développement et l'utilisation active de mesures de protection (adaptation autochtone) se soient généralisées et aient assuré la survie humaine même dans des conditions extrêmes. Dans cette session, nous en apprenons davantage sur l'adaptation sociale et économique liée aux moyens de subsistance durables et diversifiés basés sur la forêt.



Résultats d'apprentissage

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

- i. Identifier et mettre en œuvre des initiatives de moyens de subsistance durables basés sur la forêt ;
- ii. Expliquer les éléments des systèmes sociaux ;
- iii. Expliquer la signification du genre et de l'intégration du genre ; et
- iv. Expliquer certains mécanismes endogènes d'adaptation.



Activité 5.6 (Remue-méninges) (10 minutes)

Partagez vos points de vue sur la manière dont les forêts et ressources en arbres contribuent à l'adaptation socio-économique, au changement et à la variabilité climatiques dans votre pays.

Le changement climatique n'est pas l'une de leurs plus grandes menaces dans la plupart des pays en développement car leurs priorités actuelles mettent l'accent sur la réduction de la pauvreté et la croissance économique. Les mesures d'adaptation telles que supporter les pertes, partager les pertes, changer d'utilisation et changer de lieu sont liées au statut socio-économique des individus ou de la communauté. Les facteurs qui poussent un individu ou une communauté à s'adapter de certaines manières ont été décrits au chapitre 2 et sont liés à la situation socio-économique des groupes vulnérables et déterminent comment faire face et s'adapter.

5.3.1 Moyens de subsistance durables et diversifiés basés sur la forêt

À l'échelle mondiale, plus de 1,6 milliard de personnes dépendent des forêts pour leurs moyens de subsistance, leurs emplois et la génération de revenus, et le large éventail de biens et services forestiers crée des opportunités pour relever bon nombre des défis les plus urgents en matière de développement durable (FNUF, 2015). Les forêts et les arbres sont à la base de la vie et sont d'une importance cruciale pour le développement humain et sociétal (Arce, 2019), fournissant à la fois des produits forestiers ligneux et non-ligneux et tamponnant les communautés pendant les périodes de pénurie et agissant comme une source de nutrition pour les populations locales (Agrawal et al., 2013).

Un moyen d'existence durable comprend les capacités, les actifs et les activités nécessaires pour un mode de vie capable de faire face aux stress et aux chocs et de s'en remettre et de maintenir ou

d'améliorer ses capacités, ses actifs et ses activités à la fois maintenant et à l'avenir, sans compromettre la base de ressources naturelles (Serrat, 2017). La diversification est un processus (si prévu) où le statut économique d'un ménage pourrait s'améliorer, par exemple en cultivant de nouvelles variétés de cultures, des cultures de valeur, de petites entreprises et de la main-d'œuvre occasionnelle, etc. La diversification implique une augmentation de la production des secteurs industriels et des services tout en diminuant la part des activités de production primaire (par exemple, culture traditionnelle). Les schémas de diversité diffèrent selon le niveau de richesse. La diversité des moyens de subsistance démontre la dépendance d'une personne de plusieurs activités au cours d'une année. Les activités pourraient être : terrestres et/ou non terrestres, travail indépendant ou travail et emploi rural ou émigration (temporaire). Le manque de capital et de compétences empêche certaines familles de conserver ou de modifier leurs moyens de subsistance traditionnels (Cannon, 2013 ; World Social Report, 2020).

Plusieurs programmes ont été lancés en Zambie pour renforcer la résilience des écosystèmes et des communautés au changement climatique grâce à des 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 les impacts de l'utilisation non durable de la biomasse pour le charbon de bois/bois de chauffage en promouvant l'efficacité de l'utilisation de l'énergie et des ressources (Anyango et al., 2018).

Lorsque les nouvelles activités économiques offrent des rendements supérieurs aux 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 de nouvelles options offrent des rendements inférieurs aux activités habituelles, elles constituent des stratégies d'adaptation pour répondre au choc. C'est ce qu'on appelle une « poussée » ou une diversification négative où les ménages restent dans le cycle de la pauvreté (Reardon et al., 2007). Une adaptation qui soutient des moyens de subsistance durables implique donc la capacité de :

- S'engager dans différentes actions pour gérer les incertitudes et répartir le risque. Par exemple, une famille dépendant de ses propres terres, de la migration de la main-d'œuvre agricole, etc. ;
- Faire face à l'insuffisance des diverses activités qui peuvent être entreprises pour répondre aux lacunes de l'activité principale ou de la contingence. Par exemple : mauvaise récolte, perte d'emploi ou frais médicaux/enterrements ;
- Réaliser la saisonnalité - certaines activités principales telles que la cueillette de fruits, de noix et de champignons dépendent des saisons. L'artisanat est aussi saisonnier. Les activités hors saison (bien que moins rentables) sont plus préférées que l'émigration ou le chômage ;
- Compenser les défaillances des marchés du crédit - d'autres activités à faible rendement sont entreprises pour financer l'activité principale/l'activité privilégiée dans de nombreuses zones rurales. Cela se produit lorsque l'accès au crédit n'est pas en place ou l'est à des conditions exorbitantes. Ces revenus sont utilisés comme intrant pour l'activité principale, par exemple l'achat d'engrais, de semences, etc ;
- Transformer progressivement en une nouvelle activité - le changement vers une nouvelle activité est incrémentiel lorsque les rendements sont plus élevés. Il s'agit d'un complément aux activités existantes plutôt que d'un substitut. Au fil du temps, si les rendements élevés sont stables, cela devient une spécialisation. Au départ, ils sont susceptibles d'être motivés par la nécessité ; et
- Construire des complémentarités grâce à des activités de diversification des ménages favorisant les compétences, les expériences et les informations existantes. Par exemple, lorsque le travail à temps

partiel à domicile est complété par des tâches domestiques à temps partiel. Les changements dépendent des conditions et des expériences antérieures.

Tout au long de l'histoire humaine, les produits forestiers ont été utilisés à diverses fins, notamment pour l'alimentation, la médecine, les fibres, le fourrage, les équipements agricoles et les matériaux de construction. Ces PFNLs peuvent jouer un rôle important dans les stratégies de subsistance en milieu rural et peuvent contribuer à la pérennité des paysages forestiers (Ros-Tonen et Wiersum, 2005). La Banque mondiale (2016) a déclaré que les ménages ruraux qui vivent à proximité des forêts tirent jusqu'à 22% de leurs revenus des ressources forestières ligneuses et non ligneuses, une contribution plus importante que le travail salarié, l'élevage ou les entreprises indépendantes. Elle a ajouté qu'environ la moitié de ces revenus sont non monétaires et comprennent la nourriture, les médicaments, l'énergie, les matériaux de construction et le fourrage. Des revenus supplémentaires pourraient provenir du paiement des services écosystémiques.

Pour les communautés kenyanes situées près de la forêt de l'est de Mau, les revenus tirés des forêts peuvent représenter jusqu'à 33% du revenu total des ménages, la contribution la plus élevée provenant du bois de chauffage (50%), de la nourriture (27%), des matériaux de construction (18%) et du fourrage et matériau de chaume 5% (Langat et al., 2016). Outre la destruction des ressources forestières par les activités anthropiques, l'approvisionnement en ressources forestières peut être perturbé par la sécheresse ou d'autres événements climatiques affectant les moyens de subsistance des communautés.



Activité 5.7 Etude de texte (5 minutes)

Décrivez les principaux produits et services forestiers qui contribuent à la diversification et à la durabilité des moyens de subsistance dans votre pays.

5.3.2 Renforcement des systèmes et réseaux sociaux dans le contexte des forêts et ressources en arbres

Les systèmes sociaux sont des réseaux structurés de relations qui forment un ensemble cohérent entre les individus, les groupes et les institutions. Ils représentent **des structures formelles** avec des rôles et des statuts qui peuvent se former en petits groupes ou en groupes stables et ne sont pas des entités directement observables mais peuvent systématiquement être des domaines d'objets définis. Les interactions entre individus sont considérées comme **des systèmes sociaux**. La théorie des systèmes analyse comment la société s'adapte à son environnement par des modifications de l'organisation, avec des implications pour leur conscience de l'ordre social. La théorie des systèmes montre également la complexité de l'évolution sociale et souligne la probabilité limitée de conduire la société. D'autre part, parce que la société est extrêmement complexe, les systèmes sociaux offrent un large éventail de possibilités d'adaptation (Marten, 2001), y compris la gestion des ressources forestières.

Dans les pays en développement, les communautés locales sont durement touchées par le changement climatique, principalement celles qui vivent dans des régions exposées aux aléas 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 pour différents membres d'une même communauté. Certains individus ou groupes peuvent percevoir le changement climatique comme une opportunité tandis que d'autres subissent des pertes, démontrant la dynamique communautaire et les complications sur ce qu'ils peuvent adapter, y compris le partage des coûts d'adaptation. Les impacts négatifs sont des événements fortuits qui se présentent comme des surprises dont les impacts 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 négatives ou les feux de forêt ou de brousse (Schneider et Sarukhan, 2001).

Un système social est composé de personnes ou de groupes de personnes qui interagissent et s'influencent mutuellement.

Un système de ressources a été défini il y a longtemps comme comprenant trois sous-systèmes : biophysique, social et technologique représentant respectivement les composants terrestres, humains et technologiques d'un système de ressources. Le sous-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 modes de culture, les pratiques en matière de ressources, les méthodes de diffusion, etc. (Firey, 1960). Dans un système social, l'information 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 le changement. Les actions du système impliquent le mouvement de l'énergie/de l'information au sein d'un système ou entre un système et son environnement. Pour être utile, l'énergie doit être structurée et modelée par les informations disponibles. L'énergie d'un système s'acquiert à partir des capacités physiques de ses membres, des sentiments partagés, des valeurs communes, des ressources sociales telles que les loyautés et des ressources de son environnement.

L'organisation du système dépense, sécurise et conserve l'énergie pour préserver le système et promouvoir ses objectifs. Par conséquent, même si l'énergie est disponible «dans» et «vers» un système, et qu'il n'y a pas d'organisation, le système est également absent. Cela signifie qu'un système a une certaine forme d'organisation. Des forces internes et externes peuvent désorganiser un système. Les systèmes sont soit : **mécanistes** c'est-à-dire que le système ne détermine pas ses propres objectifs mais que le comportement est prévisible car il réagit à des stimuli prédéterminés (par exemple, un ordinateur ou un avion), ou **intentionnels**, c'est-à-dire que le système détermine ses propres objectifs et les moyens de les atteindre (par exemple un animal, un ménage ou une nation). Dans ce contexte, le but d'une organisation est de servir les objectifs de ses membres tout en servant les objectifs de son environnement (Gharajedaghi, 2012).

Les cinq éléments de base de tout système sont :

- **La cohésion** : elle décrit le sentiment d'identité et d'intérêts communs qui rassemblent les gens. Normalement, un produit d'une histoire et d'une culture partagées et, dans certains cas, des facteurs politiques et économiques ont un rôle à jouer. Cela signifie qu'un système a 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). La culture est le ciment qui intègre les parties en un tout cohérent. Néanmoins, puisque les parties ont beaucoup à dire sur l'organisation de l'ensemble, un consensus est essentiel à l'alignement des systèmes multi-esprits (Gharajedaghi, 2012) ;
- **La frontière/démarcation** : les frontières ou démarcations peuvent être réelles ou imaginaires et montrer 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 comment 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) ;
- **La légitimité** : elle concerne à la fois le pouvoir et l'autorité qui peut être interne ou externe. L'interne est basé sur des critères socio-économiques et socio-culturels. L'autorité externe peut également

attribuer une légitimité, mais peut ne pas suffire à elle seule (Barrow et Murphree, 2001) ;

- **La résilience** : elle décrit si un système change ou non. Par exemple, dans un système en régime permanent, aucun changement de structure ou de fonction n'est attendu au cours d'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) ; et
- **la hiérarchie** : elle montre l'interrelation et l'interdépendance dans un système. Par exemple, un système d'être humain fait partie d'un système de ménage, qui fait partie d'un système communautaire, 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 n'importe quel système dans la hiérarchie, il faut prendre connaissance de l'influence des systèmes d'ordre supérieur et inférieur.

Dans chaque système, les structures des réseaux sociaux varient, certains réseaux étant gérés par le commandement et le contrôle ou des relations dominantes et obéissantes tandis que d'autres sont plus libéraux. D'autres réseaux sont distributifs comme dans la rumeur qui existe dans la plupart des organisations. Les réseaux sociaux collaboratifs font que chacun est accepté comme membre légitime par tous les autres. Les membres sont cohésifs et naturels et sont la source du capital social ou de la productivité optimale du groupe. Les systèmes sont également source d'innovation, de création de valeur et de percées de performance. Dans les initiatives de conservation communautaire telles que la gestion participative des forêts/de la faune, les objectifs façonnent l'orientation, le contenu et le processus de la gestion communautaire des forêts (Barrow et Murphree, 2001).

5.3.3 Genre et adaptations forestières

Le genre est un mélange 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 entre les sexes et les dynamiques de pouvoir associées afin de comprendre l'accès des individus aux ressources et leur répartition, leur 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 (World Banque, 2012). Le genre est l'une des questions transversales qui ne doit pas être ignorée dans l'ACC. À cet égard, l'intégration du genre est importante pour répondre aux préoccupations et aux expériences des femmes et des hommes dans la conception, la mise en œuvre, le suivi et l'évaluation de toutes les politiques et programmes afin que les femmes, les hommes et les jeunes soient traités équitablement (Nations Unies, 2002).

En Tanzanie, un nombre croissant d'hommes collectent des PFNLs tels que le bois de chauffage et les champignons sauvages en raison des stress induits par le climat dans les activités de subsistance traditionnelles des hommes (Balama et al., 2016).

L'intégration de la dimension du genre a été adoptée par le Conseil économique et social de l'ONU, qui se concentre sur l'évaluation de la manière dont les femmes et les hommes sont affectés par toute action planifiée, y compris les politiques, la législation et les programmes à tous les niveaux, dans tous les secteurs. La CCNUCC (2014a) a développé une approche sensible au genre pour l'intégration du changement climatique qui peut également être appliquée dans les initiatives d'adaptation basées sur les forêts.

Au Sénégal, un projet sur la gestion participative durable de l'énergie a introduit des objectifs d'égalité des sexes, ce qui a entraîné l'intégration des femmes dans les comités de gestion forestière inter-villageois et représentant 33 à 50% des comités. Les femmes ont également de plus en plus participé à des sessions

de formation sur les techniques de coupe forestière et de carbonisation, des activités qui étaient autrefois dominées par les hommes (Banque mondiale, 2016).

L'intégration de la dimension du 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 car les femmes ont saboté les programmes tandis que ceux qui incluaient/bénéficiaient aux 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 du genre doit inclure l'autonomisation, en accordant une attention particulière aux relations entre les sexes (Mwangi et al., 2011).



Activité 5.8 (Remue-méninges) (10 minutes)

Choisissez un secteur de développement sensible aux impacts du changement climatique. Analysez comment les hommes et les femmes sont affectés.

5.3.4 Mécanismes et stratégies endogènes de survie et d'adaptation

Les impacts du changement climatique ont affecté les moyens de subsistance, mais les communautés rurales ont développé leurs propres stratégies de survie et d'adaptation. Les communautés rurales ne dépendent pas des connaissances scientifiques modernes mais ont mis en place des cultures au moyen de leurs connaissances et des conditions écologiques. Les actions d'adaptation sont le produit de leurs connaissances, priorités et capacités qui leur permettent de planifier et de faire face au changement et à la variabilité climatiques locaux (Mugambiwa, 2018).

Les connaissances endogènes ont été soulignées comme une source de résilience à la fois dans la théorie et dans la pratique, car elles sont fondées sur l'apprentissage des expériences passées de catastrophes naturelles (Hooli, 2016). Les communautés africaines ont utilisé les connaissances endogènes pour s'adapter au changement et à la variabilité climatiques (Osbah et al., 2010), y compris les sécheresses (par exemple Ncube et Lagardien, 2015 ; Kihila, 2018), les inondations (par exemple Hooli, 2016), le réchauffement des océans (par exemple Belhabib et al., 2016).

Les communautés ont utilisé plusieurs stratégies pour faire face et s'adapter en fonction du type d'entreprise de subsistance. Par exemple, les communautés de Tanzanie ont utilisé des pratiques telles que la plantation d'arbres, le terrassement, la diversification des cultures, la collecte de l'eau à l'aide de réservoirs d'eau locaux et la culture mixte (Kihila, 2018). En Tanzanie, les agriculteurs ont utilisé des stratégies telles que la collecte de l'eau de pluie dans les fossés, les barrages de contrôle et ils se sont également engagés dans des activités économiques alternatives. Les agriculteurs d'Afrique du Sud ont utilisé les ordures ménagères et le fumier pour améliorer la fertilité du sol tandis que d'autres ont opté pour des systèmes d'élevage plus résistants à la sécheresse à partir du système de culture. Dans d'autres cas, les producteurs de coton du Zimbabwe ont irrigué leurs cultures et se sont diversifiés vers des variétés de cultures plus résistantes à la sécheresse et d'autres cultures. Ils ont également ajusté le moment de la période de plantation pour qu'il coïncide avec le début des pluies. Certains utilisent des bouteilles

pour l'irrigation goutte à goutte des plantes locales. D'autres petits exploitants agricoles dans les zones sujettes à la sécheresse du Zimbabwe sont passés du maïs au sorgho et au mil traditionnels, ce qui a amélioré 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 et al., 2019).

En Afrique Australe, les populations et les communautés se sont toujours adaptées aux variations climatiques grâce à des actions d'adaptation liées à leurs ressources et à leur connaissance accumulée de l'expérience des modèles météorologiques passés, ce qui leur a permis de réagir et de se remettre des extrêmes climatiques, tels que les inondations, les sécheresses et les ouragans. (Armitage et Plummer, 2010). Les initiatives communautaires de gestion des ressources naturelles ont contribué à l'amélioration des actions d'adaptation au changement climatique par les communautés au Malawi (par exemple - le projet communautaire de gestion et d'utilisation des ressources naturelles intégrées de Kam'mwamba au Malawi), au Mozambique (par exemple Tchuma Tchato au Mozambique), en Namibie (par exemple The Mayuni Conservancy) et au Zimbabwe (par exemple, le programme Masoka CAMPFIRE) (Chishakwe et al., 2012).

En dehors de l'Afrique, les agriculteurs pakistanais sont passés de la culture de variétés de coton traditionnelles à des variétés de coton génétiquement modifiées. Ils ont réussi à éviter les pertes résultant des attaques de ravageurs qui étaient courantes dans les variétés de coton traditionnelles. En outre, ils ont planté des variétés de blé qui toléraient un stress thermique élevé en réponse à la fréquence croissante des événements de températures maximales extrêmes (Abid et al., 2016).

L'élevage a été considéré comme le plus résistant à la sécheresse, certaines des stratégies remontant à l'époque où les agriculteurs migraient avec leurs animaux à la recherche de meilleurs pâturages. Les pasteurs d'autres régions vendent leur bétail tôt ou déstockent sans compromettre le troupeau reproducteur. Ils manipulent également les stratégies d'alimentation pour soutenir le troupeau. Les agriculteurs élèvent du bétail pour la tolérance à la sécheresse, changent les races ou passent à des systèmes à faibles intrants tels que l'élevage d'autruches ou de gibier. Les éleveurs conservent également l'eau en récupérant l'eau de pluie sur les pentes des montagnes, construisent des barrages pour le stockage de l'eau et utilisent des éoliennes pour pomper l'eau des forages. De même, les pêcheurs se sont également adaptés en modifiant les horaires de pêche, en pêchant en eaux profondes, en programmant des horaires de pêche particuliers et en s'engageant également dans des activités économiques alternatives (Kihila, 2018).

Les agriculteurs africains sont connus pour avoir pratiqué le système 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 la pratique n'existe plus dans certaines zones. Les forêts ont été reconnues par les institutions traditionnelles pour la gestion des réserves forestières communales. Ces forêts bien gérées fournissaient des ressources en nourriture et en bois à la communauté (Ajani et al., 2013), bien qu'elles ne connussent pas le rôle de puits de carbone. Dans d'autres régions, les agriculteurs ont utilisé des jachères naturelles pour régénérer ou restaurer la fertilité des sols et d'autres ont utilisé des plantes légumineuses pour restaurer rapidement la fertilité des sols (Tarawali et Ogunbile, 1995). De plus, 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).

Par ailleurs, les agriculteurs des zones sujettes à la sécheresse protègent les arbres dans les exploitations agricoles et dans les forêts, gérant ainsi la biodiversité et réduisant la désertification. La domestication des arbres indigènes est une stratégie adoptée par de nombreux pays d'Afrique. Cependant, les ménages à faible revenu qui résident à proximité des forêts, dirigés par des personnes âgées averses au risque et moins éduquées, dépendent plus des forêts pour faire face aux chocs climatiques que les autres (Ludena et Yoon, 2015).



Activité 5.9 Révision (10 minutes)

1. Distinguer la diversification push et pull.
2. Quels sont les principaux éléments des systèmes sociaux et comment les forêts soutiennent-elles l'adaptation des systèmes sociaux ?
3. 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 ? et
4. Quelle est l'importance des mécanismes endogènes d'adaptation dans l'ACC ? Donne des exemples.



Résumé

Dans cette section, nous avons étudié l'adaptation sociale et économique. Les moteurs durables des moyens de subsistance sont essentiels pour soutenir les moyens de subsistance des communautés. Un moyen de subsistance durable comprend les capacités, les actifs et les activités nécessaires pour 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 à la fois maintenant et à l'avenir sans miner la base de ressources naturelles. Un système de ressources comprend trois sous-systèmes : des sous-systèmes biophysiques, sociaux et technologiques représentant respectivement les composantes foncière, humaine et technologique. Le système social comprend la population, les structures sociales, économiques et politiques, etc., et le système technologique comprend les outils, les schémas de culture et les pratiques et méthodes de diffusion des ressources. Dans un système social, l'information et les ressources sont des moteurs importants qui fournissent de l'énergie au système. Dans chaque système, les structures des réseaux sociaux varient, certains réseaux étant gérés par le commandement et le contrôle ou des relations dominantes et obéissantes, tandis que d'autres sont plus libéraux. Les systèmes sociaux ont cinq éléments. Nous avons également appris que le genre est l'une des questions transversales qui ne doit pas être ignorée dans l'ACC car le changement climatique affecte différemment les femmes et les hommes. Nous avons également discuté d'un processus, en cinq étapes, basé sur le genre pour l'intégration de l'adaptation qui a été appliqué dans l'un des pays Africains. La section a conclu en montrant que les communautés ont utilisé plusieurs connaissances et stratégies locales pour faire face et s'adapter en fonction des types d'entreprises de subsistance. Ceux-ci doivent être pris en compte lors de la conception des stratégies d'adaptation.

Chapitre 6 : Stratégies Nationales, Régionales et Internationales D'adaptation

6.1 Aperçu du chapitre

Plusieurs initiatives nationales, régionales et internationales d'adaptation aux changements climatiques sont financées et mises en œuvre dans la région Africaine. Ces initiatives sont entre autres la protection des modèles actuels de biodiversité, les PANA, les PNA, la formulation de la législation et des politiques pour soutenir l'ACC et les obstacles et les défis à l'adaptation. Ce chapitre examine ces initiatives en mettant en évidence certains exemples de la région africaine.



Résultats de l'apprentissage

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

- i. expliquer comment les types actuels de biodiversité peuvent être conservés ;
- ii. identifier les initiatives d'adaptation nationales, régionales et internationales ;
- iii. faire la distinction entre les PANA et les PNA et leurs processus ;
- iv. analyser certains des instruments législatifs et politiques visant à soutenir l'adaptation ; et
- v. participer aux initiatives nationales d'ACC.



Activity 6.1 Remue-méninges (15 minutes)

Quelles sont certaines des stratégies et approches utilisées dans votre pays pour protéger les modèles actuels de biodiversité ?

6.2 Protection des modèles actuels de biodiversité

Le changement climatique entraînera des répercussions importantes sur toute une série de fonctions des écosystèmes, d'où la nécessité de mettre en place des options de gestion visant à maintenir l'intégrité des écosystèmes, tant directement qu'indirectement, face aux changements climatiques. Les stratégies et approches d'adaptation des écosystèmes naturels pour faire face aux impacts prévus du changement climatique se sont multipliées au fil du temps et varient d'un pays à l'autre et d'un endroit à l'autre.

Les approches relevant de chaque stratégie varient également en termes d'intensité et de style de gestion, d'accent mis sur la forme ou la fonction et le recours à des techniques traditionnelles ou expérimentales. Pour la gestion durable des forêts (GDF), des réponses d'adaptation plus détaillées tenant compte des conditions du site et des objectifs de gestion peuvent être nécessaires. Les approches choisies peuvent promouvoir les espèces existantes qui devraient être mieux adaptées aux conditions futures ou modifier la structure ou la composition pour réduire le risque ou la gravité d'une catastrophe, par exemple un incendie. Les stratégies peuvent varier dans leur accent sur le renforcement de la résilience, la résistance aux changements potentiels ou la résistance aux changements (voir tableau 11). Les approches nécessaires à la réalisation des stratégies sont présentées dans le tableau 12.

Tableau 11. Stratégies d'adaptation au changement climatique et options pour la conservation de la biodiversité

Stratégie		Resistance	Résilience	Réponse
1.	Maintenir les fonctions écologiques essentielles	X	X	X
2.	Réduire l'impact des facteurs de stress biologique dominants	X	X	X
3.	Protection des forêts contre les incendies et les perturbations éoliennes graves	X	X	
4.	Maintenir ou créer des refuges	X		
5.	Maintenir et renforcer les espèces et la diversité structurelle	X	X	
6.	Augmenter la redondance des écosystèmes dans le paysage		X	X
7.	Promouvoir la connectivité du paysage		X	X
8.	Renforcer la diversité génétique		X	X
9.	Faciliter les ajustements des communautés par la transition des espèces			X
10.	Planifier et réagir aux perturbations			X

Source: Butler et al. (2012)

Tableau 12. Stratégies et approches d'adaptation pour les écosystèmes forestiers

Stratégie	Approches
Maintenir les fonctions écologiques fondamentales	<ul style="list-style-type: none"> • Maintenir ou restaurer la qualité du sol et le cycle des nutriments • Maintenir ou restaurer les systèmes hydrologiques • Maintenir ou restaurer les zones riveraines.
Réduire l'impact des facteurs de stress biologique existants	<ul style="list-style-type: none"> • Maintenir ou améliorer la capacité des forêts à résister aux insectes nuisibles et aux agents pathogènes. • Empêcher l'introduction et l'établissement d'espèces végétales envahissantes et éliminer les espèces envahissantes existantes. • Gérer les herbivories pour protéger ou promouvoir la régénération.
Protéger les forêts contre les incendies graves et les perturbations dues au vent	<ul style="list-style-type: none"> • Modifier la structure ou la composition de la forêt pour réduire le risque ou la gravité des incendies. • Établir des coupes de combustible pour ralentir la propagation d'un incendie catastrophique. • Modifier la structure de la forêt pour réduire la gravité ou l'étendue des dommages causés par le vent et la glace.
Maintenir ou créer des refuges	<ul style="list-style-type: none"> • Donner la priorité et protéger les populations existantes sur des sites uniques. • Donner la priorité et protéger les espèces ou les communautés sensibles ou en danger. • Établir des réserves artificielles pour les espèces en danger et les espèces déplacées.
Maintenir et renforcer les espèces et la diversité structurelle	<ul style="list-style-type: none"> • Promouvoir la diversité des classes d'âge. • Maintenir et restaurer la diversité des espèces d'arbres indigènes. • Conserver les héritages biologiques. • Restaurer le feu dans les écosystèmes adaptés au feu. • Créer des réserves pour protéger la diversité des écosystèmes.
Augmenter la redondance des écosystèmes dans le paysage	<ul style="list-style-type: none"> • Gérer les habitats sur une gamme variée de sites et de conditions. • Étendre les limites des réserves pour accroître la diversité.
Promouvoir la connectivité du paysage	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliser la planification à l'échelle du paysage et les partenariats pour réduire la fragmentation et améliorer la connectivité. • Créer et étendre les réserves et les réseaux de réserves pour relier les habitats et protéger les communautés clés. • Maintenir et créer des corridors d'habitats par le biais du reboisement ou de la restauration.

Stratégie	Approches
Renforcer la diversité génétique	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliser des graines, du germoplasme et d'autres matériels génétiques provenant d'une plus grande zone géographique ; • Augmenter la diversité du matériel de pépinière (semence) pour les espèces ou les génotypes susceptibles de réussir. • Favoriser les génotypes existants qui sont mieux adaptés aux conditions futures.
Faciliter les ajustements de la communauté par la transition des espèces	<ul style="list-style-type: none"> • Anticiper et réagir au déclin des espèces. • Favoriser ou restaurer les espèces indigènes censées s'adapter aux conditions futures. • Gérer les espèces et les génotypes présentant une large tolérance à l'humidité et à la température. • Mettre l'accent sur les espèces et les populations tolérantes à la sécheresse et à la chaleur. • Protéger la régénération adaptée aux conditions futures des herbivores. • Établir ou encourager de nouveaux mélanges d'espèces indigènes.
Planifier et réagir aux perturbations	<ul style="list-style-type: none"> • Se préparer à des perturbations plus fréquentes et plus graves. • Se préparer à réorienter la gestion des écosystèmes fortement altérés pour répondre aux conditions environnementales futures prévues. • Revégétaliser rapidement les sites après une perturbation. • Permettre la régénération naturelle des zones après une perturbation. • Éliminer ou empêcher l'établissement de concurrents envahissants et autres après une perturbation.

Adapté selon Butler et al. (2012)

Les refuges climatiques sont des zones spécifiques où le climat et les circonstances biophysiques associées sont susceptibles de rester stables, avec un faible impact sur la biodiversité, alors que d'autres endroits subissent les effets du changement climatique. Il peut également s'agir de zones abritant des climats qui conviennent aux espèces des zones environnantes affectées par le changement climatique, mais qui leur conviennent. Parmi les exemples de ces derniers types de refuges nous pouvons citer les hauts plateaux, les chaînes de montagnes et les courants d'air froid.



Activity 6.2 Remue-méninges (15 Minutes)

Identifiez les différentes stratégies qui peuvent renforcer la résilience, résister aux changements potentiels ou les amener à réagir aux changements.

6.3 Programmes d'action nationaux d'adaptation (PANA), Plans nationaux d'adaptation (PNA)

Pour faire face aux impacts du changement climatique, l'adaptation devient progressivement une question internationale dont tous les pays ont besoin. Lors de sa dix-septième session, la Conférence des Parties à la CCNUCC a reconnu l'importance des PNA afin que tous les pays en développement et les pays moins avancés (PMA) puissent évaluer leur vulnérabilité, intégrer les risques liés au changement climatique et s'adapter. Les programmes d'Action National d'Adaptation aux Changements (PANA) ont été créés à l'origine pour servir de canaux par lesquels les PMA pouvaient accéder rapidement à un soutien pour gérer les nouveaux et les niveaux accrus de vulnérabilité aux inondations, à la sécheresse et aux autres effets néfastes du changement climatique et devaient tirer parti des mesures gagnantes qui éviteraient des dommages accrus et Les pays sont censés surveiller, examiner, mettre à jour et rendre compte périodiquement de leurs progrès à la CCNUCC par le biais de leurs communications nationales (CN). Les PMA sont plus vulnérables aux impacts climatiques et sont aidés par leurs PANA soumis à la CCNUCC. Les PANA ont été lancés par la CCNUCC en 2001 pour aider les PMA à identifier leurs actions les plus critiques et prioritaires en l'absence desquelles la vulnérabilité et/ou les coûts sont accrus. Les parties des PMA ont préparé les documents (PANA) décrivant les activités urgentes ou prioritaires, répondant à leurs besoins spécifiques pour faire face au changement climatique. Des efforts et des progrès substantiels ont été réalisés par les nations en développement pour préparer leurs CN à créer des PANA, en suivant les directives de la CCNUCC en matière de rapports. Les PANA sont ensuite présentés aux donateurs mondiaux pour obtenir un financement. La figure 19 montre les neuf étapes de l'élaboration des PANA.

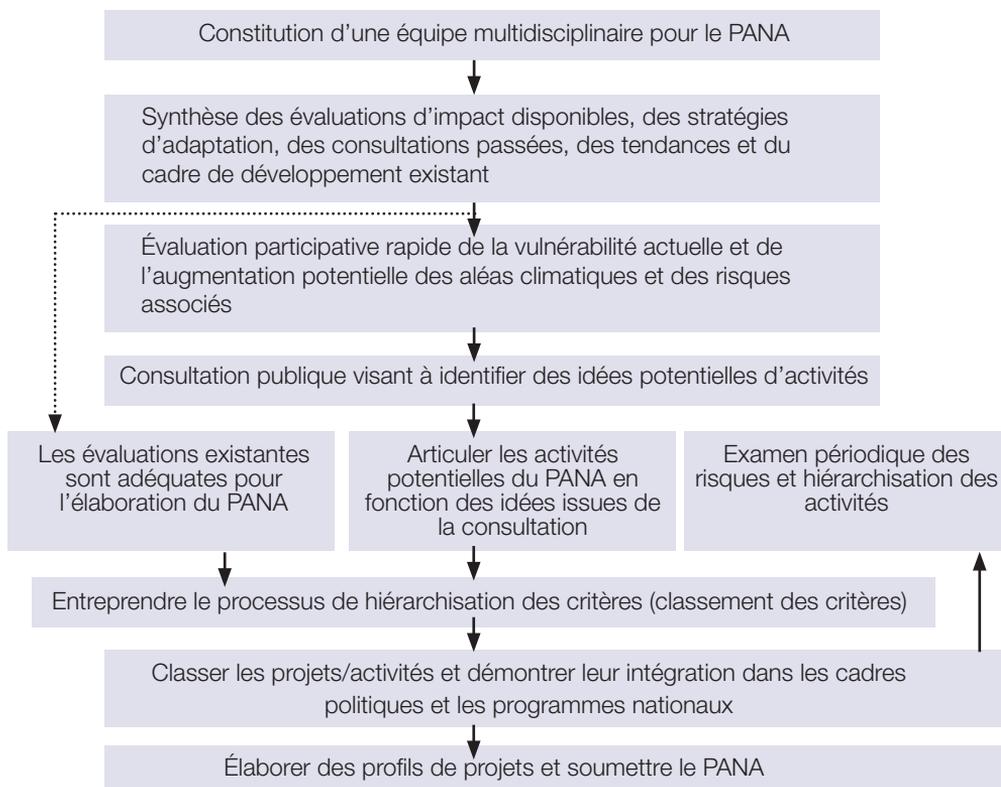


Figure 19. Étapes de l'élaboration des PANA. Détails accessibles à : <https://www.uncclearn.org/sites/default/files/inventory/unfccc65.pdf>

Le processus PANA a impliqué la mise en place d'équipes multidisciplinaires d'experts nationaux, issus d'agences gouvernementales, de la société civile et des communautés locales, pour préparer le PANA et coordonner sa mise en œuvre. L'engagement d'experts nationaux a permis de garantir la réussite du processus de préparation du PANA et a également contribué à renforcer l'expérience et la capacité d'adaptation. Les PANA sont élaborés pour aider la planification nationale en tant que cadre de la politique d'adaptation (CPA) pour évaluer la vulnérabilité et développer des stratégies d'adaptation (Adger et al., 2007).

Des informations et des procédures importantes pour l'intégration du changement climatique sont fournies dans les PANA, reconnaissant l'importance de l'implication de la communauté comme source d'information clé et le fait que les communautés sont les principales parties prenantes. Les informations existantes sont utilisées en considérant les stratégies d'adaptation existantes au niveau de la base et en s'appuyant sur ces informations pour identifier les stratégies importantes au lieu de se concentrer sur des modèles basés sur des scénarios pour évaluer la vulnérabilité à long terme et les politiques nationales. Les PANA n'ont généralement pas pour objectif d'intégrer l'ACC dans la planification du développement, mais ils peuvent contribuer à l'incliner et suggèrent souvent l'intégration comme une intervention importante.

Les questions d'intégration du changement climatique liées à la vulnérabilité et à l'adaptation ont été mises à l'ordre du jour de la COP 7 à Marrakech, au Maroc, en 2001, où il a été décidé qu'un soutien spécial devait être accordé à un groupe de PMA pour l'élaboration du PANA (Burton et Lim, 2005). La COP 7 a également soutenu davantage les activités d'adaptation par une forte reconnaissance des besoins particuliers des pays en développement (Adger et al., 2003). L'encadré 6.1 présente des exemples de pays africains dont les PANA comportent une composante forestière.

Encadré 6.1 Les forêts pour l'adaptation au changement climatique dans les PANA Africains

En Afrique, la prise en compte de l'adaptation dans le secteur forestier n'est pas bien définie et l'intégration dans les politiques fait défaut. Toutefois, certains PANA ont proposé des actions d'adaptation liées à la foresterie. Les stratégies forestières des PANA visent la GDF plutôt que l'ACC et comprennent les éléments suivants :

- Le boisement/reboisement et la restauration des forêts à l'aide d'espèces adaptées au climat futur et d'espèces d'arbres à croissance rapide résistant aux perturbations, telles que les insectes nuisibles, les agents pathogènes et les incendies (par exemple, au Burundi, en Érythrée, à Samoa et en Tanzanie) ;
- la gestion communautaire des forêts et le reboisement (par exemple, en Éthiopie, en Tanzanie et en Zambie) ; et
- la GDF et les aires protégées pour promouvoir la conservation des forêts (par exemple, à Djibouti, en République démocratique du Congo (RDC), en Guinée, en Guinée-Bissau, au Sénégal et en Tanzanie) (<https://www.cirad.fr/en>).

Il est difficile d'extrapoler, à partir des connaissances écologiques actuelles, la manière dont les écosystèmes s'adapteront à un climat changeant et la manière dont la vulnérabilité cumulative des écosystèmes pourrait évoluer, bien que les modèles montrent que le changement climatique affectera très probablement la distribution des écosystèmes et des espèces, avec des conséquences sur le flux des services écosystémiques. La mauvaise adaptation et les stratégies d'adaptation à court terme peuvent créer des pressions supplémentaires sur les écosystèmes, par exemple si les produits forestiers utilisés comme filets de sécurité proviennent de forêts non gérées durablement. Il est nécessaire d'accroître les

liens inter-échelles et intersectoriels dans la planification de l'adaptation, car les avantages et les coûts de gestion des écosystèmes se produisent généralement à différents endroits et dans différents secteurs de la société.

6.3.2 Plans Nationaux d'Adaptation

Le processus des PANA a été conçu pour produire un programme d'action national d'adaptation, tandis que le processus des PNA crée un système complet par lequel les pays peuvent intégrer l'ACC dans la planification nationale et produire des PNA sur une base continue. À cet égard, le processus PNA s'appuie sur les réalisations et les enseignements tirés du processus PANA pour élaborer des plans d'adaptation à moyen et long terme (LDCEG, 2012). Les PNA sont apparus comme un mécanisme important pour rassembler plusieurs efforts d'adaptation dans des approches nationales logiques et durables. Le processus de la CCNUCC aide les pays à faire face aux risques climatiques par le biais des PNA, qui détaillent les mesures visant à rendre les nations et les communautés résilientes aux impacts du changement climatique. Par le biais d'organes et de comités d'experts, la CCNUCC soutient les gouvernements tout au long du cycle d'adaptation : science et observation, planification et mise en œuvre, rapports, suivi et examen.

Les procédures de formulation et de mise en œuvre des PNA visent à réduire la vulnérabilité, à intégrer l'adaptation et à fournir une occasion d'aborder les synergies entre adaptation et développement. Compte tenu de leur succès en tant qu'instruments de planification, des ressources disponibles pour les soutenir, de leur nature itérative et de leurs formats flexibles pilotés par les pays, les PNA constituent une excellente option pour soutenir la mise en œuvre de mesures d'adaptation renforcées.

Les lignes directrices de la CCNUCC présentent le processus du PNA avec quatre éléments et 17 étapes (figure 20), soutenus par des principes directeurs (encadré 6.2). Les objectifs du processus du PNA sont les suivants :

- développer les capacités d'adaptation et accroître la résilience afin de réduire la vulnérabilité au changement climatique ; et
- faciliter l'intégration cohérente de l'ACC dans les politiques, programmes et activités appropriés, nouveaux et existants, en particulier dans les processus et stratégies de planification du développement, dans tous les secteurs et à différents niveaux, selon le cas (décision 5/CP.17, paragraphe 1).

Encadré 6.2 Principes directeurs pour les PNA

Au paragraphe 3 de la décision 5/CP.17, la Conférence des Parties (COP) a convenu que l'action renforcée en matière d'adaptation devrait :

- être assumée en accord avec la Convention ;
- suivre une approche pilotée par le pays, participative, sensible au genre et totalement transparente, en tenant compte des groupes, communautés et écosystèmes vulnérables ;
- **être fondée et guidée par les meilleures connaissances scientifiques existantes et, le cas échéant, par les connaissances traditionnelles et locales, ainsi que par des approches tenant compte du genre, en vue d'intégrer l'adaptation dans les politiques et mesures sociales, économiques et environnementales pertinentes, s'il y a lieu ; et**
- ne pas être normatifs, ni entraîner la répétition des efforts mis en œuvre dans les pays, mais faciliter les actions menées par les pays eux-mêmes et sous leur impulsion.

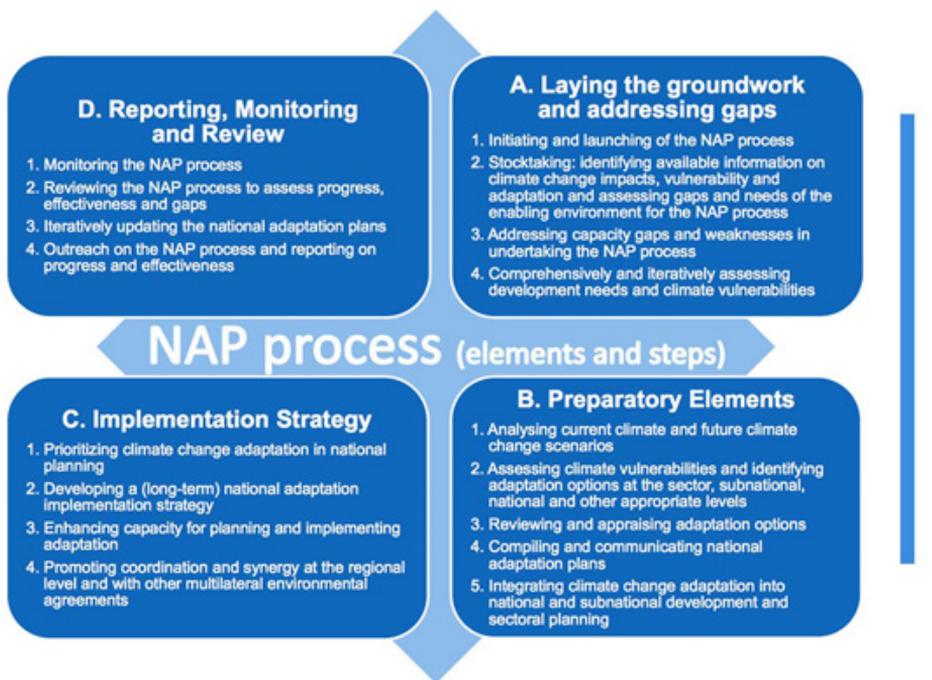


Figure 20. Éléments et étapes des directives techniques pour le processus des PNA dans le cadre de la CCNUCC

Processus PNA (éléments et étapes)

A. Jeter les bases et combler les lacunes

1. Lancement et lancement du processus PNA
2. Bilan : identifier les informations disponibles sur les impacts du changement climatique, la vulnérabilité et l'adaptation et évaluer les lacunes et les besoins d'un environnement propice au processus PNA
3. Comblent les lacunes et les faiblesses des capacités dans la mise en œuvre du processus PNA
4. Évaluation complète et itérative des besoins de développement et des vulnérabilités climatiques

B. Éléments préparatoires

1. Analyser les scénarios actuels et futurs de changement climatique
2. Évaluer les vulnérabilités climatiques et identifier les options d'adaptation aux niveaux sectoriel, infranational, national et autres niveaux appropriés
3. Examiner et évaluer les options d'adaptation
4. Compilation et communication des plans nationaux d'adaptation
5. Intégration de l'adaptation au changement climatique dans le développement du développement national et infranational et la planification sectorielle

C. Stratégie de mise en œuvre

1. Donner la priorité à l'adaptation au changement climatique dans la planification nationale
2. Élaboration d'une stratégie nationale de mise en œuvre de l'adaptation (à long terme)
3. Renforcement des capacités de planification et de mise en œuvre de l'adaptation
4. Promouvoir la coordination et la synergie au niveau régional et avec d'autres accords multilatéraux sur l'environnement

D. Établissement de rapports, suivi et examen

1. Suivi du processus PNA
2. Examen du processus PNA pour évaluer les progrès, l'efficacité et les lacunes
3. Mise à jour itérative des plans nationaux d'adaptation
4. Sensibilisation au processus PNA et rapports sur les progrès et l'efficacité

L'élaboration et la mise en œuvre des PNA posent plusieurs problèmes aux pays en développement, notamment le renforcement des capacités, le financement, le développement et le transfert de technologies. La mise en place de structures institutionnelles et de coordination pour l'ACC reste un défi majeur pour la plupart des nations développées et en développement. Le processus de formulation et de mise en œuvre des PNA peut soutenir avec succès le renforcement des mesures d'adaptation et le développement d'approches intégrées de l'adaptation, du développement durable et de la RRC. Les PNA ont le potentiel pour devenir un instrument clé pour faciliter l'intégration de l'adaptation dans le développement durable. Les PNA offrent des opportunités exceptionnelles pour soutenir la mise en œuvre d'activités d'adaptation améliorées car ce sont des instruments de planification efficaces, ils sont soutenus par des financements, ils sont flexibles et dirigés par les pays.

6.3.3 Législation et politiques d'adaptation au changement climatique

L'accord de Paris exige de tous les pays de mettre en œuvre leur contributions déterminées au niveau national (CDNs). Pour maintenir l'augmentation de la température moyenne en dessous de 20 °C, les pays doivent introduire de nouvelles lois et politiques, réexaminer, réviser et intensifier leurs politiques et lois opérationnelles pour être à la hauteur des ambitions de l'Accord de Paris, ainsi que des questions de suivi, de notification et de vérification (SNV). Le succès de l'Accord de Paris dépend de la capacité des pays à importer les objectifs approuvés au niveau international dans des politiques et des lois nationales légitimes et à traduire ces objectifs en actions. Cependant, toutes les Parties à l'Accord de Paris ont au moins une loi axée sur le changement climatique ou sur une certaine transition vers un développement à faible teneur en carbone. En mars 2018, plus de 1500 lois et politiques climatiques ont été produites dans le monde, et 106 cadres législatifs supplémentaires ont été introduits depuis l'Accord de Paris. Environ 139 pays disposent de lois-cadres qui traitent de l'atténuation ou de l'adaptation climatique de manière holistique (Nachmany et Setzer, 2018).

La plupart des lois sur le changement climatique portent sur l'atténuation ou l'adaptation au changement climatique. La base de données des lois sur le changement climatique dans le monde (Climate Change Laws of the World) montre qu'environ 99 pays ont téléchargé des politiques/lois liées à l'atténuation et à l'adaptation. Environ 65 de ces pays ont soumis des politiques/lois relatives à l'ACC jusqu'en 2018, mais seuls neuf d'entre eux proviennent d'Afrique subsaharienne. Les politiques/lois d'adaptation Africaines portent principalement sur la gestion des catastrophes et des risques (Kenya, Mali, Ghana et Tanzanie), la stratégie nationale de réponse au changement climatique (Zambie), la stratégie nationale d'adaptation et la loi sur l'organisation de la gestion des catastrophes (Ghana) et le PAN du Burkina Faso. Clare et al. (2017) ont montré qu'environ 139 pays ont tenté de faire face au changement climatique par le biais de lois-cadres, qui ont fixé l'agenda, créé des infrastructures institutionnelles pour l'action et provoqué une dynamique qui a augmenté l'adoption de la législation ultérieure.

Les études de cadre politique d'adaptation (CPA) peuvent prendre la forme d' :

- **approche basée sur la vulnérabilité** : déterminer comment les aléas climatiques futurs sont susceptibles d'affecter la vulnérabilité actuelle ou souhaitée ;
- **approche basée sur les aléas (naturels)** : analyse des résultats probables d'un aléa climatique particulier ;

- **approche fondée sur la capacité d'adaptation** : analyse des obstacles à l'adaptation et propositions sur la manière de les surmonter ; et
- **approche fondée sur les politiques** : étude de l'efficacité d'une politique existante ou proposée compte tenu d'une exposition ou d'une sensibilité fluctuante.



Activité 6.4 Révision (10 minutes)

1. Faites la distinction entre NAPA et PNA.
2. Expliquez l'importance des PNA.
3. Décrivez les formes de cadres politiques d'adaptation.



Résumé

Au cours de cette session, nous avons examiné les dispositions internationales prises dans le cadre de la CCNUCC pour faciliter l'adaptation dans les pays en développement. Le processus des PANA a été conçu pour produire des programmes d'action nationaux d'adaptation et le processus des PNA s'appuie sur les réalisations et les enseignements tirés du processus des PANA pour établir des plans d'adaptation à moyen et long terme. Le processus des PNA est censé créer un système complet grâce auquel les pays peuvent intégrer l'ACC dans la planification nationale et produire et mettre à jour en permanence les PNA. À cet égard, les processus disposent de lignes directrices claires pour la mise en œuvre dans le cadre de la CCNUCC. Le succès de l'Accord de Paris dépend de la capacité des pays à importer les objectifs approuvés au niveau international dans des politiques et des lois nationales légitimes et à traduire ces objectifs en actions. Il existe plusieurs formes de cadres politiques d'adaptation qui peuvent être appliquées.

6.4 Les défis de l'adaptation

Les changements survenant dans un système de la planète peuvent en affecter d'autres et les mesures prises pour limiter le changement climatique ou s'y adapter peuvent entraîner 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 au risque, 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 une limite à l'adaptation. Les limites peuvent être d'ordre écologique, physique, économique, technologique ou sociétal et elles seront abordées dans cette section.



Résultats d'apprentissage : A la fin de cette section, les apprenants devraient être capables de :

- i. identifier les défis techniques de l'ACC ;
- ii. expliquer les défis sociaux de l'ACC ;
- iii. expliquer les défis financiers et économiques de l'adaptation ; et
- iv. expliquer les défis politiques et institutionnels de l'ACC.



Activité 6.5 (Remue-méninges) (10 minutes)

Selon vous, quels sont les principaux obstacles et défis de l'ACC ?

6.4.1 Lacunes et obstacles en matière d'adaptation

Malgré les avantages que peuvent procurer les pratiques d'adaptation, les obstacles qui pourraient rendre les individus réticents sont nombreux. De nombreux facteurs compliquent et entravent la compréhension, l'initiation, la mise en œuvre et le soutien du public aux actions visant à réduire les émissions de GES et à encourager l'adaptation. Le changement climatique ajoute aujourd'hui de nouveaux défis liés aux nombreuses incertitudes en jeu, 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 saper la résilience fondamentale 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.

Moser et Ekstrom (2010) 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 d'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. En outre, le manque de capacités au sein de l'organisation, notamment l'insuffisance des fonds alloués à 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. L'encadré 6.3 présente certains des principaux obstacles à l'ACC.

Encadré 6. 3 Obstacles à l'adaptation

- **Environnement politique médiocre** : l'environnement politique n'offre pas les conditions nécessaires pour soutenir les investissements spécifiques au secteur (par exemple, aucune spécification pour que les entreprises mettent en œuvre des actions de gestion des risques de catastrophe).
- **Environnement institutionnel médiocre** : absence d'institutions ou d'infrastructures juridiques et réglementaires pour soutenir l'investissement (par exemple, régime foncier, droits, 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 initier et établir un investissement réussi font défaut (par exemple, pas d'expertise sectorielle locale ou de chaîne de valeur spécifique au secteur).
- **Valeur ajoutée incertaine ou inconnue** : les utilisateurs ne sont pas conscients de la valeur ou du bénéfice de la technologie ou de son incertitude ; 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 du produit ou service d'adaptation.
- **Obstacles cognitifs** : comprend des explications alternatives sur les événements extrêmes et les conditions météorologiques, comme la religion (la volonté de Dieu), les ancêtres et la sorcellerie, ou le fait de considérer que ces changements sont hors du contrôle des personnes.
- **Barrières informationnelles** : manque d'informations sur les prévisions de changement climatique et la météo, l'agroforesterie et/ou le boisement, les différentes variétés de cultures et les stratégies d'adaptation (Niang et al., 2014 ; Hallmeyer et Tonkonogy, 2018).

6.4.2 Défis politiques/institutionnels

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). Dans certains cas, l'absence de stratégies de mise en œuvre pratiques, les interférences politiques et les différents niveaux de mise en œuvre (village, quartier, district, province, national, etc.) entravent les efforts d'adaptation. Le changement climatique est un phénomène mondial qui nécessite des efforts de la part des pays développés et en développement.

La collaboration intersectorielle et interministérielle n'est pas toujours claire quant à la manière de consolider l'ensemble complexe d'acteurs et leurs activités. Les inefficacités politiques et institutionnelles font que la priorisation des initiatives d'ACC en Afrique australe est bloquée par d'autres questions telles que l'atténuation, les catastrophes et les risques (Chevallier, 2012 ; Nciizah et al., 2021).

En outre, les questions de gouvernance forestière peuvent constituer un obstacle à la réussite des actions forestières en matière de changement climatique et Atyi (2017) a identifié cinq obstacles liés à la gouvernance forestière :

- une mauvaise application des lois et réglementations forestières ;
- une influence politique envahissante sur la politique forestière et la prise de décision ;
- l'absence de planification de l'utilisation des terres ;
- le manque de coordination entre les ministères du gouvernement ; et
- un secteur informel important mais mal contrôlé.

6.4.3 Défis techniques/technologiques

L'un des défis à relever est celui de la compréhension du comportement des écosystèmes lorsqu'ils s'adaptent à un climat changeant et de la manière dont la vulnérabilité croissante 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 la manière dont il affecte le flux des services écosystémiques. L'inadaptation et les stratégies d'adaptation à court terme créent un défi en générant des pressions supplémentaires sur les écosystèmes. Par exemple, lorsque les PFNLs utilisés comme filets de sécurité sont collectés dans des forêts qui ne sont pas gérées durablement (Apeaning, 2019).

Pour surmonter certains de ces défis, la planification de l'adaptation doit être liée aux différents secteurs et échelles. La mauvaise qualité des semences et l'absence d'intrants, attribuée à l'absence de contrôles de qualité de la part des pouvoirs publics et aux pratiques commerciales corrompues des négociants, ainsi que le faible accès aux marchés et l'insécurité des régimes fonciers, sont quelques-uns des défis à relever (Onyango et al., 2020). Les connaissances ou les capacités techniques sont souvent plus faibles dans les pays en développement que dans les pays développés. Par exemple, les questions relatives aux arbres et aux options de gestion forestière adaptées aux climats futurs et la manière de minimiser les impacts négatifs du changement climatique. La plupart des politiques existantes n'appliquent pas les cadres de l'approche paysagère pour la mise en œuvre des objectifs climatiques et de développement (Aronson et al., 2019).

La mise en œuvre des CDN et des PANA ne permet pas d'utiliser les outils et actions politiques spécifiques aux projets forestiers. Il y a une incapacité à considérer soigneusement et à prendre en compte dans le potentiel des arbres à fournir des services écosystémiques sous un climat changeant (Chambwera et al., 2014). Il existe également des défis liés aux méthodes et outils scientifiques permettant d'évaluer les arbres utiles dans diverses perspectives socio-écologiques et à l'indisponibilité des données et des informations pour toutes les parties prenantes. Les actions d'adaptation peuvent avoir des résultats directs et mesurables, même si les impacts du changement climatique sur la vulnérabilité ne sont généralement pas directement visibles à court terme, mais peuvent être évidents seulement sur une longue période (par exemple plusieurs décennies), où il y aura différentes interprétations sur les caractéristiques du succès de l'adaptation (Ford et al., 2015).

Il est d'autant plus difficile de démêler le rôle joué par l'adaptation parce 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. 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 modes de développement, du déplacement des risques vers d'autres groupes et de la création d'un parcours de dépendance, ce qui remet en question le maintien des interventions (Fazey et al., 2010 ; Schirmer et Yabsley, 2018).

Les besoins d'adaptation, les risques et les décisions concernant les risques climatiques potentiels varient fortement selon les secteurs économiques/ressources et les régions. Le niveau et la rapidité de

l'adaptation dans les pays en développement sont affectés par leurs progrès technologiques. En outre, les pays en développement comprennent mal et développent peu de SAP fiables. 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 ne sont pas suffisants et sont difficiles à modéliser en raison de la couverture éparse et des enregistrements numérisés courts et fragmentés disponibles (Boko et al., 2007). Il existe également des agences météorologiques disposant de peu de ressources et n'ayant pas l'expertise nécessaire dans le pays pour interpréter et utiliser les informations climatiques pour la planification et la prise de décision (Dinku et al., 2011).

6.4.4 Défis financiers et économiques

Plusieurs facteurs sont liés aux difficultés économiques de l'adaptation au changement climatique, notamment le manque de moyens financiers, une préparation adéquate et une réaction rapide aux catastrophes liées au changement climatique. L'adoption de certaines stratégies d'adaptation peut être entravée par des résultats décourageants, par exemple une éventuelle réduction des rendements agricoles à court terme. Savidou et al. (2021) ont montré que le faible taux de décaissement du financement de l'adaptation en Afrique (46%) entre 2014 et 2018, est lié aux obstacles qui entravent la mise en œuvre complète des projets d'adaptation tels que : le faible rapport entre les subventions et les prêts, les exigences de co-financement, les règles rigides des fonds climatiques et la capacité inadéquate de programmation dans de nombreux pays. Les coûts élevés des actions d'adaptation peuvent nécessiter des apports extérieurs pour les communautés pauvres. Les avantages intangibles de certaines actions (adaptation ou limitation des émissions) ne sont généralement pas clairs pour les profanes. Il n'y a pas de marchés prêts pour les biens et services des écosystèmes, les processus pour obtenir des fonds environnementaux mondiaux sont compliqués et longs. Les retours sur investissement sont incertains. L'absence de prise en compte du risque climatique dans les décisions d'investissement et les coûts initiaux élevés des technologies.

Certaines stratégies d'adaptation suscitent un certain découragement en raison d'éventuelles réductions du rendement des cultures à court terme. Les coûts et les avantages des différents plans d'action (adaptation ou limitation des émissions) sont généralement mal connus et difficiles à quantifier, car de nombreux biens naturels et services écosystémiques susceptibles d'être affectés par le changement climatique n'ont pas de valeur marchande ou sont évalués d'une manière qui ne reflète pas réellement les valeurs sociales.

Pour en savoir plus :

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](https://doi.org/10.1080/14693062.2021.1978053).

6.4.5 Défis socio-économiques

Les défis socio-économiques sont liés aux défis financiers mentionnés ci-dessus, notamment le manque de moyens financiers et le découragement résultant d'éventuelles réductions à court terme du rendement des cultures pour certaines stratégies d'adaptation. Les coûts et les avantages des différents plans d'action sont difficiles à quantifier, car de nombreux biens naturels et services écosystémiques susceptibles d'être affectés par le changement climatique n'ont pas de valeur marchande ou sont évalués d'une manière qui ne reflète pas réellement les valeurs sociales. En Afrique, 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).

Les agriculteurs peuvent devenir réticents en raison de leurs propres perceptions, points de vue et croyances sur le changement climatique, exacerbés par une capacité économique d'adaptation inadéquate pour la plupart des ruraux pauvres (IPCC, 2014). La compréhension du public sur le changement climatique est perturbée par un soutien inadéquat à l'initiation et à la mise en œuvre de mesures d'adaptation.



Activité 6. 6 Révision

1. Donnez un aperçu des défis politiques ou institutionnels de l'adaptation
2. Quels sont les défis technologiques et sociaux ? et
3. Donnez des exemples de défis socio-économiques pour l'adaptation au changement climatique.

6.5 Études de cas sur les stratégies d'adaptation au changement climatique basées sur les forêts

Les deux études de cas suivantes, réalisées en Éthiopie et en Guinée, documentent les stratégies d'adaptation au changement climatique basées sur les forêts.

Résilience des moyens de subsistance et protection des écosystèmes en Éthiopie

En Éthiopie, les communautés gèrent les terres de pâturages en appliquant des restrictions sur le pâturage ouvert du bétail dans des zones désignées, ce qui entraîne la régénération des zones situées le long des collines. Les communautés ont également entrepris des activités intégrées de conservation des sols et de l'eau afin d'accroître la productivité agricole et de protéger les ressources de base. Environ 3049 ha de terres dans six micro-bassins versants ont été réhabilités. En outre, six pépinières ont été créées et environ 892000 arbres et graminées différents ont été cultivés et plantés. Parmi les espèces plantées, on trouve 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. L'huile de jatropha extraite permet 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.

Adaptation dans les zones côtières de la Guinée

Le projet de gestion côtière s'est concentré sur le renforcement de la protection des communautés et des zones côtières vulnérables contre les effets néfastes du changement climatique. Environ 94169 personnes (56% de femmes et 44% d'hommes) dans 35 districts de Guinée travaillent sur une approche intégrée de mesures de protection côtière et de restauration des terres. Les activités de protection du littoral comprennent l'enlèvement du limon et de la sédimentation le long de 4200 mètres de canaux de drainage à Kaback et la construction de 13000 mètres de digues en pierre à Kaback, Kakossa, Koba et Kito entre 50 et 150 mètres de la mer. Environ 879 ha de terres agricoles qui avaient été abandonnées en raison de l'invasion d'eau salée ont été restaurés. En outre, 1 356 ha de rizières ont été protégés contre l'intrusion d'eau salée, les inondations par l'eau salée et l'érosion des canaux. Cela devrait permettre d'augmenter les rendements en riz de 600 kilogrammes par ha à 2 500 kg/ha, améliorant ainsi la sécurité alimentaire de ces communautés. 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 en riz.

Le projet est également axé sur la protection des mangroves mais se concentre sur cinq activités :

- une association communautaire gérant 200 ruches ;
- un four de production de charbon de bois efficace utilisé avec un nom local « la meule casamançaise ». Environ huit hectares ont été 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 ;
- l'amélioration des fourneaux de cuisine, avec une efficacité accrue de 35% ;
- la culture d'huîtres pour diversifier les revenus ; et
- 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 (provenant principalement des forêts de mangrove) pour produire une tonne de sel.



Résumé

Dans cette section, nous avons appris qu'il existe des défis aux initiatives d'ACC, notamment des barrières et des lacunes dans les initiatives d'adaptation. Ces obstacles peuvent être d'ordre social, économique, institutionnel/de gouvernance, technologique, informationnel ou personnel/cognitif. De même, les défis peuvent être classés dans les mêmes catégories et comprennent l'insuffisance du 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 conduisent le processus des initiatives d'adaptation et les bénéfices obtenus de ces actions sont importants comme motivation pour la durabilité. Les défis sociaux de l'ACC sont liés aux caractéristiques sociales des communautés qui les exposent aux impacts d'un climat changeant.

6.6 Initiatives d'adaptation en Afrique

Dans la section précédente, nous avons pris connaissance des obstacles et des défis rencontrés lors de la planification et de la mise en œuvre des initiatives d'adaptation. Dans cette section, nous abordons les CDN, les mécanismes de bénéfices de l'adaptation et d'autres initiatives Africaines. Les initiatives d'adaptation sont basées sur les propositions soumises dans les CDN.



Acquis d'apprentissage :

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

- i. donner un aperçu de certaines des initiatives d'adaptation africaines ;
- ii. expliquer les Contributions prévues déterminées au niveau national (CPDNs) ; et
- iii. expliquer le mécanisme des bénéfices de l'adaptation.



Activité 6. 7 (Remue-méninges) (10 Minutes)

Partagez vos expériences sur les initiatives Africaines d'adaptation

6.6.1 Adaptation des contributions déterminées au niveau national (CDN)

Les décisions 1/CP.19 et 1/CP.20 de la COP, attendaient de toutes les parties qu'elles communiquent leurs CPDNs avant la COP 21 en affichant clairement la transparence, la compréhension et la clarté de leurs CPDNs. Celles-ci exposent les mesures que les gouvernements se proposent d'entreprendre pour lutter contre le changement climatique. Les CPDNs devaient présenter publiquement les activités climatiques de chaque pays pour la période post-2020, à la suite d'un nouvel accord international. Lorsque les pays adhèrent aux CPDNs, le succès mondial de l'accord ambitieux de 2015 pour un avenir à faible teneur en carbone et résilient au changement climatique est garanti.

Le CPDN est transformé en CDN après avoir formellement rejoint l'Accord de Paris en soumettant un instrument de ratification, d'acceptation, d'approbation ou d'adhésion. L'Accord de Paris de 2015 (article 4, paragraphe 2) exige de chaque Partie qu'elle formule, communique et soutienne des CDN consécutives pour réduire les émissions nationales et s'adapter aux impacts du changement climatique. Les Parties doivent suivre les actions nationales d'atténuation et d'adaptation, en vue d'atteindre les objectifs de leurs contributions. La soumission des CDN au Secrétariat de la CCNUCC est requise tous les cinq ans.

Les CDN séquentiels devraient signifier un progrès lié aux CDN précédents et reflétant les ambitions potentielles maximales. Les prochains CDN, nouveaux ou mis à jour, sont requis d'ici 2020 et tous les cinq ans par la suite pour toutes les parties, quel que soit leur stade de mise en œuvre. À cet égard, 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'Accord de Paris et de ses objectifs à long terme.

L'Accord de Paris adopté lors de la COP21 de la CCNUCC a encouragé les Parties à mettre en place des programmes comprenant la mise en œuvre de REDD+ et d'activités conjointes d'atténuation et d'adaptation, en prenant en considération les avantages autres que les bénéfices. Les forêts sont importantes pour les options d'atténuation et d'adaptation, comme en témoigne leur inclusion dans la plupart des CPDNs. Environ 190 Parties avaient communiqué leur CPDNs en avril 2018, dont 48 étaient des nations Africaines. Les composantes d'adaptation données dans les CPDNs ont montré quelques incertitudes méthodologiques associées à l'évaluation.

Les CPDNs ont identifié plusieurs secteurs vulnérables, notamment : l'agriculture, l'énergie, les ressources en eau, la santé, la sylviculture, la biodiversité, l'énergie, les établissements, le tourisme et les infrastructures. Quelques parties (3) ont reconnu la vie sauvage comme l'un des secteurs vulnérables. Les CPDN 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. Fobbis et al. (2019) ont analysé les options d'adaptation Africaines sous l'agriculture, la foresterie et autres affectations des terres (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 52 pays Africains.

6.6.2 Mécanismes des avantages de l'adaptation

La BAD a mis au point un nouveau mécanisme de financement appelé Mécanisme des Bénéfices de l'Adaptation (MBA), qui s'inspire d'expériences antérieures avec des mécanismes de marché et vise à inciter à investir dans des activités qui contribuent à l'adaptation. Le MBA a été lancé en mars 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), conformes à l'Accord de Paris, aux CDN et aux ODD. Les projets MBA devraient avoir une large portée afin de couvrir tous les aspects de l'adaptation au changement climatique et de la résilience avec le soutien des FIC.

Les résultats du projet comprennent tout résultat qui rend les ménages, les communautés ou les économies moins vulnérables au changement climatique et les améliore sur le plan économique. Les phases pilotes en Côte d'Ivoire, au Rwanda et en Ouganda sont mises en œuvre respectivement par le Centre mondial d'agroforesterie et le Centre d'études sur la gouvernance et la sécurité humaine. Les projets couverts obtiennent des unités de bénéfices d'adaptation qui sont mesurées selon les méthodologies approuvées. Le MBA est un mécanisme non-marchand et les unités d'avantages d'adaptation ne peuvent pas être transférées.

6.6.3 Autres initiatives Africaines d'adaptation

Bien que les problèmes de gestion de l'environnement aient toujours été associés à des niveaux variables d'incertitude, d'informations limitées et de risques, il est nécessaire de repenser et de réformer les approches de gestion et de conservation face au changement climatique. En Afrique, les initiatives d'adaptation se sont principalement concentrées sur 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 sont axées sur la gestion des bassins versants, la gestion des aires protégées, le boisement/reboisement, la conservation des sols et de l'eau, l'agroforesterie et les moyens de subsistance alternatifs. Les adaptations signalées en Afrique sont principalement des pays recevant des fonds d'adaptation pour réduire la vulnérabilité et renforcer la résilience, principalement sous l'impulsion des gouvernements nationaux, des ONG et des institutions internationales, avec une participation minimale des niveaux inférieurs de gouvernement ou une collaboration entre les nations (Ford et al., 2015). Certaines des initiatives d'adaptation sont présentées dans l'encadré 6.4.

Encadré 6.4 Études de cas

Résoudre la dégradation des terres en Éthiopie

Le Fonds international de développement agricole a soutenu un projet visant à lutter contre la dégradation des terres en Éthiopie en utilisant l'approche de la gestion communautaire des ressources naturelles (CBNRM). Le projet a été mis en œuvre dans le bassin versant du lac Tana, situé dans le nord-ouest du pays, en se concentrant sur la lutte contre la dégradation des terres et la promotion de la gestion durable des terres afin d'augmenter la productivité agricole, les revenus des ménages, la sécurité alimentaire et la résilience 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/brotage pour le bétail.

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

Système d'utilisation des terres de vergers du Zimbabwe (PNUD, 2018)

Une communauté du quartier 7 du district de Chiredzi au Zimbabwe, comptant 624 membres, a planté 5 ha de vergers de manguiers 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 aient versé une cotisation unique de 5 dollars US. Ils ont ensuite reçu une aide pour clôturer la zone, réhabiliter le forage, installer un système de pompage d'eau à moteur diesel et un système 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, la direction de groupe, l'esprit d'entreprise, les coopératives et le développement du marché. Les agriculteurs ont ensuite proposé une contribution sous forme de cotisation mensuelle ou trimestrielle d'un dollar US pour améliorer la trésorerie du groupe. L'analyse coûts-bénéfices pour la production de mangues a été favorable, les participants ayant généré 27 500 dollars (soit 352 dollars par ménage et par an). Les coûts initiaux s'élevaient à 32 440 USD et ont été réduits à 260 USD 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 a été sèche et la plupart des agriculteurs n'ont obtenu aucune récolte des cultures pluviales. La diversification avec les arbres fruitiers est devenue un filet de sécurité pour les ménages, en particulier les plus vulnérables.

Résilience des moyens de subsistance et protection des écosystèmes, Rwanda

Au Rwanda, l'approche intégrée basée sur les écosystèmes a été encouragée 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. L'Office rwandais de l'agriculture paie les coopératives pour qu'elles produisent des plantules et plantent des arbres en utilisant un système de rémunération en espèces du travail et un réseau national de caisses d'épargne. Le programme « argent contre travail » couvre 10 sites de projet/coopératives d'environ 50 personnes chacune, recevant 1000 francs rwandais (1,5 USD) pour chaque tranche de 80 à 100 plants mis en terre, 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 5 millions de plants, dont 3 millions ont été plantés sur 386 ha dans quatre districts de la région de Gishwati. Les arbres, tels que les manguiers greffés, les avocatiers, les *Grevillea robusta*, les *Calliandra calothyrsus* et les *Podocarpus spp*, apportent de nombreux avantages. 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 fourragers 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 avantages environnementaux seront plus importants, car ils permettront 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 pluviales.



Activité 6. 8 Révision

1. Distinguer CPDN et CDN ;
2. Discuter de la pertinence du MBA pour le continent Africain
3. Expliquer certaines des initiatives d'ACC basées sur les forêts en Afrique.



Résumé

Dans cette section, nous avons appris que les CPDN définissent les mesures que les gouvernements proposent d'entreprendre pour lutter contre le changement climatique après 2020. La CPDN est ensuite transformé en CDN après avoir officiellement rejoint l'Accord de Paris en soumettant un instrument de ratification, d'acceptation, d'approbation ou d'adhésion. La BAD a développé le MBA dont les résultats de projet incluent tout résultat qui rend les ménages, les communautés ou les économies moins vulnérables au changement climatique et les améliore économiquement car les forêts apportent de multiples avantages d'adaptation, augmentant leurs chances de résister aux chocs induits par le climat. 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 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..

**PARTIE III:
ADAPTATION AU CHANGEMENT
CLIMATIQUE NON BASÉE
SUR LES FORÊTS**

Chapitre 7 : Autres Secteurs Impactés Par Le Changement Climatique

7.1 Aperçu du chapitre

Comprendre les stratégies utilisées dans l'adaptation au changement climatique dans d'autres secteurs est fondamental pour fournir une approche holistique aux apprenants sur la façon de les relier secteur forestier. Cela améliorera les connaissances et la compréhension des apprenants car le secteur forestier est inexorablement lié à d'autres secteurs comme ceux de l'eau, la santé, l'agriculture, la pêche et les écosystèmes côtiers où il joue également un rôle important. Ce chapitre présentera aux apprenants les stratégies d'adaptation et les mécanismes connexes extérieurs au secteur forestier.



Résultats d'apprentissage

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

- i. expliquer les effets du changement climatique sur les secteurs non forestiers ; et
- ii. décrire l'adaptation technologique en dehors du secteur forestier.



Activité 7.1 (Remue-méninges) (10 Minutes)

Expliquez la relation entre le secteur forestier et les autres secteurs par rapport à l'ACC.

7.2 Secteurs de développement affectés par le changement climatique

Généralement, tous les secteurs sont impactés 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 technique et une sauvegarde. Dans cette section, les apprenants sont exposés aux impacts du changement climatique dans les secteurs suivants : agriculture, eau, gestion marine et côtière, énergie, transport et tourisme. Les options pour améliorer l'ACC telles que l'utilisation efficace des systèmes d'alerte précoce (SAP) sont transversales à tous les secteurs.

7.2.1 Secteur agricole

L'agriculture est l'un des secteurs clés du maintien de la vie humaine et est également essentielle pour l'adaptation au changement climatique ainsi que les initiatives d'atténuation, car elle s'attaque au changement climatique et est importante pour la sécurité alimentaire. Les impacts du changement climatique sur l'agriculture entraînent des conséquences négatives sur l'approvisionnement alimentaire. L'encadré 7.1 présente un résumé des impacts du changement climatique sur l'agriculture.

Encadré 7.1 Impacts du climat sur l'agriculture (Prutsh et al. 2014)

- 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 au CO₂ et augmentation possible des rendements, principalement dans les plantes C3.
- Altérations des cycles de vie des cultures (par exemple, feuillage, reproduction, maturité).;
- Diminution des précipitations totales pendant la saison agricole.
- Les plantes sont plus stressées pendant les périodes sèches et les canicules.
- Diminution de la teneur en eau du sol dans la seconde moitié de l'été.
- L'évaporation est augmentée.
- Des fluctuations plus radicales des précipitations estivales.
- Les pluies torrentielles et la sécheresse augmentent le risque d'érosion des sols.
- Augmentation de la pression des maladies chez les plantes et les animaux résultant de nouveaux ravageurs et agents pathogènes thermophiles.
- Multiplication des toxines fongiques (mycotoxines).
- Accélération des processus de minéralisation du sol et baisse de la fertilité du sol.
- Une quantité réduite d'action de la gelée en raison de la diminution des jours de gelée.
- Gelées tardives dangereuses pour le développement des plantes.
- Des températures estivales plus élevées réduisent l'apport alimentaire et la productivité de l'élevage.

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.



Activité 7.2 Etude de texte

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

Plusieurs mesures d'adaptation ont toutefois été mises en œuvre dans différentes circonstances. Les stratégies d'adaptation dans l'agriculture comprennent : la modification des stratégies de plantation, la rotation des cultures, le travail minimum du sol, le changement de culture, le captage de l'eau de pluie, le recours à l'irrigation, l'amélioration des méthodes agricoles, la plantation de cultures résistantes à la sécheresse, le passage de l'agriculture pluviale à l'agriculture irriguée et l'élevage de petits animaux résistant à la sécheresse (Akinngabe et Orohibe, 2014 ; Myers et al., 2017). L'encadré 7.2 présente des exemples d'adaptation des pratiques culturelles et d'élevage.

Encadré 7.2 Exemples d'initiatives d'adaptation des terres cultivées et du bétail en Afrique

Adaptation des terres cultivées

- L'adaptation dans les systèmes de culture comprend dans les pratiques la plantation de variétés de cultures résistantes à la sécheresse par les petits exploitants agricoles comme méthodes d'adaptation au changement climatique au Burkina Faso, au Nigéria, au Ghana et au Sénégal (Ngigi, 2009 ; Thierfelder et al., 2017).
- La diversification des cultures peut être utilisée comme assurance contre la variabilité des précipitations pour promouvoir la sécurité alimentaire en Afrique (Akinngabe et Orohibe, 2014 ; Waha et al., 2018). Dans l'ouest du Soudan, les cultures vivrières ont été remplacées par des cultures de rente et des variétés de cultures plus résilientes (DFID, 2004) tandis qu'en Ouganda, les agriculteurs ont diversifié les variétés de cultures pour répartir les risques sur l'exploitation (Orindi et Eriksen, 2005 ; Atlin et al., 2017).
- L'amélioration de l'efficacité de l'irrigation grâce à un recours accru à l'irrigation. En Gambie, en Afrique du Sud et au Soudan, les agriculteurs ont utilisé des mesures d'adaptation comme le transfert de l'eau d'irrigation, la récolte et le stockage de l'eau pour amortir les effets de la variabilité des précipitations (Osman et al., 2005 ; Nkomo et Gomez, 2006). Au Kenya, ils ont recours à des pratiques de rétention de l'humidité du sol telles que la construction de terrasses et de barrages de sable (Kalungu et al., 2015).
- La modification du système de culture et du calendrier de plantation - En Tanzanie, les risques de production végétale dus à la variabilité des précipitations et à la sécheresse ont été évités en échelonnant les dates de plantation afin de répartir les risques (Liwenga, 2003).

Adaptation du bétail

- Les éleveurs nomades vivant dans les marges désertiques du Kenya ont adopté des stratégies de tolérance à la sécheresse pour maintenir leur bétail (Langill et Ndathi, 1998).
- Les éleveurs d'Éthiopie régulent traditionnellement les périodes d'accouplement de leurs chèvres et de leurs moutons afin d'éviter la perte des nouveaux nés et de la mère lors d'éventuelles conditions de sécheresse sévères (Menghistu et al., 2020).

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 dans le cadre de la variabilité et du changement climatiques (Sheppard et al., 2020). Les arbres dans les champs agricoles peuvent aider à maintenir la production sous un climat variable et également protéger les cultures contre les extrêmes climatiques

par l'amélioration du microclimat (Chavan et al., 2014). Grâce à leurs systèmes racinaires profonds, les arbres sont capables d'explorer de plus grandes profondeurs de sol pour l'eau et les nutriments, ce qui sera bénéfique pour les cultures en période de sécheresse. Leur contribution à l'augmentation de la porosité du sol, à la réduction du ruissellement et à l'augmentation de la couverture du sol entraîne une augmentation de l'infiltration et de la rétention de l'eau et une réduction du stress hydrique lors de faibles précipitations. D'autre part, l'excès d'eau est pompé du sol plus rapidement dans les parcelles agroforestières en raison de leur taux d'évapotranspiration plus élevé. 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. Les stratégies d'adaptation varient toutefois en fonction de la zone et du type de culture, car les différentes cultures sont affectées différemment par les événements climatiques (IPCC, 2001).

Au Malawi et en Zambie, les rendements de la production de maïs étaient plus élevés dans les zones où l'agriculture de conservation était pratiquée avec *Faidherbia albida*, un arbre perdant son feuillage au début de la saison des pluies lorsque les cultures sont établies et repoussant ses feuilles à la fin de la saison humide, limitant ainsi la concurrence pour la lumière, et minimisant la concurrence pour les nutriments, ou l'eau avec les cultures en croissance. Au Malawi, les agriculteurs ont utilisé *F. albida* et *Gliricidia* et les 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, le programme de régénération naturelle géré par les agriculteurs (RNGA) avec *F. albida* a amélioré leurs rendements de sorgho et de mil, en partie en raison de la réduction de la vitesse du vent et de l'augmentation de l'humidité du sol (FAO, 2016d). Les sécheresses ont eu moins d'impacts négatifs sur les zones de RNGA que sur les autres zones où le programme était absent (Buffle et al., nd ; Garrity et Bayala, 2019).

7.2.2 Systèmes côtiers et marins et pêche

L'élévation du niveau de la mer menace un grand nombre de 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, le secteur de la pêche sera l'un des plus touchés (Doney et al., 2012 ; IPCC, 2013 ; Dutta et al., 2020). De nombreuses pêcheries sont déjà confrontées à de multiples contraintes, notamment la surpêche et la pollution de l'eau. Le saumon et la truite, par exemple, se développent dans des eaux froides à écoulement libre. 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 sur 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 un lac, 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 des lacs. En Guinée, les communautés engagées dans la protection des côtes se concentrent sur le déblaiement du limon et de la sédimentation sur 4 200 mètres des canaux de drainage de Kaback et sur la construction de 13 000 mètres de digues en pierre (UNDP, 2018).

Au Kenya, la gestion durable de la couverture forestière disponible couplée à la protection des zones de reproduction des poissons a été bénéfique pour les communautés des terres arides et semi-arides autour des rives occidentales du lac Turkana. Les communautés ont pu montrer un changement d'attitude et également réaliser des revenus dans une zone qui était auparavant remplie d'une attitude négative envers l'envahissant *Prosopis juliflora* (Owino et al., 2020).

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 le changement des saisons. Certaines épidémies de maladies marines ont été liées au changement climatique. Des températures de l'eau plus élevées et des salinités estuariennes plus importantes ont facilité la propagation de parasites et de maladies de l'huître et du saumon, respectivement. Le réchauffement des températures a provoqué des épidémies chez les coraux, les zostères et les ormeaux (Dutta et al., 2020).

7.2.3 Santé et assainissement

L'Afrique est vulnérable à un certain nombre de maladies sensibles au climat, notamment le paludisme, la tuberculose et la diarrhée (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 du paludisme vers des altitudes plus élevées exposera un grand nombre de personnes auparavant non exposées à l'infection dans les hauts plateaux d'Afrique de l'Est densément peuplés (Boko et al., 2007 ; Bartlow et al., 2021). En outre, l'UNFCCC (2017) a déclaré que 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 (qui réduit déjà l'espérance de vie dans de nombreux pays africains) et les conflits et guerres (Harrus et Baneth, 2005), 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 (WHO, 2004). Les pays où le paludisme est intensif ont connu une croissance intérieure de 1,3% par personne et par an entre 1965 et 1990, et une réduction de 10% du paludisme est associée à une augmentation de 0,3% de la croissance économique. L'encadré 7.3 présente un résumé des impacts du changement climatique sur la santé.



Activité 7.8 Remue-ménages (10 minutes)

Donnez des exemples de problèmes de santé liés au climat qui sont liés aux forêts.

Encadré 7.3 Impacts du changement climatique sur la santé humaine

- La santé humaine est directement affectée par les vagues de chaleur et les risques naturels.
- Des 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.
- Une intensification du stress bioclimatique, en particulier dans les villes et les agglomérations par les effets de l'îlot de chaleur urbain.
- L'extension des zones de distribution et l'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.
- La réduction de la quantité et de la qualité de l'eau potable.
- Des infections d'origine alimentaire peuvent augmenter en raison de la croissance des micro-organismes dans les aliments, laquelle croissance est facilitée par les températures élevées.
- Une augmentation de la formation d'ozone troposphérique, qui peut irriter les muqueuses et les réactions respiratoires.
- L'augmentation du rayonnement ultraviolet accroît le risque de tumeurs cutanées et de cancer (Prutsch et al., 2014).

Les forêts sont importantes en tant que sources supplémentaires et alternatives de nourriture grâce à la fourniture de PFNLs, en particulier les années de mauvaises récoltes dues à des catastrophes climatiques. Un large éventail de PFNLs 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 ainsi indirectement à la sécurité alimentaire. Cette consommation et cette utilisation accrues des PFNLs en période de stress peuvent être considérées comme un mécanisme d'adaptation autonome efficace pour faire face aux menaces qui pèsent sur la sécurité alimentaire, et elles 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 (Appelquist et al., 2020). Cela a des implications sur la santé des communautés.

7.2.4 Environnement bâti et infrastructures

Outre les conflits sociaux et la pollution, l'augmentation de l'occurrence et de l'ampleur des catastrophes climatiques continue de poser des problèmes au niveau des établissements humains, des infrastructures et de l'industrie. Les inondations provoquent des pertes et des dommages matériels, tandis que les sécheresses et autres catastrophes climatiques déclenchent des mouvements migratoires. 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 (Encadré 7.4).

Encadré 7.4 Impacts du changement climatique sur le développement des infrastructures

- Le stress thermique peut augmenter et les conditions intérieures devenir mauvaises.
- Les mesures d'étanchéité/isolation peuvent augmenter la concentration de polluants à l'intérieur des bâtiments.
- Une plus grande demande d'énergie pour adoucir les températures en été.
- La demande d'énergie pour le chauffage peut être réduite en hiver.
- Les fortes pluies plus fréquentes et le dégel du pergélisol 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 des eaux usées, etc.).
- Les bâtiments et les infrastructures peuvent également être endommagés par les tempêtes (Prutsch et al., 2014).

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

Les mesures d'adaptation structurelles : par exemple, modifier la composition des revêtements routiers pour qu'ils ne se déforment pas à des températures élevées, construire des digues ou utiliser des surfaces de pavage perméables pour réduire le ruissellement lors de fortes pluies. Les approches fondées sur les écosystèmes, qui utilisent les infrastructures naturelles pour concevoir des mesures d'adaptation, sont également des solutions de rechange essentielles à envisager parallèlement aux mesures d'adaptation structurelles.

Les mesures d'adaptation de gestion (ou non structurelles) : par exemple, modifier le calendrier d'entretien pour tenir compte de l'évolution de l'offre et de la demande d'énergie, investir dans des systèmes d'alerte précoce ou souscrire une assurance pour faire face aux conséquences financières de la variabilité climatique. Ces mesures peuvent également inclure une surveillance renforcée des actifs existants afin de réduire le risque de défaillance en cas de changement climatique (EUFIWACC, 2016).



Figure 21. Des inondations ayant touché des zones résidentielles à Harare en 2020

7.2.5 Ressources énergétiques

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 (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 susceptible d'être menacée par les réglementations internationales sur les combustibles fossiles susceptibles de menacer les industries du pétrole, du gaz et du charbon (Caldecott et al., 2013). Cependant, la plupart des pays d'Afrique ont des zones rurales qui dépendent de la biomasse comme principale source d'énergie (Bildircia et Özaksoy, 2016 ; Gabisa et Gheewala, 2018) mais peuvent maximiser l'utilisation de l'énergie solaire.

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 la température a augmenté ou diminué, l'ampleur variant selon les conditions géographiques, technologiques et socio-économiques (van Ruijven et al., 2019).

Il est également possible de minimiser les émissions en améliorant l'efficacité des centrales électriques existantes. Le volume de la production d'énergie thermique diminuera dans de nombreuses régions du monde tandis que l'utilisation de l'eau pour le refroidissement augmentera, 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 mondiale des ressources énergétiques renouvelables peut répondre à la demande énergétique mondiale, 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). L'encadré 7.5 montre les impacts climatiques sur le secteur de l'énergie.

Encadré 7.5 Impacts du changement climatique sur le secteur de l'énergie

- Les niveaux d'eau élevés ou bas perturbent les centrales électriques.
- Des pénuries d'électricité peuvent survenir lorsque la demande d'énergie pour le refroidissement augmente et que le niveau des rivières baisse en conséquence.
- Des centrales électriques affectées par des pénuries d'eau ou par une eau trop chaude.
- Des températures de l'air plus élevées qui réduisent l'efficacité de la production d'électricité.
- L'interruption des réseaux d'alimentation électrique après des événements météorologiques extrêmes.
- Des événements liés au changement climatique peuvent affecter le succès de la production de biomasse (Prutsch et al., 2014).

L'énergie solaire permet d'accéder à l'éclairage pendant des heures de travail et d'étude plus longues par jour, ce qui a un impact sur l'éducation et augmente les opportunités de meilleurs 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 offre également des possibilités de recharger les téléphones et d'écouter la radio, facilitant les canaux de communication pour les systèmes d'alerte précoce et la communication climatique à tous (Brown, 2020). De plus, les poêles à économie d'énergie réduisent la destruction des forêts. Par exemple, au Kenya, les poêles 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 combustible bois avec moins de pollution (Manoa et al., 2017).

Lectures complémentaires :

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. Available from: <https://www.intechopen.com/chapters/73230>.

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

7.2.6 Ressources en eau

Nous avons appris comment le changement climatique affecte l'agriculture et les actions d'adaptation associées. Les pénuries d'eau sont un problème évident induit par le changement climatique et touchent un quart du continent Africain. Il est donc nécessaire de mettre en œuvre 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. Les pénuries d'eau affectent le secteur agricole et, par conséquent, la disponibilité des aliments. L'augmentation des précipitations pendant la saison humide et la fréquence accrue des événements pluvieux de forte intensité affectent la productivité, entraînant des pertes économiques substantielles dues à la vulnérabilité des cultures après les sécheresses ou les inondations (Jiménez Cisneros et al., 2014 ; Prutsch et al., 2014).

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 essentiellement l'eau provenant des précipitations et peut être divisée en ressources d'eau verte et bleue. L'eau verte est une précipitation spécifique au site qui ne s'écoule pas mais contribue plus ou moins temporairement au stockage de l'eau dans le sol et est finalement consommée par les écosystèmes par évapotranspiration,

tandis que l'eau bleue est une eau de surface et souterraine qui est stockée dans les rivières, les lacs, les aquifères et les barrages et peut être extraite pour l'usage humain. L'eau verte se compose de l'eau verte productive, c'est-à-dire la transpiration provenant de la production de biomasse dans les écosystèmes terrestres, et de l'eau verte non productive, c'est-à-dire l'interception et l'évaporation du sol (Rockström et Falkenmark, 2000 ; Falkenmark et Rockström, 2006).

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).

Les pénuries d'eau peuvent également affecter les secteurs industriels tels que les boissons gazeuses et l'eau en bouteille (Duva, 2014). D'autres impacts sont :

- la fonte des glaciers affectant la qualité de l'eau ;
- l'augmentation de l'intensité des précipitations qui est susceptible d'affecter la production agricole/élevage et les habitats ;
- la 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 pouvant accroître les polluants ;
- la réduction des niveaux d'eau en été (exception : rivières alimentées par des glaciers) 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 ;
- le déplacement du risque d'inondation vers d'autres saisons comme l'hiver et le printemps ;
- le risque d'inondation régional accru pour la plupart des rivières en raison d'épisodes de fortes pluies à petite échelle ;
- les limitations opérationnelles pour les centrales hydroélectriques en raison des niveaux d'eau élevés ou bas et de l'augmentation du transport de sédiments ;
- la diminution de l'humidité du sol disponible pour les plantes en raison de l'augmentation de l'évaporation et de la variabilité des précipitations estivales ; et
- la réduction du débit printanier (rendement en eau) des sources proches de la surface.

7.2.7 Secteur des transports

Le secteur des transports englobe les transports ferroviaires, routiers, aériens et maritimes et constitue un catalyseur important de la plupart des activités commerciales, car pratiquement tous les autres secteurs dépendent de ses infrastructures. 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 endommagent les infrastructures de transport (Chinowsky et al., 2015) (Figure 22). Le manque d'infrastructures de transport résilientes et fiables réduit et peut entraver 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 fera payer un lourd tribut au système routier Africain, car pratiquement tous les modèles montrent que les extrêmes météorologiques exerceront une pression considérable sur le système.

Les risques associés au changement climatique sont les suivants :

- des événements météorologiques extrêmes peuvent affecter les conducteurs en causant des retards et en augmentant les coûts de transport ;
- des températures plus élevées peuvent entraîner le ramollissement et l'expansion des chaussées, créant des ornières et des nids de poule, ainsi que le gauchissement des voies ferrées ;
- des inondations dues à des pluies torrentielles périodiques affectant les réseaux maritime, ferroviaire, routier et aérien ;
- la sécheresse et les changements dans la disponibilité de l'eau pouvant affecter les coûts de transport ;
- des ports pouvant être endommagés par des tempêtes, des ouragans, des cyclones, l'élévation du niveau de la mer ou d'autres événements dommageables ; et
- la destruction des infrastructures, notamment des routes et des ponts, lors des tempêtes.



Figure 22. Destruction des routes causée par le Cyclone Idai (2019) dans les hauts plateaux de l'est du Zimbabwe. (a) route endommagée (b) surface de la route ramollie entraînant l'enfoncement des bus et (c) pont emporté par les eaux.

Les dommages et le vieillissement accéléré des routes, causés par le changement climatique nécessiteront un entretien accru et une réhabilitation plus fréquente. Selon l'IPCC (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. D'autre part, le secteur des transports présente des défis particuliers 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 secteur des transports est une source importante et croissante d'émissions de GES. Un secteur des transports efficace, efficace et résilient au changement climatique est essentiel

pour réduire le coût global des activités commerciales et accroître la compétitivité. Le rapport sur les écarts d'émissions du UNEP (2020b) 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 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 (Afrique du Sud, Botswana, Burkina Faso, Cameroun, Gambie, Ghana, Zambie, Kenya, Liberia, Sierra Leone et Tanzanie) ont élaboré, formalisé et mis en œuvre des politiques d'utilisation de la bioénergie (COMPETE Project, 2009).



Activité 7.3 (Discussion de groupe) (20 minutes)

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

7.2.8 Secteur du tourisme

Le tourisme est affecté par le changement climatique dans la mesure où 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 affectera ou 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 7.6 présente certains des impacts du changement climatique sur le secteur du tourisme.



Activité 7.4 (Remue-méninges) (10 Minutes)

Identifiez les formes de tourisme dans votre pays et comment elles sont affectées par le changement climatique.

Encadré 7.6 Impacts du changement climatique sur le tourisme

- La tendance à la réduction des chutes de neige dans les zones de basse et moyenne altitude affecte le ski
- La réduction des possibilités de fabrication de neige en altitude.
- La réduction de la fiabilité de la neige peut affecter la viabilité économique des domaines skiables.
- Le 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 végétales ;
- L'augmentation de la température de l'eau favorise la baignade, mais il peut aussi y avoir une diminution de la qualité de l'eau ;
- Des modifications du paysage dues au recul des glaciers.
- La fonte du pergélisol augmentant 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
- Les variations de la demande et de la disponibilité de l'énergie et de l'eau pour le secteur du tourisme (Prutsch et al. 2014 Pandey and Rogerson, 2018 ; Dube and Nhamo, 2020).



Activité 7. Révision (10 minutes)

1. Expliquez 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. les ressources côtières ; et
 - vi. la santé.
2. Comment minimisez-vous les impacts dans chacun des secteurs ci-dessus cités en utilisant des mesures basées sur les forêts ?



Résumé

Dans cette session, nous avons appris les impacts du changement climatique dans des secteurs autres que le secteur forestier, notamment l'agriculture, l'eau, l'énergie, le transport, les ressources marines et côtières, y compris la pêche et le tourisme. Les ressources en eau et leur relation avec le changement climatique et la variabilité du climat ont été également abordées. Nous avons également appris 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..

7.3 Mesures d'adaptation sectorielles

En général, tous les secteurs gèrent les risques pour réduire la vulnérabilité en utilisant différentes mesures, notamment technologiques, écologiques et socio-économiques. Les techniques d'adaptation nécessitent un soutien et un appui technique. Le Fonds d'adaptation (FA) est l'un des principaux sponsors des activités d'adaptation avec un total de 27 projets dans 29 pays Africains financés depuis juin 2010 (Adaptation Fund, 2019). Les 27 projets ont une subvention totale de 204,5 millions de dollars US, dont environ 45,5 millions de dollars US alloués au secteur de la sécurité alimentaire, 39,9 millions de dollars US aux projets de gestion de l'eau et 36,3 millions de dollars US aux projets agricoles. Certains des projets financés par le Fonds d'adaptation ont été examinés dans le cadre des mécanismes de financement. Bien que les options d'adaptation puissent être classées par secteur, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a élaboré trois catégories fondées sur la diversité des options d'adaptation pour différents secteurs et parties prenantes (Noble et al., 2014). Il s'agit des options d'adaptation structurelles/physiques, sociales et institutionnelles. Elles seront décrites en détails dans les sections suivantes.



Résultats d'apprentissage

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

- i. identifier les options technologiques appropriées pour l'adaptation ; et
- ii. identifier les options socio-économiques appropriées pour l'adaptation.



Activité 7.5 (Remue-méninges) (15 Minutes)

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

7.3.1 Adaptation structurelle et physique

Cela inclut l'application de technologies discrètes et l'utilisation des écosystèmes et de leurs services pour répondre aux besoins d'adaptation et fournir des services spécifiques aux niveaux national, régional et local. Les options englobent les actions liées à l'ingénierie et aux environnements bâtis, les options technologiques, l'AbE et les services. Le GIEC a montré quatre catégories d'options structurelles et physiques à savoir l'option technologiques, l'option environnement technique et bâti, l'option basée sur les écosystèmes et l'option des services (Noble et al., 2014).

Les options **technologues** 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 de pluie, l'agriculture de conservation, les installations de stockage et de conservation des aliments ; la cartographie des risques et les technologies de surveillance ; les SAP ; 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.

Environnement technique et bâti : il s'agit des murs de mer et structures de protection côtière, digues et ponceaux, stockage de l'eau et stockage par pompage, stations d'épuration, amélioration du drainage, rechargement des plages, abris contre les inondations et les cyclones, codes de construction, gestion des eaux pluviales et des eaux usées, adaptation des infrastructures routières et de transport, maisons flottantes, ajustement des centrales électriques et des réseaux électriques.

L'option basée sur les écosystèmes fait recours à la restauration écologique, y compris la conservation et la restauration des zones humides et des plaines inondables, l'augmentation de la diversité biologique,

le boisement et le reboisement, la conservation et la replantation des forêts de mangroves, la réduction des feux de brousse et les feux dirigés, les infrastructures vertes (par exemple, les arbres d'ombrage, les toits verts), le contrôle de la surpêche, la cogestion des pêcheries, la migration assistée ou la translocation gérée, les corridors écologiques, la conservation ex situ et les banques de semences, la GCRN et la gestion adaptative de l'utilisation des terres.

Les services font recours aux filets de sécurité sociale et de protection sociale, banques alimentaires et distribution des excédents alimentaires, services municipaux, y compris l'eau et l'assainissement, programmes de vaccination, services de santé publique essentiels, y compris les services de santé génésique, services médicaux d'urgence renforcés et commerce international.

D'autres options comprennent la construction d'établissements dans des zones sûres, l'amélioration de la conception des bâtiments et l'AbE. Elles seront examinées en détail dans les sections suivantes.

7.3.1.1 Options technologiques

Les technologies d'adaptation peuvent être considérées en termes de maturité technologique, avec des différences entre les technologies traditionnelles, modernes, élevées et futures (Klein et al., 2006). Les technologies traditionnelles sont celles qui ont été développées et appliquées au cours de l'histoire pour s'adapter aux risques liés au climat. Elles ont pris la forme de pratiques de gestion agricole, de construction de digues pour se protéger des inondations ou de construction de maisons sur pilotis. Les technologies modernes utilisent des conceptions améliorées, de nouveaux matériaux et des produits chimiques. Les hautes technologies sont conçues à l'aide de développements scientifiques récents, par exemple les technologies de l'information et de la communication, les systèmes d'information géographique, les systèmes d'observation de la terre fournissant des prévisions météorologiques plus précises et l'utilisation d'organismes génétiquement modifiés. Les technologies futures sont des technologies qui doivent encore être développées, par exemple, un vaccin contre le paludisme ou des cultures qui nécessitent peu ou pas d'eau (UNEP, 2014).

La technologie est l'application pratique des connaissances pour réaliser des tâches particulières qui font appel à la fois à des artefacts techniques (matériel, équipement) et à des informations (sociales) («logiciel»), savoir-faire pour la production et l'utilisation des artefacts) (IPCC, 2007a).

Il existe trois catégories de technologies d'adaptation : software, hardware et orgware (Boldt et al., 2012 ; Thorne et al., 2007). Le **Software** fait référence aux capacités et aux processus d'utilisation des technologies, et comprennent les connaissances et les compétences ainsi que les composantes de la formation, de la sensibilisation et de l'éducation. Le **Hardware** comprend les technologies matérielles telles que les équipements et les biens d'équipement, notamment les systèmes d'irrigation et les cultures tolérantes à la sécheresse. Les technologies matérielles sont souvent à forte intensité de capital, dirigées par des experts, à grande échelle et très complexes (Sovacool, 2011). Elles peuvent également inclure des technologies plus simples, facilement disponibles, englobant des connaissances traditionnelles et locales, qui ne sont pas encore utilisées par un plus grand nombre d'utilisateurs. L'**Orgware** concerne la propriété et les dispositions institutionnelles d'une communauté ou d'une organisation où la technologie sera appliquée.

Certaines technologies ont été intégrées dans des approches d'adaptation existantes telles que l'AbE, où un large éventail d'activités de gestion des écosystèmes a été appliqué pour réduire la vulnérabilité des personnes et de l'environnement et accroître leur résilience au changement climatique. Les technologies d'adaptation utilisées dans l'AbE comprennent la restauration d'habitats clés pour réduire la vulnérabilité aux dommages causés par les tempêtes, la conception de systèmes de zones protégées et les réservoirs d'eau établis par la restauration des forêts et des bassins versants (UNEP, 2014). Les

étapes de l'adaptation sont associées à une certaine forme d'adaptation, chacune des quatre étapes de l'adaptation étant liée à une certaine technologie (Klein et al., 2006). Par exemple :

- **le développement de l'information et sensibilisation** utilise la cartographie et l'arpentage, le balayage laser aéroporté (LiDAR-light detection and ranging), la télédétection par satellite, l'indice de vulnérabilité côtière ou les modèles de simulation informatisés ;
- **la planification et conception** consiste en l'aménagement d'espace à l'aide de systèmes d'information géographique ;
- **la mise en œuvre** concerne l'installation de digues, de murs anti-inondation, de levées, de barrières contre l'intrusion d'eau salée, des systèmes d'alerte précoce et la restauration et création de dunes ; et
- **le suivi et l'évaluation** qui concerne l'utilisation des mêmes technologies que celles utilisées lors de la première étape. Des données ou des indicateurs fiables permettent une évaluation efficace et les données doivent être collectées à intervalles réguliers en utilisant le bon système de suivi.

Le mécanisme technologique qui a été reconnu dans le cadre de la CCNUCC est censé aider à répondre aux besoins technologiques. Il existe deux composantes à cet effet, le Comité exécutif de la Technologie et le Centre et Réseau des Technologies Climatiques (CRTC), qui sont censés répondre aux besoins des différents pays en matière de développement et de transfert de technologies, tant au niveau des politiques que de la mise en œuvre (UNFCCC, 2014a). Le CRTC est le bras de mise en œuvre du mécanisme, offrant une assistance technique aux pays en développement. 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 (CTCN, 2019). L'IPCC (2007a) a également défini le transfert de technologie 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 la technologie pour l'adaptation ou l'atténuation, y compris la diffusion des technologies et la coopération technologique entre les pays et au sein de ceux-ci.

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 CRTC a également élaboré du matériel pédagogique sur la conception et la gestion des systèmes d'éclairage à haut rendement énergétique, 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 à haut rendement énergétique de la Tunisie. En Côte d'Ivoire, le CRTC a contribué à renforcer la capacité à prendre des décisions éclairées en matière de changement climatique en construisant un système d'information sur l'environnement, un référentiel de données intégré destiné à faciliter la planification et l'élaboration de politiques judicieuses pour l'avenir. La même année, le CRTC 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 poêles de cuisson destinés à être utilisés dans les zones rurales et urbaines (CTCN, 2017).

Les services du CRTC sont axés sur : l'assistance technique, le partage des connaissances, la collaboration et le réseautage. La plupart de l'assistance technique des pays Africains par le CRTC en 2019 montre le besoin de cadres politiques de soutien et notamment de politiques d'agriculture intelligente face au climat, de cadres réglementaires d'efficacité énergétique, de restauration et de gestion des terres et une forte demande globale de renforcement des capacités. Au total, 38 pays Africains ont bénéficié de l'assistance technique et du soutien du CRTC. L'un des produits de 2019 était de nouvelles normes

de produit pour un ancien outil de cuisson qui devait permettre de réaliser d'importantes économies d'énergie en Éthiopie (CTCN, 2019).

Le portefeuille d'assistance technique du CRTC comporte six catégories de soutien :

- sensibilisation, formation et partage d'expérience (15%) ;
- identification et sélection des technologies (11,7%) ;
- recherche et développement (28,3%) ;
- préparation des projets et facilitation du financement (25%) ;
- faisabilité, pilotage et déploiement de la technologie (5%) ; et
- politique, planification et droit (14,2%).

La liste des technologies possibles est longue et comprend les éléments suivants :

- énergie alternative écologique ;
- protection contre les inondations ;
- agroforesterie et systèmes agricoles intégrés ;
- production agricole intelligente face au climat, par exemple le labour de conservation ;
- systèmes d'alerte précoce et systèmes d'information climatique ;
- diversification des stratégies/alternatives de subsistance ;
- amélioration de la conception des infrastructures ;
- gouvernance locale des ressources et décentralisation des ressources ;
- systèmes d'assurance ;
- utilisation efficace du matériel génétique ;
- analyse et diffusion de variétés de cultures appropriées et adaptées aux zones locales ;
- installations de stockage et de conservation des aliments ;
- utilisation des systèmes de connaissances locales et prise en compte de la dimension genre ;
- amélioration des infrastructures pour l'irrigation à petite échelle ;
- la récolte d'eau, le stockage de l'eau, l'amélioration de la gestion des sols et de l'eau ; et
- l'adaptation des systèmes agricoles et des moyens de subsistance, ainsi que la modification des dates de plantation et des variétés végétales (par exemple, l'adoption de variétés résistantes à la sécheresse ou aux nuisibles).

Clements et al. (2011) ont défini sept critères clés pour hiérarchiser les technologies d'adaptation :

- **le critère « environnemental »** : la technologie doit promouvoir l'utilisation durable des ressources locales ;
- **le critère de la « productivité »** : la technologie doit être capable de soutenir les cycles de vie naturels ; permettre aux agriculteurs de produire suffisamment pour l'autoconsommation, améliorer la qualité des récoltes et la productivité et ; être facilement diffusée et reproduite ;
- **le critère « économique »** : la technologie doit augmenter la productivité sans promouvoir les inégalités ni provoquer de dégradation de l'environnement. Elle doit améliorer les moyens de subsistance et réduire les coûts de transaction ;
- **le critère « culturelle »** : la technologie doit respecter la diversité culturelle, permettre les dialogues interculturels et les connaissances locales, et être facilement comprise et appliquée par tous les agriculteurs ;
- **le critère « politique »** : la technologie doit être intégrée de manière cohérente dans les politiques aux niveaux régional et national et diffusée pour une application plus large ;
- **le critère « institutionnel »** : les technologies devraient soutenir et renforcer les institutions formelles et informelles, y compris la société civile ; et
- **le critère « sensibilisation et information »** : la technologie doit faciliter l'accès, l'intégration et la diffusion de l'information.



Activité 7.6 (Remue-méninges) (10 Minutes)

Identifier les options technologiques dans les secteurs forestiers et les comparer aux options technologiques non forestières.

7.3.1.2 Passage de l'agriculture pluviale à 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 influent sur le choix des investissements dans l'irrigation et la maîtrise de l'eau (Faurès et al., 2007 ; Borellas, 2018).

L'irrigation à petite échelle comprend une gamme de technologies et de pratiques pour la production de cultures, par le captage, le stockage et la distribution de l'eau dans de petites parcelles appartenant à des individus ou des groupes d'agriculteurs qui peuvent faire partie d'un système d'irrigation plus important.

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 Fonds international de développement agricole 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 vallée intérieurs et les marécages où des interventions de gestion de l'eau sont effectuées), ainsi que les systèmes d'irrigation par aspersion et l'irrigation de surface (irrigation par pompe et détournement de cours d'eau). Au Mali, le programme de promotion de l'irrigation à petite échelle développé par le gouvernement aide les agriculteurs à faire face aux pénuries d'eau de pluie. Au Niger, l'agriculture est principalement basée sur de petites exploitations familiales, combinant les cultures pluviales et irriguées. En Gambie, le riz et les légumes sont cultivés dans les basses terres, généralement par les femmes, tandis que les hommes cultivent les céréales secondaires et les arachides dans les hautes terres, le mil et l'arachide 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).

7.3.1.3 Conservation des sols et des eaux

La dégradation des sols affecte la productivité des écosystèmes. Pour adapter la ressource terre aux impacts climatiques, les réponses peuvent donner des résultats immédiats (effets 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 et les forêts, qui fournissent à long terme de multiples services et fonctions écosystémiques, grâce au boisement et au reboisement, ainsi qu'à la restauration des écosystèmes à forte teneur en carbone, à l'agroforesterie et à 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 de carbone dans les sols, tout en soutenant la productivité agricole et la sécurité

alimentaire (IPCC, 2019).

Pour le secteur de l'eau, les agriculteurs font face à la sécheresse en utilisant le paillage, l'irrigation, la récolte de l'eau, les déversoirs et l'irrigation au goutte-à-goutte. La GIRE améliore l'eau et les autres ressources naturelles. La capacité des installations de ressources en eau existantes peut être améliorée (par exemple, en augmentant la hauteur des barrages) par la recharge des eaux souterraines, l'infiltration et le stockage des eaux de pluie, 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.

En Éthiopie, un projet de résilience des moyens de subsistance et de protection des écosystèmes a été mis en œuvre par les communautés et les activités comprenaient des activités intégrées de conservation des sols et de l'eau afin d'augmenter la productivité agricole et de protéger la base de ressources. Six micro-bassins versants couvrant 3 049 ha ont été réhabilités car les communautés ont appliqué des restrictions sur le pâturage ouvert du bétail dans des zones désignées et sur la plantation d'arbres, ce qui a conduit à la régénération de la végétation des collines par la fermeture de zones. Les agriculteurs ont bénéficié d'une meilleure productivité des cultures grâce à une meilleure conservation de l'humidité du sol et à une moindre érosion. (UNDP, 2018).

Des systèmes d'irrigation plus efficaces sont nécessaires pour améliorer la vie des agriculteurs concernés. Cependant, il est nécessaire de conditionner correctement un produit qui sera attrayant pour les petites exploitations d'irrigation. Les petits et grands agriculteurs d'Indonésie, du Pérou et du Zimbabwe ont suffisamment utilisé leurs réserves d'eau grâce à des techniques d'irrigation par aspersion et le 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 des eaux de pluie. 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. En Équateur et aux Philippines, les agriculteurs ont utilisé des terrasses à formation lente pour gérer leurs sols. D'autres, au Brésil, ont adapté le travail de conservation du sol (Clements et al., 2011).

7.3.1.4 Gestion intégrée des ressources en eau

La GIRE est une pratique qui soutient le développement de la gestion des ressources en eau, en intégrant les ressources liées à la terre de manière à augmenter équitablement les avantages 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, en Irlande, et sont appelés « principes de Dublin » :

- l'eau douce est limitée et vulnérable, mais elle est nécessaire au maintien de la vie, au développement et à l'environnement ;
- les approches participatives devraient 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 préservation des ressources en eau ; et
- l'eau doit être reconnue comme un bien économique en raison de ses valeurs économiques dans toutes les utilisations concurrentes.

À cet égard, la GIRE est fondée sur la gestion et l'utilisation équitable, efficace et durable de l'eau, en 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 23), en mettant l'accent sur l'utilisation d'une approche intégrée. L'intégration montre clairement comment la gestion des ressources en eau est liée aux «3E» du développement durable : efficacité économique, équité et durabilité environnementale/écologique.

L'approche de la GIRE repose sur trois piliers :

- un environnement favorable de 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 ; et
- le développement des instruments de gestion nécessaires au fonctionnement des institutions.

La collaboration internationale sur les questions relatives à l'eau est gérée par l'Organisation Mondiale du Partenariat pour l'Eau, qui comprend le Secrétariat Mondial, un Comité Directeur et un Comité Technique.



Figure 23. Cadre général de la GIRE (source : <https://www.gwp.org>)

7.3.1.5 Adaptation dans le secteur agricole

Le secteur agricole est plus menacé par la variabilité des précipitations et des températures. Le secteur agricole a déjà appliqué plusieurs pratiques et techniques pour s'adapter aux impacts du changement climatique et certaines des actions d'adaptation ont cependant été applicables à différentes circonstances (FAO, 2015). Les stratégies d'adaptation dans l'agriculture comprennent la plantation de cultures résistantes à la sécheresse, le changement 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 récolte de l'eau de pluie et l'irrigation 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) ont utilisé des billons liés avec de meilleures variétés de coton pour faire face aux impacts d'un climat changeant au Zimbabwe. En outre, les changements et/ou la diversification des cultures dépendent des tendances en matière de précipitations et de températures, des décalages saisonniers anticipés des précipitations et des chocs de dangers potentiels. La diversification des cultures peut inclure les éléments suivants :

- utilisation de nouvelles variétés de cultures alimentaires de base (par exemple, résistantes à des températures plus élevées) ;
- passage à de nouvelles cultures vivrières ;
- passage des cultures de subsistance aux cultures marchandes (alimentaires et/ou non alimentaires) pour augmenter les revenus ;
- passage de cultures vivrières à des cultures non vivrières commercialisées (par exemple, tabac, coton et biocarburant) ; et
- passage de cultures de subsistance ou de cultures commerciales de produits de base à des cultures commerciales de produits non alimentaires (par exemple, la canne à sucre, le café ou les fruits).

Encadré 7.7 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 de pluie 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 sont passés des variétés de coton traditionnelles à la culture de variétés de coton génétiquement modifiées. Ce faisant, ils ont évité les pertes dues aux attaques de parasites qui étaient courantes avec les variétés de coton traditionnelles. En outre, ils ont planté des variétés de blé tolérantes au stress thermique élevé en réponse à la fréquence croissante des épisodes de températures maximales extrêmes.

Les activités des éleveurs en Afrique subsaharienne remontent à l'époque où les agriculteurs 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 de pluie, construisent des barrages pour le stockage de l'eau et utilisent des éoliennes pour pomper l'eau de forage (Fisher et al., 2015 ; Abid et al., 2016 ; FAO, 2017b ; Katengeza, 2019).

Il est important de se prémunir contre la mauvaise adaptation 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, aux autres intrants nécessaires, aux connaissances techniques et à la formation, et l'eau doit être disponible. Des exemples d'adaptation en agriculture sont présentés dans l'encadré 7.7.

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). Les services d'information climatique et les informations relatives aux dates de plantation, à la lutte contre les ravageurs et les maladies et à la disponibilité de l'eau sont essentiels.

7.4 Adaptation dans d'autres secteurs

Le secteur des transports doit être résilient au changement climatique, efficace et efficient afin de réduire les coûts opérationnels et d'améliorer la compétitivité. Le secteur de l'énergie est important car il doit améliorer son efficacité en utilisant des technologies améliorées qui réduisent les coûts énergétiques. Les technologies d'énergie renouvelable et les biocarburants de deuxième génération sont des options technologiques importantes pour l'adaptation. L'adaptation dans le secteur de l'assurance peut être améliorée en utilisant des primes d'assurance proportionnelles aux risques. La gestion des risques permet d'améliorer la résilience financière. Les touristes s'adaptent au changement climatique en modifiant le calendrier, les régions à visiter et le choix des activités de vacances. Ceux qui s'occupent de loisirs ajustent également le calendrier de leurs activités. Les saisons des activités touristiques peuvent être décalées dans d'autres régions du monde en fonction du type d'impact climatique. Les pêcheurs peuvent varier les périodes de pêche, attraper des poissons en eaux profondes, programmer leurs périodes de pêche et se livrer à d'autres activités génératrices de revenus.



Activité 7.7 Révision (10 minutes)

1. Expliquez 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. les ressources côtières ; et
 - vi. la santé.
2. Comment minimisez-vous les impacts dans chacun des secteurs ci-dessus en utilisant des mesures basées sur la forêt ?
3. Identifiez les options technologiques pour l'ACC dans les secteurs suivants :
 - i. agriculture ;
 - ii. santé ; et
 - iii. transport.



Résumé

Cette session a couvert l'adaptation non forestière et inclus les secteurs de l'agriculture, de la pêche, de la santé et de l'assainissement, de l'environnement bâti, de l'énergie, des transports, de l'eau et du tourisme. Des initiatives d'adaptation sectorielles ont également été mises en évidence, y compris des options technologiques. 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 cultures, la collecte des eaux de pluie, l'utilisation de l'irrigation goutte à goutte, etc., la GIRE et la conservation des sols et de l'eau. La GIRE montre comment la gestion des ressources en eau est liée à l'efficacité économique, à l'équité et à la durabilité environnementale/écologique.

Chapitre 8 : Autres Options D'adaptation

8.1 Aperçu du chapitre

Plusieurs secteurs du développement socio-économique sont affectés par le changement climatique et certains d'entre eux ont également développé des stratégies d'adaptation pour assurer leur survie. Plusieurs mesures d'adaptation sont bénéfiques à tous les secteurs, comme les SAP qui peuvent améliorer la vigilance des individus et des décideurs à l'égard des risques liés au climat et leur volonté d'optimiser les conditions météorologiques positives. Le chapitre aborde l'adaptation structurelle et physique, l'adaptation basée sur les écosystèmes (EbA) et les options socio-économiques telles que la diversification des moyens de subsistance, l'amélioration de l'accès aux marchés, l'utilisation des connaissances et des options indigènes et les filets de sécurité sociale. Le chapitre conclut en soulignant l'importance pour les pays de se préparer aux migrations qui peuvent être le résultat des impacts du changement climatique.



Résultats d'apprentissage

A la fin de ce chapitre, les apprenants devraient être capables de :

- i. expliquer les mesures d'adaptation qui sont bénéfiques à tous les secteurs ;
- ii. décrire les options d'adaptation structurelles et physiques ;
- iii. expliquer l'importance de l'EbA ;
- iv. appliquer les stratégies d'adaptation traditionnelles aux défis locaux liés au changement climatique ; et
- v. préparer et appliquer le protocole d'évaluation des risques.



Activité 8.1 Remue-méninges (10 minutes)

Expliquez l'importance du SAP dans l'ACC.

8.2 Systèmes d'alerte précoce

Le SAP est l'une des actions de l'ACC intégrant des systèmes de communication pour aider la communauté à se préparer aux événements dangereux liés au climat. Le SAP améliore la vigilance des individus et des décideurs à l'égard des dangers liés au climat, ainsi que leur volonté d'optimiser les conditions météorologiques positives. Ils peuvent être complétés par des technologies de cartographie et de surveillance des risques. Le SAP pour les risques naturels nécessite une base scientifique et technique complète, 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 conditions préalables importantes pour un SAP efficace. Les éléments du 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 en place de services de surveillance et d'alerte, les protocoles de communication et de diffusion et la capacité de réaction (UNISDR, 2016).

Les SAP peuvent traiter les impacts climatiques sur la santé humaine, par exemple ceux liés à la sécheresse et aux vagues de chaleur. Les vagues de chaleur résultant du réchauffement climatique provoquent des décès et des blessures, et mettent en danger la santé humaine. Compte tenu de ces conséquences, la notification en temps utile des personnes vulnérables à l'aide des SAP peut être une option adaptative pour réduire les catastrophes en matière de santé humaine. L'utilisation correcte d'un SAP peut entraîner une réduction significative 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 avec les personnes vulnérables, par exemple, dans quelques cas, l'envoi de messages d'alerte à des groupes cibles à l'aide de téléphones mobiles, peut être utilisé. 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 à l'échelle mondiale sont présentés dans l'encadré 8.1.

Box 8.1: Exemples de SAP

- Le programme du PNUD intitulé « Renforcement de l'information climatique et des SAP 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 surveillance 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 programme a été mis en œuvre en équipant les stations météorologiques obsolètes et déficientes 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 (<http://ews-undp.blogspot.com/>).
- « Le risque climatique du PNUE et les SAP » est une initiative qui a été lancée lors de la Conférence des Nations unies sur le changement climatique à Paris en 2015 pour augmenter la capacité des SAP multirisques. L'initiative intervient dans les zones les plus sensibles aux cyclones tropicaux et aux inondations dans 19 pays d'Afrique et du Pacifique, y compris les PMA et les PEID. Les progrès des différentes initiatives sont rapportés par l'initiative CREWS (2019) ;
- La Gambie, dispose d'un projet intégré pour faire progresser la planification nationale, sensibiliser et accroître le partage des connaissances, renforcer les capacités et créer des mécanismes nationaux de réponse rapide et de relèvement précoce par le biais de leur programme RRC et CCA (PNUD-PNUE, 2015)
- - L'information climatique pour un développement résilient en Afrique a créé un modèle pour fournir des services météorologiques et climatiques efficaces en Afrique sub-saharienne. 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 SAP (<http://undp-cirda.blogspot.com/>).
- 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 en matière de SAP, 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 mondiaux grâce à l'archive « THORPEX Interactive Grand Global Ensemble » offre des perspectives de nouvelles dimensions dans la prévision et l'alerte précoce des inondations. Les données ont été utilisées comme données météorologiques pour le système européen d'alerte aux inondations et ont été appliquées lors d'une inondation en Roumanie en octobre 2007. Il a été possible de sensibiliser sur l'événement d'inondation huit jours avant l'événement et les autres prévisions ont permis une meilleure compréhension d'une gamme de conditions d'inondation potentielles (Bougeault et al., 2010).



Activité 8.2 (Remue-méninges) (10 Minutes)

1. Identifiez certaines des activités facilitant les SAP dans votre pays.
2. Quels sont les défis associés à l'efficacité des SAP dans votre pays ?

Plusieurs obstacles technologiques et sociaux empêchent la mise en œuvre efficace des SAP. Selon le PNUD (2016) et Mazambani et Mutambara (2018), il existe onze défis majeurs affectant l'efficacité des SAP en Afrique :

l'absence de données fiables : La plupart des systèmes hydro-météorologiques nationaux (NHMS) en Afrique subsaharienne fournissent des informations incomplètes bien qu'elles s'améliorent avec le temps. La fiabilité est affectée par des problèmes de capacité limitée du personnel, de ressources limitées et de systèmes de surveillance défectueux ;

le manque de crédibilité : bien que les informations générées par les NHMS se soient améliorées en raison de l'amélioration des investissements dans les services d'observation climatique et de communication, les informations générées par la plupart des NHMS en Afrique subsaharienne sont encore très limitées. La plupart des NHMS ne donnent pas d'informations fiables ;

le manque de protocoles innovants : les actions de conditionnement, de diffusion, de réponse préventive de la plupart des nations africaines sont limitées à quelques-uns qui sont capables de rassembler des données météorologiques et climatiques pour produire quelques protocoles de communication innovants ;

une limite dans la présentation du contenu des informations climatiques : les informations météorologiques doivent être présentées de manière à donner des alertes précoces et des informations climatiques orientées vers l'action (par exemple, des messages d'intérêt public et des rapports sur les récoltes, y compris la manière dont les gens doivent réagir en cas de mauvais temps). D'autres paquets pourraient être adaptés aux secteurs privés. La création de paquets intéressants permet aux NHMS de surmonter les problèmes de crédibilité et de créer de nouvelles relations efficaces avec les consommateurs de leurs produits ;

des relations limitées entre le NHMS et les médias traditionnels ou d'autres acteurs : les messages d'alerte précoce générés par les NHMS 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 (potentiels ambassadeurs de marque et messagers) sont efficacement engagés ;

l'absence de systèmes de distribution : il est nécessaire de trouver des moyens appropriés pour diffuser l'information aux agriculteurs, y compris ceux qui résident dans des zones reculées. Une information bien conditionnée et de qualité est susceptible d'être plus fiable car les utilisateurs sont éclairés sur les actions possibles en cas de mauvais temps et cela permet de sauver des vies ;

des capacités et des cadres inadéquats pour le développement des entreprises : les compétences requises pour élaborer des propositions commerciales et des systèmes d'information ou pour développer des cadres juridiques et politiques favorables sont différentes des compétences traditionnelles de simple collecte, examen et partage/diffusion d'informations. Pour développer les compétences commerciales, les NHMS doivent gérer les problèmes de crédibilité, créer des flux de revenus et établir des liens avec de nouveaux groupes de partenaires potentiels, qui n'existent pas encore dans certains pays ;

les défis culturels : l'un des plus grands problèmes associés à l'utilisation et/ou à la compréhension des alertes précoces est lié 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 le groupe diversifié qui parle plusieurs langues, a des croyances culturelles particulières sur les informations météorologiques et est généralement analphabète ;

les défis politiques : la plupart des NHMS manquent de crédibilité, ce qui se traduit par un soutien politique limité pour les budgets ou les institutions des NHMS. Il est possible de rompre le statu quo en se reconnectant à l'espace politique et en créant des stratégies de communication claires avec la participation active des acteurs concernés au niveau politique et public ;

les défis économiques : dans les pays pauvres, les circonstances peuvent conduire à un détournement des fonds destinés aux services météorologiques et climatiques vers d'autres secteurs. 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 ; et

les défis climatiques : le changement climatique et les schémas et conditions météorologiques associés tels que les sécheresses, la chaleur, les inondations froides, les fortes pluies, la foudre et autres événements météorologiques extrêmes présentent de nouveaux défis pour les SMHN et leur avancement.

Les SAP peuvent être renforcés lorsque les engagements administratifs sont complétés par des capacités institutionnelles solides qui sont constamment influencées par l'appréciation du public. Dans la plupart des cas, la réactivité et le soutien de la communauté sont généralement plus élevés peu après un grand incident catastrophique qu'à d'autres moments. Cette prise de conscience et ce soutien peuvent être mis à profit pour renforcer et garantir la pérennité des SAP. Certains des principaux défis des SAP ont été mis en évidence, notamment l'absence de structures institutionnelles bien définies et l'insuffisance des capacités aux niveaux national et local pour soutenir le développement des capacités publiques et institutionnelles. Les utilisateurs qui sont bien informés et qui connaissent parfaitement le système sont convaincus et font confiance au système.



Activité 8.3 Etude de texte

Identifiez et décrivez trois études cas dans votre pays ou région sur l'application de diverses options technologiques non forestières appliquées dans différents secteurs du développement socio-économique.

8.3 Options structurelles et physiques

Les options structurelles et d'ingénierie comprennent l'application de technologies discrètes pour minimiser les impacts des catastrophes et l'utilisation des écosystèmes et de leurs services pour répondre aux besoins d'adaptation. Elles comprennent les catégories suivantes : construction de bâtiments dans des zones sûres et amélioration de la conception des bâtiments. Il peut même s'agir de prendre en compte le changement climatique lors de la construction de routes ou de lignes ferroviaires. Par exemple, lors de la conception technique de la voie ferrée 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). Les exemples d'environnement construit et d'ingénierie comprennent les digues et les structures de protection côtière, les levées et les ponceaux d'inondation, le stockage de l'eau et le stockage par pompage, 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.

Les autres options comprennent : la construction de bâtiments dans des zones sûres, l'amélioration de la conception des bâtiments et l'EbA. Elles seront examinées en détail dans les sections suivantes.



Activité 8.4 (Remue-méninges) (10 Minutes)

Analyser de manière critique la relation entre la forêt et les options d'adaptation structurelle et physique.

8.3.1 Construction de bâtiments dans des zones sûres

La plupart des options d'ingénierie sont dirigées par des experts, à forte intensité de capital, à grande échelle et très complexes (Sovacool, 2011 ; Vincent et Mambo, 2017). De nombreuses options d'ingénierie sont des extensions et des améliorations de pratiques, de plans et de structures existants. Des projets plus récents prennent désormais en compte le risque de changement climatique dans les conceptions initiales, notamment la gestion des flux d'eaux pluviales et usées (à l'intérieur des terres et sur les côtes), les levées de crue, les digues, la mise à niveau 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).

Dans les zones côtières, des digues et des structures de protection du littoral peuvent être construites. Les levées et les ponceaux en cas d'inondation, le stockage de l'eau et le stockage par pompage, 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'ajustement des centrales électriques et des réseaux électriques sont quelques-unes des mesures d'adaptation qui peuvent être prises pour réduire la vulnérabilité (GIEC, 2014).

8.3.2 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 de la zone bâtie 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 des bâtiments et du refroidissement mécanique et passif. À cet égard, les bâtiments devraient être économes en énergie 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 13.

Tableau 13. Adaptation des bâtiments aux impacts du changement climatique

Impact du climat	Mesures d'adaptation
Réchauffement de la température	<ul style="list-style-type: none"> • Concevoir des mesures permettant d'éviter la charge de refroidissement dans les bâtiments. • Concevoir une ventilation naturelle dans les bâtiments. • Modéliser la performance énergétique avec des températures de conception de refroidissement plus élevées. • Réduire les îlots de chaleur urbaine 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 claire.
Sécheresse et pénurie d'eau	<ul style="list-style-type: none"> • Éviter les nouveaux aménagements dans les régions les plus sèches. • Spécifier des installations et des appareils économes en eau. • Plomber les bâtiments pour la séparation des eaux grises et les appareils économiseurs d'eau. • L'eau de pluie peut être collectée et stockée pour l'arrosage extérieur, la chasse d'eau des toilettes et, moyennant un filtrage et un traitement adéquat, 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"> • Évitez 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 s'appuyer sur les systèmes naturels. • Surélever les bâtiments au-dessus du sol et surélever les équipements mécaniques et électriques dans les zones inondables. • Prévoir l'élévation du niveau de la mer dans les zones côtières. • Installer des composants qui protègent les bâtiments contre les inondations ou qui permettent une inondation avec des dommages minimes. • Spécifications pour les matériaux qui peuvent survivre aux dommages causés par les inondations et les ouragans.
Feux de végétation	<ul style="list-style-type: none"> • Spécifiez une toiture 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 événements contre l'entrée des braises. • Installer des fenêtres trempées à haute performance. • Gérer la végétation autour des maisons.
Coupures d'électricité	<ul style="list-style-type: none"> • Fournir une opérabilité bi-mode pour 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 devraient se concentrer sur le renforcement de la protection structurelle et non structurelle, voire s'éloigner (relocalisation). D'autres activités peuvent inclure la construction de maisons résistantes aux cyclones.

8.4 Approche de l'adaptation basée sur les écosystèmes

L'AbE implique l'utilisation de la biodiversité et des services écosystémiques pour aider les gens à s'adapter aux effets négatifs 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, y compris la conservation et la restauration des zones humides et des plaines inondables ; l'augmentation de la diversité biologique ; le boisement et le reboisement ; la conservation et la replantation des forêts de mangroves ; la réduction des feux de brousse et les brûlages dirigés ; les infrastructures vertes (par exemple, les arbres d'ombrage, les toits verts) ; le contrôle de la surpêche ; la co-gestion de la pêche ; la migration assistée ou la translocation gérée ; les corridors écologiques ; la conservation ex situ et les banques de semences ; la GCRN 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 sont similaires à la définition adoptée par la 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 :

- l'adaptation aux effets néfastes du changement climatique est l'objectif principal ;
- l'AbE doit être la stratégie globale ;
- utiliser la biodiversité et les services écosystémiques comme approche ou sous-stratégie ; et
- dans le cadre de (la stratégie), aider les gens (l'objectif).

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 intégrée dans les politiques à plusieurs niveaux ; et
- soutenir une gouvernance équitable et renforcer les capacités.

À cet égard, une AbE s'efforce d'aider les gens à s'adapter au changement climatique en améliorant et en sauvegardant les écosystèmes et les services écosystémiques importants pour la survie de l'homme. Elle accroît également la résilience des populations. La différence entre l'AbE et la conservation est que la première rend les gens plus résilients tandis que la seconde vise à préserver les populations ou les écosystèmes dans un climat changeant.

L'AbE peut englober des activités axées sur la restauration écologique, la conservation et la restauration des zones humides et des plaines boisées, la conservation de la biodiversité, la conservation et la replantation de la forêt de mangrove, le boisement et le reboisement, la gestion des feux de brousses et le brûlage dirigé, la pêche contrôlée, l'infrastructure verte (par exemple les arbres d'ombrage, les toits verts), la co-gestion des pêcheries, les corridors écologiques, la migration assistée ou la translocation gérée, la conservation ex-situ et les banques de semences, la gestion adaptative de l'utilisation des terres et le GCRN.

En Afrique du Sud, ils encouragent le recours à l'AbE, qui utilise la biodiversité et les 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 exposées à la sécheresse, les agriculteurs s'engagent dans la gestion de la biodiversité et la réduction de la désertification en protégeant les arbres dans les fermes et les forêts. Des arbres indigènes sont plantés en raison de leur tolérance à la sécheresse. Les personnes qui dépendent des ressources forestières pour leur survie sont généralement celles des ménages à faible revenu, qui vivent à proximité de la forêt, qui sont dirigées par des personnes âgées, qui sont moins instruites ou analphabètes et ont une plus grande aversion au risque (Kihila, 2018).

8.5 Options socio-économiques

Les options d'adaptation sociale sont classées par l'IPCC (2012) en trois catégories : options éducatives, informationnelles et comportementales. Les exemples d'options éducatives comprennent : les activités visant à sensibiliser 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. D'autres options comprennent le partage des connaissances locales et traditionnelles, y compris leur intégration dans la planification de l'adaptation et l'utilisation de la recherche-action participative et de l'apprentissage social, les enquêtes communautaires, les plateformes de partage des connaissances et 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 réaction, y compris les SAP dans le domaine de la santé, la surveillance systématique et la télédétection, les services climatiques, y compris l'amélioration des prévisions, la réduction de l'échelle des scénarios climatiques, les ensembles de données longitudinales, l'intégration des observations climatiques autochtones, les plans de CoBA, y compris l'amélioration des bidonvilles par les communautés et le développement de scénarios participatifs. Enfin, les options comportementales comprennent : le logement, la préparation des ménages et la planification de l'évacuation, la retraite et la migration (qui a ses propres implications pour la santé et la sécurité humaines), 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, les options sylvicoles et le recours aux réseaux sociaux (IPCC, 2012 ; Morissette, 2020). Certaines de ces options ont déjà été examinées en détail.

Les options économiques comprennent : les incitations financières, y compris les taxes et les subventions, les assurances, y compris les régimes d'assurance météorologique basés sur un indice, les obligations catastrophes, les fonds renouvelables, les PSE, les tarifs de l'eau, les groupes d'épargne, la microfinance, les fonds d'urgence en cas de catastrophe et les transferts d'argent. Certaines options sociales et économiques seront examinées dans les sections suivantes (IPCC, 2012 ; Akamani, 2021).



Activité 8.5 (Remue-méninges) (10 minutes)

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

8.5.1 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 car les impacts du changement climatique entraînent des pertes dans des secteurs tels que la production agricole et la pêche. Le manque de diversification des actifs et d'accès aux marchés financiers formels peut accroître la vulnérabilité des personnes vivant dans la pauvreté (Rapport social mondial, 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 au niveau des communautés et des ménages, l'objectif étant de créer un environnement permettant aux personnes de passer à des sources de revenus supplémentaires tout en maintenant un certain niveau de qualité de vie. La diversification économique s'aligne le mieux sur les processus d'élaboration des politiques régionales et nationales. Une forte appropriation de la planification et de la stratégie, l'inclusion des femmes et le caractère inclusif des PNA peuvent favoriser la croissance économique et augmenter les revenus des personnes vulnérables (CCNUCC, 2019b).

La capacité à se diversifier peut-être affectée par le statut de richesse : les agriculteurs pauvres de la région du Sahel en Afrique de l'Ouest étaient limités pour étendre leurs ressources foncières, intensifier l'agriculture pour stabiliser la production alimentaire ou se diversifier vers une production non agricole (Dietz et al., 2004) alors que les autres ont vendu des animaux et se sont lancés dans la diversification ou la spécialisation des exploitations (Sissoko et al., 2011). Pendant les périodes de sécheresse en Ouganda, il était plus difficile pour les agriculteurs à faibles revenus de modifier leurs modèles de culture et d'accéder à des technologies économes en eau et à des sources de stockage d'eau (Hill et Mejia-Mantilla, 2014).

L'engagement dans des activités non agricoles dépend largement de la structure des actifs détenus par les individus ou les ménages et de leur capacité à accroître les possibilités de subsistance et à réduire leur vulnérabilité. Les activités non agricoles sont hétérogènes et complexes et varient dans l'espace et dans le temps. L'engagement dans des activités non agricoles est normalement une réponse à des facteurs externes (tels que le marché, la politique ou des événements climatiques extrêmes) 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), soit motivés par des opportunités (choisies de préférence aux activités existantes, y compris l'agriculture, et impliquant des revenus et/ou des investissements qui permettent à la personne ou au ménage de ne plus dépendre de l'agriculture). Les 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 transferts de fonds qui en résultent améliorent les capacités d'adaptation sous forme d'injection de liquidités.

S'aventurer dans des activités d'agroforesterie et de plantation d'arbres peut 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, 2016a).

8.5.2 Accès amélioré aux marchés

La capacité d'adaptation peut être renforcée par l'amélioration de l'accès aux marchés, ce qui peut inclure la modernisation des marchés ruraux et/ou la garantie d'un espace pour les femmes. Les autres infrastructures comprennent : les routes d'accès aux marchés, des hangars adaptés et résistants au climat, des installations sanitaires, d'approvisionnement en eau et de drainage. L'amélioration de l'accès aux marchés est surtout bénéfique pour les femmes, car le manque d'accès les empêche de bénéficier des opportunités associées aux activités non agricoles (Assan et al., 2018). En outre, Belay et al. (2017) et Gessesse et Zerihun (2017) ont montré que l'accès aux marchés des intrants et des extrants peut avoir un effet positif et significatif sur l'intensité des intrants et la diversification des cultures des agriculteurs.

8.5.3 Utilisation des connaissances et des pratiques autochtones

Les changements climatiques affectent les moyens de subsistance des populations rurales, les incitant à développer divers moyens pour faire face et s'adapter aux effets du changement climatique (Musarandega et al., 2018). Différentes stratégies traditionnelles d'adaptation et de réaction, telles que la rotation des cultures et la plantation précoce, ont été mises en œuvre pour s'adapter et faire face aux changements climatiques. Les petits exploitants agricoles ne sont pas bien exposés aux techniques scientifiques modernes, mais ont cultivé des cultures 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 font face aux 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 génération d'autres services écosystémiques en raison d'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 République démocratique du Congo 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 vers des cultures plus résistantes à la sécheresse pour faire face au changement climatique. Ils ont également ajusté les périodes de plantation pour qu'elles correspondent au début de la saison des pluies (Mdungela et al., 2017). 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.

8.5.4 Filets 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 façonnées par le gouvernement, les communautés, les groupes organisés ou les familles qui sont des éléments clés des stratégies visant à minimiser les pertes attendues du 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). 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 constitué des ressources forestières, qui ont souvent été les principales victimes des actions inspirées par la détresse. Le bois de chauffage, les champignons, les fruits indigènes, les médicaments, le bois d'œuvre, les insectes comestibles et les fibres sont souvent exploités de manière non durable en période de crise (Shackleton, 2014 ; Tieminie et al., 2021). Dans la plupart des cas, les étrangers exploitent également ces ressources aux dépens des communautés locales, ces dernières étant autorisées à accéder aux ressources de moindre valeur économique (par exemple, les PFNL) tandis que les étrangers exploitent les mandrins les plus précieux (Bergen, 2001 ; Nelson, 2010).

Les PFNLs constituent d'importants filets de sécurité en période d'insécurité alimentaire, car ils offrent des possibilités de revenus à des personnes autrement marginalisées (African Union Commission, 2020). Par exemple, le Département de l'agriculture, des forêts et de la pêche (DAFF, 2015) a indiqué qu'environ 27 millions de personnes en Afrique du Sud bénéficient des plantes médicinales, des fruits sauvages et

d'autres aliments issus de la forêt, et que l'on estime que 20 millions de tonnes de plantes médicinales sont récoltées et commercialisées chaque année dans les forêts naturelles. Le fruit du karité profite à 20 000 agricultrices en Afrique de l'Ouest (Commission de l'Union Africaine, 2020).

8.5.5 Migrations incluant les personnes déplacées à l'intérieur du pays

L'IPCC (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. L'un des plus grands impacts du changement climatique est la migration humaine où des millions de personnes sont souvent déplacées par les risques climatiques. Les impacts du changement climatique à l'origine des migrations humaines peuvent être liés soit à 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), soit à des événements climatiques (par exemple, les sécheresses, les inondations, les tempêtes et les crues de lacs glaciaires). Ces phénomènes 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 une grande variété de 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 y faire face, ce qui occasionne leur déplacement (Stapleton et al., 2017).

L'impact du changement climatique dépend du nombre de personnes touchées et de la vitesse à laquelle les gens réagissent. La migration temporaire est une réponse adaptative au stress climatique : les gens se déplacent temporairement et reviennent après l'événement climatique. Toutefois, la capacité à migrer est fonction de la mobilité et des ressources financières et sociales, les personnes les plus vulnérables étant peu susceptibles de migrer. Lorsque la situation devient trop grave, les gens sont contraints de migrer. La migration forcée entrave les efforts de développement en ajoutant une pression sur les infrastructures et les services urbains, en sapant la croissance économique, en augmentant le risque de conflit et en détériorant les indicateurs sanitaires, éducatifs et sociaux parmi les migrants (Brown, 2008).

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).

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 SAP efficaces et une éducation généralisée au changement climatique. Si l'adaptation est soigneusement planifiée en même temps que les processus et plans de gestion des catastrophes, il est possible de : réduire la vulnérabilité et faire en sorte que les individus, les communautés et les pays aient les compétences nécessaires pour faire face et répondre aux dangers liés au climat ; déterminer les flux, les conditions et les impacts de la mobilité humaine ; et soutenir les travailleurs et les communautés migrants et déplacés (Crawford-Brown, 2017 ; Stapleton et al., 2017).



Activité 8.6 Révision (5 minutes)

1. À l'aide d'exemples, expliquez les options d'adaptation socio-économique.
2. Expliquez la signification des filets de sécurité et comment ils peuvent être renforcés.



Résumé

Tous les secteurs s'adaptent au changement climatique par des interventions technologiques telles que les SAP. D'autres options d'adaptation comprennent la construction de bâtiments dans des zones sûres, l'amélioration de la conception des bâtiments et l'approche fondée 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. La migration peut entraîner l'apparition de réfugiés et pour réduire le risque de créer des réfugiés migratoires, les pays doivent être préparés de manière adéquate, avec des SAP efficaces et une éducation généralisée au changement climatique.

Chapitre 9 : Options Politiques, Institutionnelles et Réglementaires

9.1 Aperçu

La plupart des pays Africains reconnaissent la nécessité de passer de politiques purement environnementales à des politiques qui traitent des menaces sur le développement durable. Par conséquent, la gestion des risques climatiques actuels et futurs devrait faire partie intégrante des processus de développement à tous les niveaux et devrait englober une approche intersectorielle, même reflétée dans les budgets nationaux. Fröhlich et Knieling (2013) ont déclaré que face au changement climatique, la gouvernance englobe un large éventail de formes de coordination de l'adaptation et de l'atténuation caractérisées par des cadres transfrontaliers, multiniveaux, multisectoriels et multi-agences, ainsi que par des défis et des incertitudes à long terme. Plusieurs pays Africains, dont le Botswana, l'Afrique du Sud, l'Ouganda et le Kenya, ont adopté des politiques nationales de gestion des catastrophes portant sur la prévention, l'atténuation, la préparation, la réponse, le rétablissement et le développement (Mosha, 2011). Par exemple, le gouvernement Ougandais a créé une unité de changement climatique au sein du Ministère de l'Eau et de l'Environnement pour coordonner toutes les questions relatives au changement climatique et être le fer de lance de la formulation de la politique nationale. Au Zimbabwe, une unité similaire relève du Ministère des Terres, de l'Agriculture, de l'Eau, du Climat et du Réaménagement rural. Pour que la prise en compte de l'adaptation soit efficace, des politiques nationales et régionales doivent être formulées pour guider la mise en œuvre au niveau local. Ce chapitre examine les options politiques, institutionnelles et réglementaires pour l'adaptation au changement climatique.



Résultats d'apprentissage

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

- i. décrire les options réglementaires internationales, régionales et nationales qui soutiennent l'ACC ;
- ii. expliquer l'importance de l'intégration de la dimension genre dans la planification et les actions d'adaptation ;
- iii. décrire les outils utilisés pour intégrer le genre dans la planification de l'adaptation ;
- iv. expliquer les types de catastrophes ;
- v. décrire les approches de la gestion des risques ; et
- vi. décrire l'importance de l'approche nexus pour la planification de l'adaptation.



Activité 9.1 (Remue-ménages) (10 minutes)

Quel est le degré d'intégration de l'ACC dans votre pays ?

9.2 Importance des options institutionnelles et réglementaires pour soutenir l'adaptation au changement climatique

Dans l'ACC, les institutions peuvent avoir une définition mixte avec une pertinence interdisciplinaire. Les institutions sont des règles, procédures, conventions, protocoles, modèles moraux ou scripts cognitifs (O'Riordan et Jordan, 1999). À cet égard, les institutions deviennent les règles, les structures sociales et les organisations généralement acceptées et reconnues. Elles sont formées sur la base de systèmes de croyances partagées qui transforment les actes et les attentes individuels en actions collectives, convertissent les valeurs personnelles en normes sociales et en croyances partagées. Elles définissent aussi les systèmes de comportement formels et informels de l'existence humaine. Par conséquent, les règles, les structures sociales et les organisations représentent des institutions qui façonnent des attentes auto-renforcées, qui motivent ensuite les actions individuelles et affectent le comportement (Greif et Kingston, 2011). Les règles, la structure et les organisations peuvent être formelles ou informelles. Le succès des initiatives d'adaptation dépend des arrangements institutionnels particuliers, notamment de droits de propriété bien définis qui déterminent l'accès aux ressources et l'exposition aux risques (Agrawal et al., 2008). L'élaboration de réponses d'adaptation appropriées nécessite des arrangements institutionnels qui permettent la mise en œuvre des mesures.

Les institutions sont importantes dans l'adaptation en raison de leur capacité à :

- réduire l'incertitude liée aux attentes individuelles et collectives et à l'agencement constant des relations sociales ;
- assurer la stabilité et la prévision grâce à des systèmes de pouvoir et d'autorité établis ;
- identifier les exclusions et les inclusions en déterminant les actions requises et les conditions pour que certaines activités soient entreprises ;
- relier les individus à la société en donnant à chacun une identité commune ;
- favoriser la capacité d'adaptation ; et
- mobiliser l'utilisation des ressources.

Une adaptation réussie nécessite une coordination entre plusieurs niveaux de gouvernance, notamment les niveaux local, infranational, national et régional. L'engagement du gouvernement national auprès des autorités infranationales et locales peut contribuer à faciliter le changement transformationnel. Les bonnes pratiques identifiées par la CCNUCC (2015a) comprennent :

- la mise à disposition des fonds ou un accès aux fonds pour relier les plans d'adaptation locaux et nationaux ;
- l'intégration des considérations relatives à l'ACC dans les processus de planification sectorielle et de développement des institutions gouvernementales locales ; et
- la promotion du partage des connaissances par des processus inclusifs et multidisciplinaires pour harmoniser les approches descendantes et ascendantes en tenant compte de la dimension multisectorielle des actions d'adaptation au changement climatique (ACC).

La coopération régionale est également importante pour contribuer au renforcement des efforts d'adaptation nationaux et a le potentiel d'améliorer l'efficacité et les impacts des initiatives d'adaptation. Cela peut être réalisé par le biais de plusieurs activités telles que :

- le renforcement des capacités de planification et de mise en œuvre de l'adaptation ;

- l'élargissement de la base de connaissances sur l'adaptation en connectant un pool régional d'experts et en maximisant leurs expériences, en partageant les meilleures pratiques et les leçons apprises dans la région ;
- la création des occasions de partager des coûts et le rassemblement des ressources pour les processus qui peuvent être mis en œuvre conjointement ;
- la résolution des divergences entre les frontières politiques et celles des écosystèmes/paysages ; et
- l'évitement des impacts transfrontaliers négatifs, en particulier sur les bassins fluviaux partagés ou autres écosystèmes.



Activité 9.2 Etude de texte (5 minutes)

Expliquez l'importance de la coopération régionale dans l'ACC.

9.3 Intégration de la dimension genre dans la planification et les actions d'adaptation

L'exposition des femmes aux risques liés au changement climatique et leur capacité à y faire face ou à s'y adapter sont sensiblement différentes de celles des hommes. Les inégalités entre les sexes ne peuvent être combattues avec succès que si les responsabilités, les droits et les opportunités des hommes et des femmes sont reconnus et que leurs besoins et priorités sont pris en compte. On dit que les femmes sont vulnérables au changement climatique non pas en raison d'une faiblesse naturelle, mais à cause des rôles socialement et culturellement construits qui leur sont attribués en tant que femmes. Cependant, étant donné la gravité de l'inégalité entre les sexes, en particulier dans le monde en développement, le changement climatique risque non seulement d'amplifier mais aussi d'affecter les femmes plus que les hommes. L'intégration de la dimension genre considère les femmes et les hommes comme des acteurs égaux dans le processus de développement et implique l'évaluation des diverses implications pour les hommes et les femmes de toute action planifiée, y compris la législation, les politiques ou les programmes dans tous les domaines et à tous les niveaux. Elle comprend également la participation des femmes et des hommes à la conception, à la mise en œuvre, au suivi et à l'évaluation des projets. Les avantages de l'intégration de la dimension de genre sont présentés dans l'encadré 9.1.

L'intégration de la dimension 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 ignorent ou n'incluent pas les femmes échouent car les femmes sabotent les programmes, tandis que ceux qui incluent/profitent aux femmes bénéficient d'un soutien sous forme de travail, d'une meilleure conservation et d'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).

L'intégration de la dimension genre vise à transformer les structures sociales et institutionnelles inégales pour les rendre significativement sensibles au genre. Lorsque le genre est intégré, les femmes et les hommes bénéficieront de manière égale des activités de développement. À cet égard, l'intégration de la dimension genre ne se limite pas à ajouter la participation des femmes aux stratégies et programmes existants.

L'analyse du genre est l'outil utilisé pour aborder les dimensions genre de toute question ou intervention donnée afin d'intégrer la dimension genre. Les outils utilisés comprennent : le cadre de la matrice d'analyse du genre ; le cadre de Moser ; le cadre de l'approche des relations sociales ; le cadre d'analyse des capacités et des vulnérabilités ; le cadre analytique de Harvard et la planification axée sur les personnes (PNUD, 2007). Au cours du processus d'intégration de la dimension de genre, il est important de se rappeler qu'il faut utiliser un langage sensible au genre, collecter et analyser les données en fonction du genre, assurer l'égalité d'accès et d'utilisation des ressources et/ou des services, impliquer les femmes et les hommes de manière égale dans la prise de décision et intégrer l'égalité de traitement tout au long des processus de pilotage. La prise en compte précise du genre est importante dès le début du cycle du projet, où le choix des interventions d'adaptation peut avoir des implications involontaires sur le genre.

Encadré 9.1 Avantages de l'intégration de la dimension genre pour l'adaptation au climat

Les avantages de l'intégration de la dimension de genre dans les initiatives de développement comprennent :

- l'utilisation des ressources disponibles pour garantir le bénéfice maximal pour tous (hommes, femmes, garçons et filles et tout autre personne en situation d'handicap, vulnérable du point de vue économique et/ou nutritionnelle et les peuples autochtones) ;
- l'identification et l'utilisation des opportunités pour améliorer l'égalité des sexes dans les projets ;
- la considération de politiques qui, autrement, n'auraient pas été considérées comme des questions de genre ; et
- l'intégration de la dimension du genre peut englober des initiatives réelles en faveur des femmes dans des domaines stratégiques tels que la prise de décision et la législation. Elle peut également s'attaquer aux préjugés cachés à l'origine de conditions inéquitables pour les hommes et les femmes dans tous les secteurs de l'élaboration des politiques et programmes.

En outre, contrairement aux approches antérieures visant à lutter contre les inégalités entre les sexes dans la politique de développement, l'intégration de la dimension du genre :

- permet aux décideurs politiques et aux praticiens d'identifier et de traiter les processus et les circonstances à l'origine des inégalités ;
- facilite l'identification et la maximisation des possibilités d'amélioration des égalités entre les sexes dans des situations qui n'auraient pas autrement pris en compte les questions de genre ; et
- maintient l'intérêt pour l'égalité des sexes tout au long du cycle du projet/programmes ou de la politique, en assurant la mise en place, le suivi et l'évaluation appropriés des systèmes complémentaires. Cela signifie que l'attention portée au genre peut passer d'une simple phrase « symbolique » dans un document de projet à des avantages réels et durables pour les hommes et les femmes (PNUD, 2007).

L'UNFCCC (2014b) a développé une approche sensible au genre pour l'intégration du changement climatique dans les plans de développement, basée sur les bonnes pratiques pour aborder le risque climatique, les plans actuels à l'épreuve du climat, et assurer un développement adaptatif. La figure 24 montre le processus à cinq (5) étapes, basé sur le genre pour intégrer l'adaptation. Vincent et Colenbrander (2018) ont appliqué les 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.

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

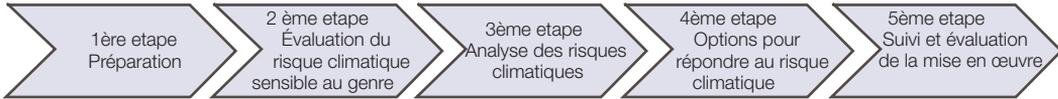


Figure 24. Processus à cinq étapes pour l'intégration sensible au genre du changement climatique dans la planification du développement (Source : CCNUCC, 2014b).

Tableau 14. Processus à cinq étapes pour l'intégration sensible au genre du changement climatique dans

But	Garantir la mise en place de structures permettant une intégration efficace du changement climatique	Identifier la nature des risques du climat actuel et future	Déterminer le risque climatique pour le cadre de développement (connu en Zambie sous le nom de questions clés et priorités) et pour le programme de mise en œuvre.	S'assurer que le cadre de développement (questions clés et priorités) et la mise en œuvre de programmes contiennent les risques climatiques, supportent l'adaptation au changement climatique et promeuvent un développement résilient au climat	S'assurer, par un suivi et une évaluation appropriée, que la mise en œuvre du plan favorise l'adaptation au changement climatique et permet un développement résilient au climat.
-----	--	---	--	--	---

9.4 Couverture assurance, subventions et risques

Face à un avenir incertain, il est nécessaire que les gouvernements ou les individus fournissent des incitations pour que les communautés prennent des mesures d'adaptation, par exemple, des mécanismes innovants tels que l'assurance. Les solutions d'assurance ont été reconnues comme un moyen de faciliter l'adaptation au changement climatique car elles facilitent la création de structures sociales et économiques et deviennent des exemples de coopération entre les secteurs public et privé (Dispositif mondial de réduction des catastrophes et de relèvement (GFDRR) (GFDRR et Banque mondiale, 2014). Le secteur de l'assurance devrait développer et faciliter la mise en œuvre de solutions d'assurance climatique en fournissant une expertise, des modèles de risque, du capital-risque et les meilleures pratiques de d'autres régions. Lorsqu'elles sont correctement structurées, les solutions d'assurance représentent un outil efficace pour financer les charges de la preuve et pour créer des incitations à prendre des mesures préventives (par le biais du transfert de connaissances et/ou de franchises).

Protection sociale liée aux catastrophes

- Le Hunger Safety Net Programme du Kenya investit dans la cartographie de la pauvreté pour comprendre les niveaux de vulnérabilité des ménages ;
- Au Maroc, il existe un programme d'assurance récolte par le gouvernement et la mutuelle agricole ;
- En Éthiopie, le programme de filet de sécurité productif aide les pauvres ruraux confrontés à une insécurité alimentaire chronique à résister aux chocs et à devenir autonomes sur le plan alimentaire (GFDRR et Banque mondiale, 2014).
- En 2018, environ 1,5 million de dollars de paiements d'assurance ont été distribués dans le cadre de l'initiative AR4 du PAM en Éthiopie, au Kenya, au Malawi, au Sénégal et en Zambie pour compenser les pertes liées aux conditions météorologiques (PAM, 2019).

Les régimes d'assurance peuvent cibler directement les bénéficiaires en se concentrant sur la sensibilisation aux risques et la résilience des ménages, en partant du principe que les ménages ont une compréhension générale de l'assurance. Cette approche peut entraîner des coûts de transaction élevés et donc un chargement de primes comparativement élevé. Ainsi, même avec des subventions substantielles pour les primes, la plupart des projets pilotes d'assurance volontaire pour les risques climatiques ont échoué. Par contre, les régimes de micro-assurance peuvent surmonter ce problème en raison de leurs primes peu élevées, bien que leur portée soit limitée. Ces régimes sont devenus de plus en plus populaires dans la plupart des pays en développement en tant que régimes d'assurance collective locaux ou régionaux dont le financement repose sur la solidarité mutuelle. L'initiative de micro-assurance liée au climat, menée par la GIZ au nom du ministère fédéral de la Coopération économique et du Développement (Allemagne), a développé des produits de micro-assurance pour les communautés de la Zambie et du Pérou sur la base d'études nationales qui ont fourni des informations sur les principaux risques, les groupes à risque et les besoins en matière de stratégies de gestion des risques (GIZ, 2020). Le sommet du G7 de 2015, a vu le lancement d'une initiative d'assurance climatique (InsuResilience), soulignant l'importance des concepts de transfert de risques financiers, en particulier pour les pays émergents et en développement. L'objectif d'InsuResilience est de donner accès à l'assurance à 400 millions de personnes supplémentaires dans les pays émergents et en développement d'ici 2020, afin qu'elles soient protégées contre les catastrophes liées au climat. L'assurance sera soit à un niveau macro (couvrant des pays entiers, couvrant indirectement la population), soit à un niveau micro (couvrant directement les individus) (GIZ et BMZ, 2015). En outre, l'assurance peut se concentrer sur les gouvernements et les institutions publiques au lieu des bénéficiaires directs et fournir un paiement et des efforts précoces pour réparer les infrastructures critiques afin de réduire les coûts économiques des catastrophes naturelles induites par le climat.

9.5 Intégration de l'adaptation au climat dans la politique, la planification et les actions sectorielles

Le changement climatique est une menace pour le processus de développement, affectant les systèmes humains et naturels et la réalisation des ODD. La prise en compte du changement climatique est l'incorporation des vulnérabilités ou de l'adaptation au changement climatique dans plusieurs aspects de la politique gouvernementale correspondante (GIEC, 2007b) 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). La nature transversale du changement climatique entraîne des effets d'échelle économique, géographique, administrative et temporelle. À cet égard, les programmes ou stratégies d'adaptation doivent être préparés comme une composante des plans de développement plus larges. Une ACC réussie doit être planifiée de manière que les effets à long terme du changement climatique ne soient pas ignorés. Cela nécessite un engagement et une harmonisation des activités à travers les différents niveaux d'autorité (niveaux régional, national, infranational et local) afin d'améliorer les actions d'adaptation et d'offrir des opportunités pour catalyser le développement (CCNUCC, 2016a).

Bien que toutes les sociétés s'adaptent ou se soient adaptées dans une certaine mesure aux impacts du changement climatique, la capacité d'adaptation aux différentes variabilités et altérations accélérées varie de manière significative, d'où la nécessité d'un soutien politique. Les réponses politiques internationales émergentes et les mécanismes de financement de la CCNUCC et du Protocole de Kyoto sont le fruit de la reconnaissance des incapacités et de la vulnérabilité du monde en développement à s'adapter.

L'intégration de l'ACC nécessite trois niveaux d'intervention. Le premier niveau est constitué par les efforts de développement visant consciemment à réduire la vulnérabilité (pas nécessairement au changement climatique) tout en évitant la mauvaise adaptation. Cela renforce la base de l'adaptation en s'attaquant au déficit d'adaptation et en augmentant la résilience globale du pays et de la population. Le deuxième niveau consiste à considérer le changement climatique dans la prise de décision au sein des départements gouvernementaux appropriés, de sorte que l'intégration se fasse par le développement de mesures politiques englobant le changement climatique. Il ne s'agit pas seulement d'élaborer des politiques de protection du climat, mais aussi de répondre aux besoins d'adaptation émergents dans les différents secteurs ou zones géographiques. Le troisième niveau requiert des mesures politiques d'adaptation spécifiques ciblant les problèmes que les deux premiers niveaux n'ont pas abordés. Chacun de ces niveaux nécessite des changements dans la manière dont le gouvernement traite l'élaboration des politiques, la budgétisation, la mise en œuvre et le suivi aux niveaux national, sectoriel et infranational (PNUD-PNUE, 2011).

Les efforts d'intégration de l'adaptation dans les processus de planification du développement doivent être initiés tôt dans le processus afin que l'adaptation soit alignée sur les priorités de développement. Cela signifie que la prise en compte de l'adaptation doit être envisagée à chaque étape du processus d'adaptation. Les quatre principales étapes du processus d'adaptation sont : (i) l'évaluation des impacts du changement climatique, des vulnérabilités, des risques et des options de résilience, (ii) la planification de l'adaptation, (iii) la mise en œuvre des actions d'adaptation, et (iv) le suivi et l'évaluation (CCNUCC, 2011).



Activité 9.3 Etude de texte (5 minutes)

Quels sont les critères possibles que vous pouvez utiliser pour définir les actions d'adaptation prioritaires ?

Les réponses nationales d'adaptation doivent être incluses en tant que composantes des politiques de développement, ainsi que les activités qui sont indirectement liées au changement climatique. L'intégration de l'ACC est un processus itératif, multipartite et pluriannuel, visant à loger l'ACC dans tous les processus de développement aux niveaux national, sectoriel et infranational. Cela implique une coordination avec les gouvernements et les ONGs pour définir l'impact de l'adaptation au changement climatique sur les moyens de subsistance et le développement (PNUD-PNUE, 2011).

9.6 Coordination intersectorielle dans la planification de l'adaptation

Pour être efficace, l'ACC doit être cohérente et intégrée dans de multiples secteurs. Bien que des approches sectorielles de la planification de l'adaptation existent dans de nombreux pays, l'approche nexus intégrant des secteurs liés entre eux, reconnaissant les interdépendances sectorielles et les points d'entrée des politiques est appropriée. Par exemple, l'approche nexus qui relie les secteurs de l'eau, de l'énergie, de l'agriculture et de l'environnement apprécie les interdépendances complexes et dynamiques entre les secteurs, bien que cela fasse souvent défaut en Afrique. Par exemple, England et al. (2018) ont analysé l'ACC et la cohérence des politiques intersectorielles au Malawi, en Tanzanie et en Zambie et ont constaté que les politiques sectorielles différaient dans leur cohérence en matière d'ACC, étant les plus fortes en Zambie et les plus faibles en Tanzanie. En outre, les politiques sectorielles étaient plus cohérentes lorsqu'il s'agissait d'aborder les questions de gestion des catastrophes à court terme (sécheresses et inondations), en ignorant les stratégies d'adaptation au climat à plus long terme. Stringer et al. (2014) ont montré que des activités politiques axées sur le dialogue et les actions intersectorielles ont été mises en place en Afrique australe par le biais de comités et de groupes de travail interministériels sur le changement climatique dans certains pays, dont le Malawi, la Zambie et le Zimbabwe. Ils ont en outre proposé que les approches visant à promouvoir le soutien institutionnel aux politiques, pratiques et partenariats transversaux peuvent inclure :

- le renforcement de la coordination nationale et la définition claire des rôles entre les secteurs ;
- l'établissement de partenariats fondés sur les compétences des différentes parties prenantes dans tous les secteurs ;
- la définition des étapes pour faciliter l'apprentissage et le partage d'informations ; et
- le développement des mécanismes permettant une distribution plus équitable et transparente des coûts et des bénéfices.

Une planification éclairée du développement futur nécessite une compréhension des nombreux liens entre les secteurs de l'énergie, de l'eau, de l'alimentation et de l'environnement. L'intégration intersectorielle et thématique peut également inclure la RRC et les objectifs de développement durable afin de mettre en œuvre avec succès l'adaptation et d'éviter la mauvaise adaptation (OCDE, 2009).

9.7 Cadres juridiques

Bien que l'atténuation ait été initialement plus prioritaire que l'adaptation, la communauté du changement climatique, internationale et nationale, reconnaît maintenant l'urgence et l'importance de l'adaptation et de la formulation de politiques alignées sur l'adaptation. L'Accord de Paris (Art 7) a montré l'importance de l'adaptation en engageant les Parties à planifier, financer et mettre en œuvre sérieusement l'adaptation (CCNUCC, 2016b).

Les gouvernements devraient intervenir par le biais de politiques et de lois d'adaptation délibérées afin de créer un cadre juridique dans lequel les bénéfices et les pertes découlant du changement climatique sont répartis dans la société, la fourniture de secours et la présentation des moyens de gérer les conflits éventuels découlant de l'adaptation (McDonald, 2010). Les cadres juridiques pour l'adaptation peuvent renforcer les règles institutionnelles, façonner les processus de formulation des politiques, réglementer les comportements, déterminer l'accès aux processus décisionnels et définir les responsabilités et les obligations. Par conséquent, ils facilitent la mise en œuvre efficace des politiques d'adaptation, en permettant la flexibilité des mesures d'adaptation et en permettant des réponses rapides aux nouvelles connaissances et informations (Adger et al. 2007). Certains pays d'Afrique ont formulé des lois spéciales sur le changement climatique couvrant le cadre juridique de l'atténuation et de l'adaptation au changement climatique. Ces lois se présentent sous la forme de politiques ou de stratégies de lutte contre le changement climatique ou de cadres de gestion des catastrophes et des risques. Par exemple, l'Éthiopie a formulé une stratégie d'économie verte résiliente au climat (CRGE, 2011). En dehors de l'Afrique, le Royaume-Uni (RU) dispose d'une loi sur le changement climatique (Royaume-Uni, 2008) qui montre la responsabilité du gouvernement dans l'évaluation et le signalement des risques liés au changement climatique et la conception de plans pour y faire face.

9.8 Gestion des risques de catastrophes

Une catastrophe est une perturbation grave du fonctionnement d'une communauté ou d'une société, à quelque échelle que ce soit, due à des événements dangereux interagissant avec des conditions d'exposition, de vulnérabilité et de capacité, entraînant un ou plusieurs des éléments suivants : pertes et impacts humains, matériels, économiques et environnementaux (Lavell et al., 2012).



Résultats de l'apprentissage

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

- i. discuter des buts et des objectifs de la gestion des risques de catastrophes ;
- ii. classer les types de catastrophes ;
- iii. expliquer le cycle de gestion des catastrophes ; et
- iv. expliquer les approches de la gestion des risques.



Activité 9.4 (Remue-méninges) (10 minutes)

- i. Quelles sont les catastrophes liées aux changements climatiques les plus courantes dans votre pays ?
- ii. Partagez vos points 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 du climat.

9.8.1 Buts et objectifs

Le risque climatique est le résultat de l'interaction entre des dangers physiquement définis et les propriétés des systèmes exposés, c'est-à-dire leur sensibilité ou leur vulnérabilité (sociale). Le risque

La gestion des catastrophes est l'ensemble des politiques, procédures et pratiques mises en œuvre avant, pendant et après une catastrophe.

peut également être considéré comme la combinaison d'un événement, de sa probabilité et de ses conséquences, c'est-à-dire que le risque est égal à la probabilité d'un danger climatique multiplié par la vulnérabilité d'un système donné. 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 ou pour répondre aux conséquences et constitue un concept fondamental de l'adaptation (IPCC, 2007b ; Amuzu et al., 2017). La RRC est une approche systématique pour identifier, évaluer et réduire les risques des catastrophes. 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 d'action de Sendai 2015-2030 pour la RRC a souligné que les catastrophes aggravées par le changement climatique augmentent en fréquence et en intensité, ce qui entrave considérablement les progrès vers la réalisation des objectifs du développement durable. Les activités sont basées sur la gestion des risques actuels et futurs, le renforcement de la résilience étant le principal objectif à atteindre d'ici 2030 (UNISDR, 2015). À cet égard, les pays sont censés poursuivre quatre priorités d'action :

- compréhension des risques de catastrophes ;
- renforcement de la gouvernance des risques de catastrophes pour gérer les risques ;
- investissement dans la prévention des catastrophes pour la résilience ; et
- amélioration de la préparation aux catastrophes pour une réponse efficace et pour « mieux reconstruire » lors du rétablissement, de la réhabilitation et de la reconstruction.

L'incertitude est un état de connaissance limitée dans lequel il est impossible de décrire précisément l'état existant ou les résultats futurs. Elle s'applique aux prédictions d'événements futurs, aux mesures physiques déjà effectuées ou à l'inconnu.

Les catégories de risques utilisées pour guider la prise de décision sont les suivantes :

- risques acceptables ;
- risques supportables ; et
- risques intolérables (qui dépassent une norme socialement négociée).

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. Dans le cadre du changement climatique, les risques majeurs résident dans l'incapacité à s'adapter aux changements de l'environnement, entraînant l'instabilité et l'insécurité du ou des systèmes économiques pour menacer les niveaux adéquats de bien-être social (boîte à outils ECONA-DAPT).

Les mesures d'adaptation utilisées par les participants à la CCNUCC pour la gestion des catastrophes sont les suivantes :

- systèmes d'alerte précoce;
- institutions de gestion des risques ;
- cartographie des risques;
- normes de résilience pour les bâtiments et les infrastructures ; et
- plans d'opération d'urgence
(Secrétariat des Nations unies sur le changement climatique, 2019).

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

- l'identification du risque (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 de risque (lié à la protection financière et aux investissements publics) ; et
- la gestion des catastrophes (à travers les phases de préparation, d'alerte, de réponse, de réhabilitation et de reconstruction après les catastrophes).

9.8.2 Types de catastrophes et gestion des catastrophes

Les catastrophes peuvent être soit naturelles, soit d'origine technique/humaine, soit complexes émergentes (tableau 14). Les catastrophes naturelles sont classées par le Centre de recherche sur l'épidémiologie des catastrophes (CRED, 2009) comme suit :

- biologiques (par exemple, épidémies d'insectes/animaux et épidémies de maladies) ;
- climatologiques (par exemple, sécheresse, températures extrêmes et incendies de forêt) ;
- géophysiques (par exemple, tremblements de terre, tsunamis, glissements de terrain et activité volcanique) ;
- hydrologiques (par exemple, les inondations et les avalanches) ; et
- météorologiques (par exemple, tempêtes/ondes et cyclones).

Tableau 15. Types de catastrophes

Catastrophes naturelles	Induites par la technologie et l'homme	Urgentes complexes
<ul style="list-style-type: none"> - Des tremblements de terre ; - Chaleur extrême ; - Inondations ; - La sécheresse ; - Cyclones tropicaux ; - Glissements de terrain ; - Tornades ; - Tsunamis ; - Les volcans ; - Feux de forêt ; - Temps d'hiver ; - les épidémies de maladies infectieuses ; et -Les épidémies d'insectes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Les catastrophes dues aux radiations provenant d'explosions nucléaires, d'accidents de réacteurs nucléaires ou de déversements accidentels de matières radioactives ; - Libération accidentelle de produits chimiques dangereux ; - Le bioterrorisme ; - Les marées noires ; - Destruction ou bombardement de réacteurs nucléaires ; et - La pollution. 	<ul style="list-style-type: none"> - La guerre ; - Les Conflits ; - Les populations déplacées ; -L'insécurité alimentaire ; et - Les épidémies.

Source : Khan (2008)

Pour gérer les risques liés au changement climatique, il est important de comprendre les liens entre l'adaptation au changement climatique, la RRC et le développement (figure 25). Une planification adéquate peut renforcer la résilience et permettre 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).

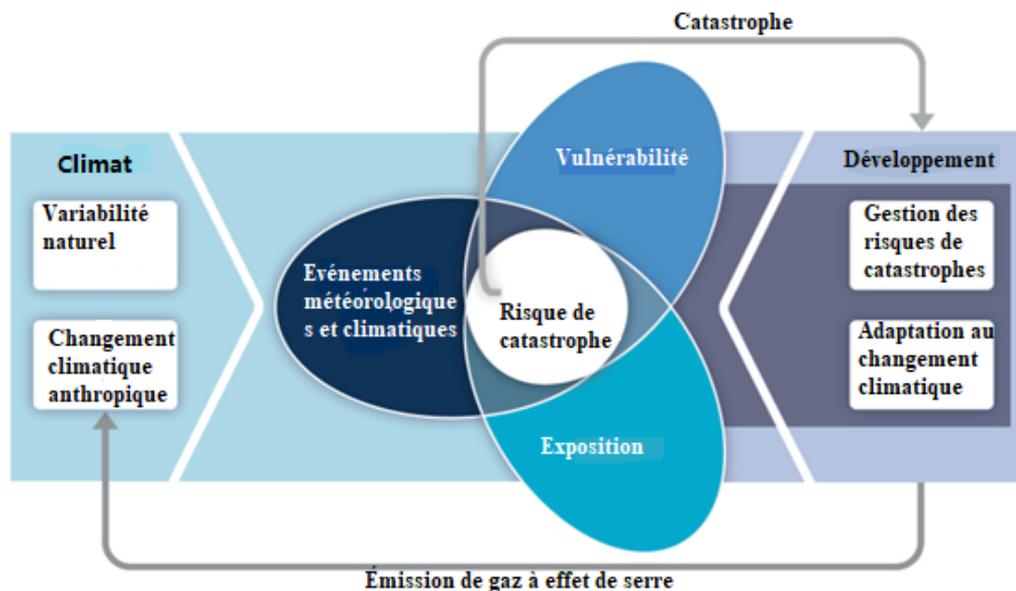


Figure 26. Liens entre climat, risques de catastrophe et développement (Source : GIEC, 2012) <https://goo.gl/1gNpEs>

Les catastrophes peuvent être gérées à travers quatre types d'activités : la gestion des risques et la réduction de la vulnérabilité, la diversification économique, les interventions politiques et la sensibilisation du public (Département du développement régional et de l'environnement, Secrétariat exécutif pour les affaires économiques et sociales, Organisation des États Américains, 1991).

Gestion des risques et réduction de la vulnérabilité : la gestion des risques est un processus dans lequel 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 de gestion des risques naturels peut être divisé en trois :

- mesures préventives - elles comprennent des 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 - inclut les mesures de sauvetage et de secours ; et
- mesures post-catastrophe – comprend les mesure de réhabilitation et reconstruction.

Un projet sur le « [Renforcement de la résilience climatique des moyens de subsistance agricoles dans les régions agroécologiques I et II en Zambie](#) ».

Le projet soutient le gouvernement de la Zambie pour renforcer la capacité des agriculteurs à planifier les risques climatiques qui menacent de faire dérailler les gains de développement, promouvoir la production agricole résiliente au climat et les pratiques de diversification pour améliorer la sécurité alimentaire et la génération de revenus, améliorer l'accès aux marchés et favoriser la commercialisation des produits agricoles résilients au climat (UNDP.org).

La diversification économique : Il s'agit d'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).

Intervention politique : les préoccupations politiques avant, pendant et après une catastrophe naturelle peuvent définir les personnes les plus exposées, les personnes en mesure 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 qui s'ensuit, y compris la formulation de politiques sur les catastrophes et l'inclusion d'une 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 : l'éducation du public pour réduire les catastrophes afin de transformer les connaissances humaines disponibles en actions locales spécifiques pour réduire les risques de catastrophe. La priorité III du cadre d'action de Sendai souligne la nécessité de la connaissance, de l'innovation et de l'éducation pour construire une culture de la sécurité et de la résilience à tous les niveaux. Elle mobilise les gens grâce à des messages clairs, étayés par des informations détaillées. Les gens connaissent les actions spécifiques qu'ils peuvent entreprendre pour réduire leurs risques, ils sont également convaincus que ces actions seront efficaces et ils croient en leur propre capacité à mener à bien ces tâches.

9.8.3 Cycle de gestion des catastrophes

Le cycle de gestion des catastrophes suit des étapes allant de l'atténuation à la récupération et les étapes du cycle se chevauchent, la durée de chaque étape étant déterminée par la gravité de la catastrophe (Khan, 2008) (Figure 26). 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 des mesures appropriées dans les plans de développement nationaux et régionaux.

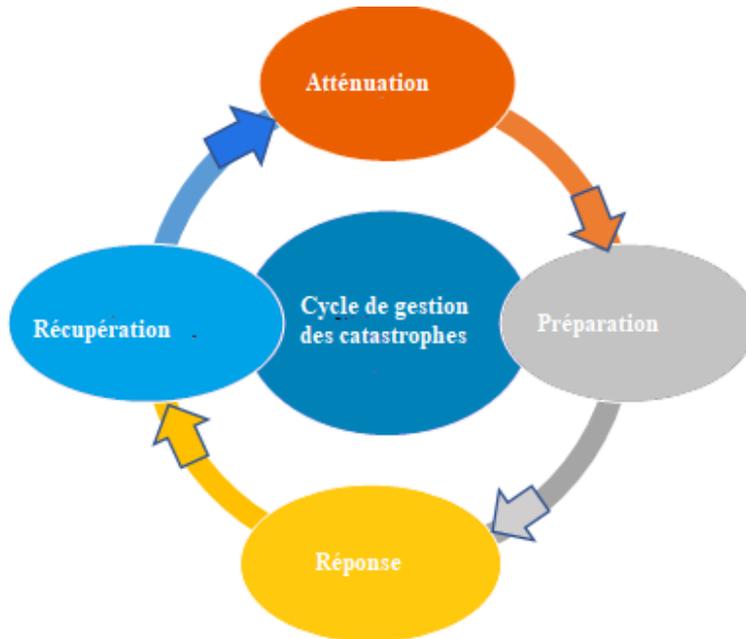


Figure 27. Cycle de gestion des catastrophes (Source : Warfield, 2008)

La préparation montre que l'on est prêt à faire face à une catastrophe et peut prendre la forme de réserves stratégiques de nourriture, d'eau, d'équipement, 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 et d'exercices d'urgence, de systèmes de communication d'urgence, de plans et de formations d'évacuation, de listes de personnel et de contacts 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.

La réponse englobe l'assistance immédiate apportée après une catastrophe pour maintenir la vie, améliorer la santé et soutenir la confiance des personnes touchées. Cette assistance va de la fourniture de moyens de transport, d'abris temporaires, de nourriture et d'installations semi-permanentes dans des camps et autres lieux. Elle peut également impliquer des réparations initiales des infrastructures endommagées (Lavell et al., 2012). L'objectif de la phase de réponse est de satisfaire les besoins fondamentaux des personnes jusqu'à ce qu'une solution permanente et durable soit mise en place.

La récupération est une phase au cours de laquelle la population touchée est en mesure d'entreprendre des activités pour rétablir sa vie et les infrastructures qui la soutiennent. Les activités de rétablissement se poursuivent jusqu'à ce que tous les systèmes reviennent à la normale ou soient améliorés. Les mesures de récupération peuvent être à la fois à court et à long terme, y compris la récupération des systèmes essentiels au maintien de la vie à leurs normes minimales de fonctionnement et des dispositions pour le logement temporaire, l'information du public, l'éducation à la santé et à la sécurité, la reconstruction, les programmes de conseil et les études d'impact économique.



Activité 9.5 Etude de texte (5 minutes)

Selon vous, quelle partie du cycle de gestion des catastrophes est la plus importante ? Justifiez votre réponse.

9.9 Études de cas sur les stratégies d'adaptation au changement climatique dans le secteur non forestier

Voici des études de cas sur l'ACC dans divers pays d'Afrique.

Projet financé par la FAO et l'Agence suédoise de développement international (Sida) en Afrique de l'Est - Ethiopie, Kenya et Tanzanie.

Le projet « Renforcement des capacités d'ACC dans la gestion des terres et de l'eau » cible des interventions d'ACC pour renforcer les communautés et des individus. Il utilise différents mécanismes de formation institutionnels en commençant par le gouvernement jusqu'aux ONGs. Les résultats escomptés étaient l'amélioration de la productivité, de la sécurité alimentaire et des moyens de subsistance, ainsi que le renforcement de la résilience des communautés et des agriculteurs face à la variabilité croissante des conditions météorologiques et au changement climatique. Les activités comprenaient le renforcement des capacités en matière de santé des sols, de la diversification des moyens de subsistance, de la conservation de l'eau et du 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 » concerne la faim et la sécurité alimentaire en Afrique subsaharienne.

L'Agence Américaine pour le développement international promeut l'initiative « Feed the Future » du gouvernement Américain. Le programme soutient des projets de recherche multipartites en matière d'IS dans le cadre du programme « Africa Research in SI 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'Ethiopie ;
- systèmes d'agriculture à base de céréales dans la Savane Guinéenne Ouest-africaine, qui comprend certains districts du nord du Ghana et la région de Sikasso dans le sud du Mali ; et
- 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, chèvres et pintades en Namibie

Les inondations sont de plus en plus fréquentes, ce qui rend difficile le recours aux cultures en Namibie. De plus, si les cultures poussent, elles sont généralement consommées par les oiseaux qui viennent à la suite des inondations. Dans ce contexte, le PNUD a aidé les agriculteurs à s'adapter aux changements climatiques en distribuant du bétail et des semences améliorées. Des chèvres ont été données pour aider les agriculteurs à s'adapter à des conditions plus sèches et plus chaudes dans le pays le plus aride d'Afrique sub-saharienne, la Namibie. Des chèvres Boer ont été croisées avec des chèvres locales afin de créer une race avec un taux de reproduction plus élevé, plus précieuse et plus résistante à la sécheresse. En outre, des pintades ont été élevées par le groupe et des femmes vivant avec le SIDA pour remplacer les poulets. Les résultats sont encourageants car les pintades ont un taux de reproduction plus élevé et sont plus résistantes au réchauffement des températures.



Activité 9.6 Révision (15 minutes)

1. Décrire les options réglementaires internationales, régionales et nationales qui soutiennent l'ACC.
2. Expliquer l'importance de l'intégration de la dimension genre dans les plans et actions d'adaptation.
3. Énumérer quelques outils utilisés pour intégrer le genre dans la planification de l'adaptation.
4. Citer quelques approches qui peuvent être utilisées pour promouvoir le soutien institutionnel aux politiques, pratiques et partenariats transversaux
5. Expliquer les types de catastrophes.
6. Décrire les approches de gestion des risques.



Résumé

Nous avons appris que l'intégration du changement climatique se produit à tous les niveaux : national, régional ou international. Au niveau national, les pays préparent des PNA pour une mise en œuvre aux niveaux sectoriels. Les gouvernements se mobilisent avec d'autres agences de développement pour promouvoir l'adaptation à tous les niveaux avec des cadres juridiques de soutien. Les approches qui peuvent promouvoir le soutien institutionnel pour les questions transversales ont également été discutées. En outre, l'importance et le rôle de l'assurance et l'intégration de l'adaptation dans les processus de développement ont été discutés. Nous avons également appris à connaître les types de catastrophes, le cycle de gestion des catastrophes, la gestion des risques et nous avons conclu la section par quelques études de cas sur les options d'adaptation non forestières.

Pour en savoir plus :

Noble IR, Huq S, Anokhin YA, Carmin J, Goudou D, Lansigan FP, Osman-Elasha B, Villamizar A, 2014 : Besoins et options en matière d'adaptation. In : Climate Change 2014 : Impacts, adaptation et vulnérabilité. Partie A : Aspects mondiaux et sectoriels. Contribution du groupe de travail II au cinquième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Dans : Field CB, Barros VR, Dokken DJ, et al. (Eds.]. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, NY, USA, pp. 833-868. Disponible à l'adresse suivante [14 - Besoins et options en matière d'adaptation \(ipcc.ch\)](#).

**PART IV:
MONITORING, REPORTING AND
EVALUATION OF ADAPTATION PRACTICES
TO CLIMATE CHANGE**

Chapitre 10 : Suivi, Notification et Évaluation des Pratiques D'adaptation au Changement Climatique

10.1 Aperçu du chapitre

Le suivi, la notification et l'évaluation des pratiques et projets d'adaptation sont importants pour les initiatives d'ACC afin d'apprendre du processus et de s'adapter. Ce chapitre vise à améliorer la prise de conscience et les connaissances des apprenants sur le suivi, la notification et l'évaluation des projets, pratiques, politiques et stratégies d'adaptation.



Résultats d'apprentissage

À la fin de ce chapitre, les apprenants devraient être capable de :

- i. décrire les concepts de S&E dans le contexte de l'ACC dans le secteur forestier ;
- ii. appliquer les méthodes appropriées de S&E pour les initiatives d'ACC dans les projets forestiers ;
- iii. décrire les différentes méthodes de S&E utilisées pour les options/projets d'adaptation non forestiers au changement climatique et à la variabilité climatique ;
et
- iv. évaluer les différents types de mesures d'adaptation aux changements climatiques dans le secteur forestier et d'autres secteurs.



Activité 10.1 (Remue-méninges)

Expliquez l'importance du S&E dans les initiatives d'ACC

10.2 Concepts et objectif du suivi et de l'évaluation

Le Suivi & Évaluation (S&E) est un processus de collecte, d'analyse et de notification réguliers et systématiques 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 de procéder à des ajustements lorsque les progrès s'écartent des objectifs (Dinshaw et al., 2014 ; Simon et Mwenda, 2021). Au niveau de la politique nationale, le S&E de l'adaptation est normalement effectué pour la responsabilisation et la génération de connaissances (OECD, 2015). À cet égard, le processus, l'avancement et l'efficacité des projets et programmes d'investissement peuvent être évalués. Avant de continuer, nous allons définir et conceptualiser quelques termes de base relatifs au S&E.

Entrées: il s'agit des ressources humaines et financières, l'équipement physique, les directives cliniques et les politiques opérationnelles qui sont les constituants de base des programmes et permettent aux programmes d'être exécutés (Frankel et Gage, 2007).

Sorties : il s'agit des résultats des activités réalisées au niveau du programme sous deux formes : le nombre d'activités réalisées et les mesures d'utilisation des services (Frankel et Gage, 2007). Les sorties constituent ce qui est produit en conséquence directe des entrées. Ce sont les produits ou les conséquences tangibles, immédiats et prévus d'une activité (USAID, 2018).

Résultats : il s'agit des changements mesurés au niveau de la population dans le groupe cible du programme, dont certains ou tous peuvent être le résultat d'un programme ou d'une intervention donnée. Les résultats font référence à des connaissances, des comportements ou des pratiques spécifiques de la part du public visé qui sont clairement liés au programme, dont on peut raisonnablement s'attendre à ce qu'ils changent à court et à moyen terme et qui contribuent aux objectifs à long terme souhaités d'un programme (Frankel et Gage, 2007).

Impacts : il s'agit des résultats finaux prévus ou les effets à long terme d'un programme (Frankel et Gage, 2007).

Indicateurs : il s'agit de mesures quantitatives ou qualitatives du rendement du programme qui sont utilisées pour démontrer le changement et qui détaillent la mesure dans laquelle les résultats du programme sont ou ont été atteints. Les indicateurs peuvent être mesurés à chaque niveau : entrée, déroulement, sortie, résultat et impact. Les indicateurs mesurent les caractéristiques ou les conditions des personnes, des institutions, des systèmes ou des processus qui peuvent changer au fil du temps (Frankel et Gage, 2007 ; USAID, 2018).

Objectif de performance : il s'agit du niveau de résultat spécifique prévu à atteindre dans un délai explicite avec un niveau de ressources donné (USAID, 2015).

Cadre de résultats : il s'agit d'un résumé logique qui explique comment l'objectif stratégique d'un projet doit être atteint, y compris les résultats qui sont nécessaires et suffisants ainsi que leurs relations causales et les hypothèses sous-jacentes (Frankel et Gage, 2007).

Théorie du changement : il s'agit d'un processus qui décrit comment une intervention particulière produira des résultats. Le processus identifie un objectif à long terme et fournit une cartographie rétrospective des conditions nécessaires pour atteindre cet objectif (Brown, 2016). Le résultat est une description narrative, généralement accompagnée d'une représentation graphique ou visuelle de comment et pourquoi un objectif ou un résultat devrait être atteint dans un contexte particulier (USAID, 2018).

Cadre logique : il s'agit d'un outil de conception, de gestion et d'évaluation de programme qui décrit les principaux éléments d'un programme et comment ces éléments fonctionnent ensemble pour atteindre un objectif particulier. Les éléments de base pour décrire la mise en œuvre d'un programme et ses effets sont : les inputs, les activités ou les processus, les outputs, les résultats et les impacts. Un cadre logique présente graphiquement la progression logique et la relation de ces éléments. Un cadre logique décrit visuellement la théorie du changement, illustrant le lien entre les activités et les résultats attendus (Frankel et Gage, 2007 ; USAID, 2018).

Le S&E est essentiel pour assurer le succès à long terme des initiatives, des plans et des actions de l'ACC. Il joue un rôle vital dans trois aspects de l'adaptation au climat (CoastAdapt, 2018) :

- suivi de la performance des activités entreprises lors de l'élaboration d'un plan d'adaptation (par exemple, activités d'engagement des parties prenantes) ;
- suivi des seuils de risque/niveaux de déclenchement pré-identifiés qui définissent quand de nouvelles actions d'adaptation doivent être entreprises ; et
- déterminer si les outputs et les résultats prévus des actions d'adaptation ont été atteints.

Le suivi peut être défini comme une 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 de base et universel pour identifier les forces et les faiblesses des projets/programmes (UNDP, 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 comprend une mesure continue des activités par rapport aux objectifs ou à la pertinence du projet/programme. Le cadre logique, le calendrier d'exécution des activités 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 aux changements climatiques (PROVIA, 2013) a montré que les résultats du suivi sont utilisés pour :

- documenter l'avancement et les résultats d'un projet ;
- fournir les informations nécessaires à la direction pour prendre des décisions en temps opportun et prendre des mesures correctives (si nécessaire) ;
- stimuler la responsabilisation de tous les acteurs d'un projet (envers les bénéficiaires, les bailleurs, etc.) ; c'est-à-dire que le processus/ les activités de suivi montrent si la mise en œuvre du programme est sur la bonne voie et si les activités se déroulent comme prévu ; et
- vérifier si l'impact prévu est en voie d'être atteint.

Les données de suivi sont l'une des sources d'information les plus importantes pour les évaluations.

L'évaluation montre le degré de réalisation des objectifs et leur pertinence, ainsi que l'efficacité, l'impact et la durabilité. Il 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 ont davantage mis l'accent sur l'évaluation. Une définition de l'évaluation donnée par l'OECD (2002) et Robbins (2019) est « le contrôle systématique et objectif utilisant des méthodologies de recherche sur un projet, un programme ou une politique en cours ou achevé, sa conception, sa mise en œuvre et ses résultats. L'objectif est de déterminer la pertinence et la réalisation des objectifs, l'efficacité, l'impact et la durabilité du développement ».

Les résultats de l'évaluation sont principalement utilisés pour :

- donner des conclusions-évaluations sommatives pour montrer l'efficacité globale du programme dans les cas par exemple d'un audit, d'un renouvellement, d'un contrôle qualité et d'une accréditation ;
- permettre de faire des améliorations du programme à l'aide d'une évaluation formative, par exemple montrer les forces/faiblesses et les progrès du programme ; et
- générer des connaissances grâce à l'utilisation conceptuelle des résultats, par exemple la généralisation, la construction de la théorie.

À cet égard, l'évaluation est une analyse distincte qui s'appuie sur toutes ces composantes, mais implique également la collecte et l'analyse de données indépendantes supplémentaires. Elle porte sur la valorisation et se déroule en trois étapes : évaluation ex ante, évaluation continue et évaluation finale. L'évaluation peut également être basée sur les inputs-outputs, l'impact ou des résultats, sur les processus, les changements de comportement ou peut être une évaluation économique.

L'évaluation est basée sur des critères qui guident l'appréciation de tout projet/ programme ou politique. Les critères incluent :

la pertinence : il s'agit de la valeur de l'intervention par rapport aux besoins des principaux acteurs, aux priorités nationales, aux politiques des partenaires nationaux et internationaux, etc. Elle est relative à l'énoncé de la mission, aux buts et aux objectifs ;

l'énoncé de la mission : il s'agit des normes mondiales pouvant servir de référence pour évaluer les processus par lesquels les résultats sont obtenus et les résultats eux-mêmes ;

l'efficience : il s'agit d'évaluer si le projet ou le programme a atteint ses objectifs en utilisant les ressources les plus économiques ;

l'efficacité : il s'agit d'évaluer si le projet a obtenu des résultats satisfaisants par rapport aux objectifs fixés ; et

l'impact : il s'agit d'évaluer les 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 ;

la durabilité : il s'agit de déterminer si les activités et leur impact peuvent durer dans le temps lorsque le soutien externe est arrivé à terme, et si l'intervention sera plus largement reproduite ou adaptée ? ;

l'équité : l'équité et la justice sont des facteurs importants à prendre en compte lors de l'évaluation des interventions d'adaptation, car elles traitent des effets du projet sur différents groupes sociaux et de leur capacité à s'engager dans le projet et à bénéficier de l'intervention. Cela indique si l'intervention a ciblé les « bonnes » personnes ou exposé certains groupes à des risques disproportionnés, à des coûts supplémentaires ou s'ils ont été affectés négativement par l'intervention. Si les questions de genre discutées ci-dessus sont prises en considération, elles peuvent être évaluées ici ; et

la responsabilité : elle peut chevaucher entre l'efficacité et l'efficience. Il peut s'agir d'une exigence procédurale ou contractuelle pour qu'une évaluation soit menée pour vérifier si les attentes, les engagements et les normes sont respectés par rapport à la ligne de base (PROVIA, 2013).

L'évaluation diffère du suivi en termes d'orientation, de calendrier et du niveau de détail (Tableau 15).

Tableau 16. Différences entre suivi et évaluation

Suivi	Evaluation
Processus continu.	Activité ponctuelle ou à un moment précis.
Fournit des informations pour la prise de décision au jour le jour (ajustements).	Fournit des recommandations pour les processus de prise de décision stratégique.
Elle est réalisée par l'équipe du projet. Pour l'équipe du projet (pour adapter et améliorer les impacts) et les bailleurs (pour suivre l'avancement).	Elle est réalisée par une équipe d'évaluation (interne ou externe à l'équipe projet). Pour l'équipe projet et les bailleurs (leçons apprises).
Il se concentre sur les inputs, les activités et les outputs du projet.	Il se concentre sur les résultats, les impacts et l'objectif global du projet.
Le suivi vérifie si le projet a fait ce qu'il avait annoncé.	L'évaluation vérifie si ce que le projet a fait a eu l'impact escompté.

Source : Adhikari (2017).

Le processus de S&E doit être intégré à toutes les étapes d'un projet d'adaptation, de la planification à la post-mise en œuvre. Dans les principales étapes du cycle de gestion adaptative, les processus de S&E sont inclus aux étapes du cycle de projet de :

- l'identification des risques et des objectifs du projet ;
- de l'évaluation des risques ; et
- l'identification des acteurs et de la cartographie des rôles de chacun dans le projet d'adaptation.

Un indicateur est une caractéristique ou une variable mesurable qui aide à décrire une situation qui existe et à suivre les changements ou les tendances -c'est-à-dire les progrès - sur une période de temps.

D'autres composantes du S&E ont été données par Turner et al. (2014) et STAP (2017). Il s'agit

des indicateurs : les indicateurs de progrès vers les résultats proposés peuvent révéler le statut d'une activité, d'un projet ou d'un programme. Les indicateurs peuvent être des indicateurs de performance, de processus, de produit ou de résultat ;

- **de la notification** : va de pair avec le suivi, souvent à intervalles mensuels, trimestriels ou annuels. Les rapports de performance préparés à intervalles réguliers au cours de la vie du projet/programme aident à suivre l'avancement du projet et donnent des mises à jour sur les ressources nécessaires pour atteindre les objectifs du projet. Des évaluations de performances (par exemple, des réunions des parties prenantes, des évaluations rapides) sont effectuées pour améliorer la capacité d'apporter des améliorations.
- **des systèmes de gestion des données et de l'information** grâce à la collecte et au partage de données fiables et solides à utiliser pour prendre des décisions éclairées.

Un cadre de résultats est souvent décrit comme une théorie du changement, un modèle logique ou un cadre logique pour identifier les résultats qui devraient être atteints par une intervention, y compris la relation logique de cause à effet entre les inputs, les activités et les résultats de l'intervention. Une approche basée sur les résultats vise à garantir que tous les processus, produits et services du projet (ou organisationnels) favorisent la réalisation des résultats souhaités. Cependant, un cadre de théorie

du changement est de plus en plus privilégié pour les initiatives de suivi et d'évaluation de l'ACC. La conception et la mise en œuvre d'une stratégie d'adaptation représentent une opportunité pour examiner comment l'avancement et la performance du projet seront suivis, évalués et rapportés. Le tableau 16 montre un critère d'évaluation et comment il est lié à la logique du projet en utilisant des exemples liés au secteur forestier pour chaque composant/élément.

Tableau 17. Critères d'évaluation et leurs liens avec la logique du projet

<p>BUT/ IMPACT AT- TENDU Améliorer la résilience communautaire</p>			<p>IMPACT <i>Attentes</i></p> <p>Amélioration de la couverture forestière/ arborée ;</p>	<p>ERTINENCE</p> <p>Savoir si les gens considèrent encore les arbres/ arbustes importants comparé aux cultures sans arbres.</p>	<p>URABILITÉ</p> <p>Personnes ressources, motivation, et la capacité de maintenir les arbres et améliorer la fertilité des sols et la sécurité alimentaire à l'avenir.</p>
<p>OBJECTIF RÉSULTAT ATTENDU Production agricole diversifiée</p>		<p>EFFICACITÉ</p> <p>Arbres fruitiers; formations boisés; rendements des cultures compréhension de la conservation.</p>	<p>Sécurité énergétique ; Augmentation de la fertilité du sol ; et</p>		
<p>RESULTATS Arbres plantés ; conservation des sols; et des agriculteurs formés.</p>	<p>EFFICIENCE</p> <p># des parcelles agroforestières ; ateliers planifiés;</p> <p>Qualité des outputs ; et</p> <p>Coûts par unité de surface comparé au standard</p>		<p>Inconvenient</p> <p>Conflits - pâturage du bétail au niveau des plantes agroforestières</p>		
<p>RESSOURCES Équipement; personnel; et fonds.</p>					

Source: Adapté de UNICEF (2003).

L'encadré 10.1 présente quelques études de cas sur le suivi et l'évaluation.

Encadré 10.1 Études de cas sur le suivi et l'évaluation

1. Cadre de suivi des effets des facteurs extrinsèques et intrinsèques sur la décision de participer à une intervention et ses résultats dans la région de l'Est du Bono au Ghana

Le cadre a tracé comment les facteurs extrinsèques (caractéristiques de l'environnement personnel et externe) et intrinsèques (connaissances et attitudes) influencent la décision de participer à une intervention et ses résultats. Ce cadre a été utilisé dans une intervention de plantation d'arbres dans le district forestier de Kintampo, situé dans la région de l'Est du Bono au Ghana. Des données ont été collectées sur les profils d'adaptation (profil d'adaptation entrepreneuriale, profil d'adaptation écologiste, profil de production durable de charbon de bois) ; les facteurs extrinsèques (caractéristiques personnelles, caractéristiques de l'environnement externe, caractéristiques d'intervention) ; facteurs intrinsèques (connaissances, attitudes) et décisions de participer (résultats de la participation, confirmation de la participation). Les résultats suggèrent que ces facteurs ont influencé les résultats de la plantation d'arbres. Le cadre a permis une planification plus inclusive, un S&E des interventions d'ACC qui garantirait que les connaissances et les préférences des participants soient reflétées dans l'intervention (Wojewski et al., 2021).

2. Cadre de suivi de l'adaptation au Kenya

Le Kenya a adopté le système MRV+ pour mesurer les progrès de l'action contre le changement climatique. Le système MRV+ est un cadre intégré pour mesurer, suivre, évaluer, vérifier et rapporter les résultats des actions d'atténuation et d'adaptation et les synergies entre elles. Bien que le système de suivi et d'évaluation de l'adaptation soit en cours d'élaboration, il s'appuie sur les exigences de la loi sur le changement climatique (2016), les orientations fournies dans le plan d'action national (2018-2022) sur le changement climatique, les enseignements tirés de l'élaboration du PNA du Kenya, les contributions de consultations des parties prenantes et un atelier de validation (Mutimba et al., 2019).



Activité 10.2 (Remue-méninges) (10 Minutes)

Identifiez un projet d'adaptation basé sur la forêt dans votre pays ou votre région et discutez des méthodes utilisées pour le S&E.

10.3 Types de suivi et d'évaluation des pratiques d'adaptation au changement climatique

Les approches de S&E diffèrent selon que l'accent est mis sur la responsabilisation, la gestion ou l'apprentissage/la sensibilisation. Les approches de S&E varient également selon le niveau d'application tel que le niveau du projet, le niveau national ou à travers les niveaux. L'évaluation des options d'ACC devrait prendre en compte plus que la simple efficacité et l'efficacité économique dans l'évaluation de l'utilité pour les agriculteurs et les autres parties intéressées. Lors de l'utilisation d'une évaluation multicritère, un cadre d'évaluation donne des critères décisionnels qui sont examinés simultanément. Les systèmes de S&E sont essentiellement de deux types : basés sur la communauté ; et axés sur les projets, les programmes et les politiques (Spearman et McGray, 2011). Cependant, les deux types de S&E peuvent être effectués en utilisant les méthodes et les approches proposées par l'OCDE (2014) (Tableau 17).

Tableau 18. Catégories d'approches pertinentes de suivi et évaluation

Approches de suivi et d'évaluation	Exemples tirés de l'examen de l'OCDE (2014)
Approches générales de suivi et d'évaluation	Évaluation développementale, évaluation longitudinale, évaluation d'impact, apprentissage institutionnalisé
Approches officielles des sciences sociales	Enquêtes, groupes de discussion et entretiens
Économétrie/statistiques	Modélisation, analyses statistiques, lignes de base stochastiques, lignes de base déterministes et normalisation
Approches liées à l'expérimentation	Études de cas, conception expérimentale, conception quasi-expérimentale, appariement des scores de propension, pipeline échelonnée, échantillonnage ciblé et analyse de régression
Approches participatives	Analyse des changements les plus significatifs, suivi des bénéficiaires, analyse des facteurs limitants, cartographie des résultats et techniques de rappel.
Approches itératives	Ciblage séquentiel, suivi basé sur les résultats, théories du changement, approche par étapes, analyse des contributions, élaboration de scénarios, lignes de base glissantes et reconstruction des lignes de base.

10.3.1 Systèmes communautaires de S&E

Les méthodologies communautaires de S&E sont normalement des tactiques ascendantes qui englobent les vulnérabilités locales et les priorités immédiates de la communauté. Les méthodologies intègrent les réalités locales et les résultats pertinents tout en améliorant les capacités locales (Estrella et Gaventa, 1998 ; Bynoe, 2021). Les initiatives communautaires impliquent l'utilisation d'un cadre de S&E participatif dans lequel toutes les parties prenantes sont engagées dans la plupart sinon toutes les étapes du processus de S&E. Le S&E participatif est un processus où des partenariats sont développés par les principaux acteurs d'un programme de collaboration dans la conception et la mise en œuvre systématique d'un processus de S&E, y compris le développement d'outils, la définition d'objectifs et d'indicateurs et le partage d'expériences et de connaissances. Le S&E participatif améliore chez les acteurs, la confiance, l'autonomisation, 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).

Les méthodes participatives de S&E sont variables et comprennent : le suivi, l'évaluation, la réflexion et l'apprentissage participatifs pour l'adaptation communautaire qui utilise des outils d'évaluation rurale

participative permettant aux acteurs d'analyser leurs propres situations et de développer des points de vue mutuels sur des actions spécifiques. Les approches participatives stimulent le dialogue et permettent l'appréciation des objectifs et aident également les parties prenantes à réfléchir sur les facteurs qui influencent l'adaptation et sa valeur pour différentes actions (Krause et al., 2015).

Le suivi communautaire peut être appliqué à tout projet où les bénéficiaires participent au processus de suivi. Les initiatives de suivi basées sur les forêts comprennent :

- les questions de suivi sont considérées au Ghana, en Namibie et en Tanzanie, entre autres pays, où des contrôleurs locaux ont été formés pour surveiller les perturbations forestières (Danielsen et al., 2011) ; et
- le projet Think Global, Act Local qui a soutenu la surveillance locale des forêts et des stocks de Carbone au Mali, au Sénégal, en Guinée Bissau et en Tanzanie (Verplanke et Zahabu, 2011). En outre, de nombreux projets pilotes REDD+ mis en œuvre en Tanzanie s'appuient sur des systèmes de surveillance gérés localement et vérifiés à l'aide de méthodes plus axées sur la technologie, telles que l'imagerie satellitaire et la photographie aérienne.

Le PNUD a piloté l'utilisation de l'outil d'évaluation de la réduction de la vulnérabilité (VRA) au Guatemala, démontrant qu'il peut être utilisé comme système d'indicateurs adapté aux projets d'adaptation à base communautaire (CoBA) (Biesbroek et al., 2018). L'évaluation VRA est construite sur quatre questions qui prennent en compte les problèmes spécifiques liés au contexte et identifiés lors des réunions au niveau communautaire au cours du projet CoBA. Les indicateurs VRA de base se concentrent sur la vulnérabilité, les moyens de subsistance ou le bien-être causés par : i) la variabilité et le changement climatiques existants, ii) le développement des risques liés au changement climatique, iii) l'ampleur des obstacles à l'adaptation, et iv) la capacité et la volonté de la communauté à soutenir le projet (Droesch et al., 2008 ; Lucky et al., 2021).

10.3.2 Les programmes, projets et politiques basés sur les systèmes de S&E

Certains projets ne considèrent pas exclusivement l'adaptation des cadres de S&E mais les intègrent plutôt dans le processus de développement. Un 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 capacité d'adaptation nationale du WRI est une autre approche qui permet de comprendre les aspects institutionnels de la capacité d'adaptation nationale. En outre, un système consolidé de suivi, notification et d'évaluation a également été développé en Europe pour fonctionner au niveau national (EEA, 2015). Le système de suivi, notification et évaluation a montré l'importance de la participation d'un large éventail d'acteurs, 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 suivi de l'adaptation et de la mesure du développement (TAMD) qui suit deux voies (Figure 27). Le volet 1 évalue la gestion institutionnelle des risques climatiques tandis que le volet 2 mesure les performances d'adaptation et de développement à différentes échelles (Brooks et Fisher, 2014).

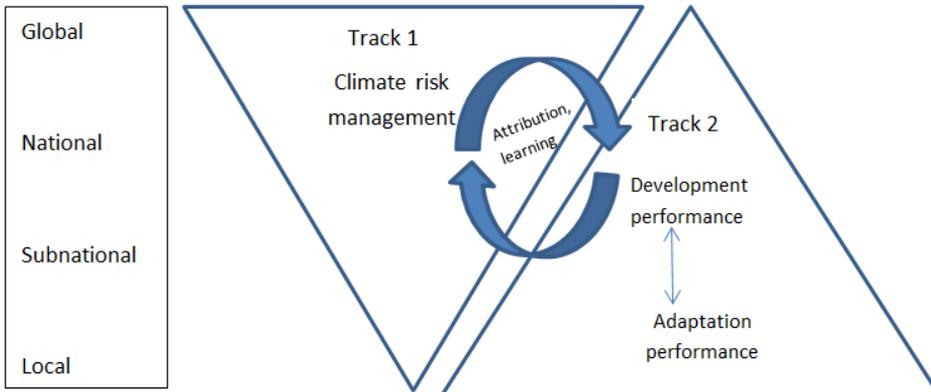


Figure 28. La relation entre les voies 1 et 2 du TAMD

Le Plan d'action national sur le changement climatique du Kenya couvre à la fois l'atténuation et l'adaptation. Un cadre national complémentaire de mesure du rendement et des avantages a été proposé. L'objectif du cadre est de suivre à la fois les actions d'atténuation et d'adaptation et les synergies entre les deux. Il est informé par une méthodologie développée par l'Institut international pour l'environnement et le développement appelé TAMD. Le système basé sur des indicateurs utilise le MRV des actions basées sur les résultats et les processus selon les indicateurs mesurés aux niveaux national et des comtés. L'agriculture et l'élevage sont deux secteurs pour lesquels des actions d'adaptation prioritaires à suivre sont proposées (OECD, 2015).

Le cadre TAMD a été utilisé au Kenya et les résultats ont montré que le cadre était adapté aux processus d'évaluation ex ante et ex post en raison de sa capacité à explorer les liens entre la gestion des risques climatiques au niveau infranational et les performances de développement au niveau local (Karani et al., 2015).

10.4 Paramètres de suivi et d'évaluation

Plusieurs paramètres de S&E sont utilisés. Dans cette section, la vulnérabilité, la résilience, la capacité d'adaptation et les indicateurs seront expliqués.

10.4.1 Suivi et évaluation de la vulnérabilité

L'IPCC (2007b) a défini la vulnérabilité au changement climatique et a montré que les mesures de vulnérabilité comprennent généralement l'exposition au changement climatique, la sensibilité à ses effets et la capacité à s'adapter et à faire face aux impacts. Celles-ci ont été expliquées de manière adéquate au chapitre 1. La capacité d'adaptation comprend les modifications du comportement, des ressources et des technologies (Adger et al., 2007 ; Vittal et al., 2020). Le moniteur d'impact de la vulnérabilité au changement climatique fournit des informations nationales sur les principales vulnérabilités climatiques et une évaluation des coûts sociaux et économiques des impacts climatiques (DARA, 2011). Le "Vulnerability Sourcebook" fournit une approche de S&E basée sur des évaluations de vulnérabilité répétées à des intervalles de temps définis. Les résultats des évaluations répétées sont comparés à l'évaluation initiale (de référence) de la vulnérabilité afin de détecter les changements dans la vulnérabilité globale (Fritzsche et al., 2014 ; GIZ, 2014 ; Vestby, 2018).

10.4.2 S&E de la résilience

Renforcer la résilience implique de rendre les individus, les communautés et les systèmes mieux préparés à résister aux événements catastrophiques naturels et provoqués par l'homme et capables de rebondir plus rapidement et de sortir plus forts de ces stress et chocs sans compromettre leurs perspectives à long terme (Rockefeller Foundation, 2015 ; DFID britannique, 2011). Le S&E de la résilience fait partie des nombreux outils de suivi mondiaux dans les programmes mondiaux tels que le PPCR, la logique du programme GFDRR, le GFDRR - cadre axé sur les résultats et le TAMD. Dans chacun d'eux, une analyse des systèmes de S&E et de leurs composantes est effectuée pour fournir des conseils et des idées pour la résilience au climat et aux catastrophes. Il s'agit notamment des efforts déployés dans le cadre de l'évaluation climatique de la communauté de pratique du FEM, des études de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) sur le climat, du S&E de l'adaptation au changement et de la communauté de pratique SEA Change (Williams, 2016).

Selon Williams (2016), le développement du S&E de la résilience au climat et aux catastrophes doit toujours tenir compte des éléments suivants :

- les problèmes pernicious/nocifs nécessitent des solutions créatives et adaptatives - le changement climatique est complexe ;
- le S&E de la résilience au climat et aux catastrophes pose un certain nombre de défis méthodologiques - lignes de référence, indicateurs, cibles réalistes et stables pour les résultats et l'impact, impact réaliste à long terme - que ce soit sous forme d'indicateurs ou en général, tenant compte de la mauvaise adaptation et des méthodologies d'évaluation appropriées ; et
- le domaine du suivi et de l'évaluation de la résilience au climat et aux catastrophes est jeune et apprend (rapidement) de l'expérience. Par conséquent, l'engagement des acteurs est essentiel y compris leur plan pour apprendre de l'expérience et s'adapter en conséquence.

10.4.3 S&E pour la capacité d'adaptation

Le S&E pour la capacité d'adaptation peut être effectué au niveau local ou national. Par exemple, le cycle des projet FIC comprend un suivi et une évaluation de la capacité d'adaptation à l'aide d'outils adaptés qui identifient les liens entre le climat et le développement et encouragent l'inclusion d'activités d'adaptation au climat dans les programmes de développement. L'évaluation peut être effectuée 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 d'autres opportunités d'amélioration. Il aide à déterminer la capacité des systèmes humains et à 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 d'adaptation futures. L'approche a été utilisée en Ouganda, au Mozambique, en Éthiopie, au Kenya, au Ghana et en Sierra-Léone.

10.4.4 Indicateurs

Les indicateurs montrent les aspects de l'adaptation qui doivent être surveillés et évalués. Il est nécessaire de disposer d'informations claires sur les besoins et les questions clés auxquelles le système de S&E doit répondre, car ils sont cruciaux pour la sélection des indicateurs. De bons indicateurs doivent être spécifiques, mesurables, disponibles à des coûts acceptables, pertinents et limités dans le temps. Selon Schwan et Vallejo, (2017), les indicateurs d'adaptation pourraient refléter les aspects suivants:

paramètres climatiques : il s'agit des informations sur les conditions climatiques observées, par exemple les précipitations, la température et les événements extrêmes. Ces indicateurs climatiques comprennent :

- la température globale de surface ; la concentration du CO₂ ;
- la glace terrestre ; et le niveau de la mer.

impacts climatiques : il s'agit des informations sur les impacts observés par rapport au changement et à la variabilité climatique sur les systèmes socio-écologiques tels que le nombre de personnes déplacées en raison des inondations.

action d'adaptation (mise en œuvre) : il s'agit des informations pour aider à suivre la mise en œuvre des stratégies d'adaptation, par exemple le nombre de personnes formées, nombre d'ateliers de sensibilisation organisés, proportion de codes du bâtiment mis à jour, etc.

résultats de l'adaptation (résultat) : il s'agit des informations permettant de suivre et d'évaluer les résultats des stratégies d'adaptation, par exemple la superficie plantée ou restaurée, pourcentage d'augmentation du rendement des cultures par hectare pendant la saison sèche, proportion du revenu du ménage utilisée pour traiter les maladies d'origine hydrique.

adaptation sociale : il s'agit des indicateurs de capacité d'adaptation conçus sur la base des déterminants de la capacité d'adaptation (Smit et Pilifosova, 2001), à savoir : ressources économiques ; technologie ; infrastructure ; information, compétences et gestion ; institutions et réseaux et l'équité. Les indicateurs peuvent inclure la proportion des revenus provenant des PFNLs, la valeur de l'équipement d'irrigation, la proportion de la superficie sans labour ou zéro labour, etc.



Activité 10.3 Remue-méninges (10 minutes)

Sur la base d'un projet d'adaptation quelconque basé sur la forêt, définissez des indicateurs pertinents qui peuvent être utilisés pour surveiller le projet afin d'atteindre le résultat escompté.

Donatti et al. (2020) ont examiné les résultats d'adaptation prévus et les indicateurs utilisés dans 58 projets EbA mis en œuvre dans le monde à l'aide de trois bases de données de donateurs majeurs (UNFCCC, 2015b ; PNUE : <http://ebaflagship.unep.org/> ; et FEM : https://www.thegef.org/projects?search_api_views_fulltext=ecosystem-based+adaptation). Les résultats ont montré que treize résultats d'adaptation pouvaient être atteints grâce à l'EbA et sept indicateurs surveillent le succès de l'EbA dans la réalisation des résultats d'adaptation. Les indicateurs les plus courants pour évaluer les résultats étaient l'évolution des revenus et l'évolution de la productivité agricole. Les indicateurs communs pour évaluer les résultats comprenaient le nombre d'hectares restaurés, le nombre d'hectares protégés et le nombre de personnes formées. Leur examen a suggéré la nécessité d'un ensemble d'indicateurs communs qui pourraient être utilisés par les projets d'adaptation pour surveiller les résultats.

10.5 Méthodologies de suivi, d'évaluation et de notification

10.5.1 Méthodes et cadres de suivi et d'évaluation

10.5.1.1 Indicateurs de performance d'adaptation du Fonds vert pour le climat (FVC)

Les indicateurs de performance de l'adaptation du FVC sont liés à l'amélioration de la résilience et des moyens de subsistance des communautés et des personnes, à la résilience accrue des infrastructures et de l'environnement bâti face aux menaces du changement climatique, à la résilience accrue de la sécurité sanitaire, alimentaire et hydrique et à l'amélioration de la résilience des écosystèmes et des services environnementaux. Le cadre de résultats du FVC décrit les éléments essentiels d'un changement de paradigme concernant les voies de développement nationales à faibles émissions et résilientes au changement climatique dans chaque pays et consolidées à travers les actions de financement pour un développement durable résilient au changement climatique (GCF, 2014). En outre, les indicateurs incluent l'évaluation des résultats des investissements du FVC dans le développement des co-bénéfices économiques, sociaux et environnementaux et la sensibilité au genre (Fayolle et al., 2017) (Encadré 10.2). al., 2017.

Encadré 10.2 Les indicateurs du FVC

- Réduction en pourcentage du nombre de personnes touchées par des 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 sécurité alimentaire.
- Pourcentage de ménages ayant accès à une eau adéquate (qualité et quantité pour l'usage domestique) 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 (en hectare) de terres agricoles devenant plus résilientes au changement climatique en modifiant les pratiques agricoles (par exemple, les périodes de plantation, les variétés indigènes nouvelles et résilientes, les systèmes d'irrigation efficaces).
- Valeur de l'infrastructure rendue plus résistante aux événements à évolution rapide (par exemple, les inondations, les ondes de tempête, les vagues de chaleur) et les processus à évolution lente (par exemple, l'élévation du niveau de la mer).
- Nombre de projets d'infrastructure innovants ou d'actifs physiques soutenus ou construits pour résister au changement et à la variabilité climatique,
- Superficie (en hectare) d'habitat ou kilomètres de littoral réhabilités, restaurés ou protégés.
- Superficie (en hectare) et nombre de systèmes forestiers-pastoraux, de projets d'agroforesterie ou de systèmes EbA établis ou améliorés.

- Degré d'intégration du changement climatique dans la planification nationale et sectorielle et la coordination dans le partage d'informations et la mise en œuvre de projets.
- Disponibilité des données climatiques collectées, analysées et appliquées à la prise de décision des secteurs sensibles au climat.
- Perception d'hommes, de femmes, des populations vulnérables et des agences d'intervention d'urgence sur l'opportunité, le contenu et la portée des SAP.
- Degré auquel 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 climatique.
- Pourcentage de la population cible consciente des impacts potentiels du changement climatique et gamme de réponses possibles ; et
- Nombre de bénéficiaires indirects et directs, désagrégés par sexe et niveau de revenu (Fayolle et

10.5.1.2 Mécanisme du bilan mondial

Le Bilan mondial (GS) est un élément majeur du mécanisme de « rattrapage » de l'Accord de Paris pour maintenir la limite de 1,5 °C avec d'autres objectifs de l'Accord de Paris. Il s'agit d'un processus visant à faire le point sur les progrès collectifs vers la réalisation des objectifs de l'Accord de Paris à intervalles de cinq ans. Il est préparé sur la base de l'équité et des meilleures données scientifiques disponibles. Le GS devrait informer les Parties afin qu'elles puissent progressivement mettre à jour et améliorer leurs engagements pour que l'action climatique reste dans la limite de 1,5°C. Le GS initial prévu en 2023 devrait permettre aux Parties de réviser leurs CDNs d'ici 2025 (Fayson, 2018). Le processus se déroule en trois phases :

- rassemblement des contributions - y compris les données des derniers rapports du GIEC, de la CCNUCC, du PNUE et de la NC ;
- considération des apports à travers un processus technique ; et
- partage des principales conclusions au niveau politique à l'aide d'un événement de haut niveau.

Lors de la planification des modalités de l'inventaire (durée, calendrier, phases, flux de travail et résultats), les Parties devraient veiller à ce que le processus évolue et se renforce au fil du temps en maximisant les opportunités émergentes des changements sociétaux, économiques et technologiques, et les enseignements tirés et en intégrant les nouvelles informations et les bonnes pratiques (Nothrop et al., 2018).

10.5.1.3 Cadre de S&E du FEM

Le plan d'action de gestion axé sur les résultats (RBM) du FEM vise à affiner les cadres de résultats de ses domaines d'intervention, à renforcer les rapports sur les résultats au niveau institutionnel et à améliorer la capacité à prendre des décisions de gestion clés sur la base des meilleures informations disponibles sur les résultats (GEF, 2016). En Mai 2014, le Conseil LDCF/SCCF a adopté un cadre RBM révisé pour le Fonds LDCF/SCCF (GEF, 2014). Le cadre et les indicateurs révisés constituent la base du suivi au niveau du portefeuille et de la communication des résultats attendus et réels des projets ACC financés par le LDCF/SCCF.

Le cadre de S&E développé par l'OCDE est principalement destiné à être utilisé par les décideurs et les praticiens du S&E. Ceci était basé sur une évaluation de plusieurs approches de S&E. Ils ont découvert des défis liés au S&E qui sont également pertinents pour l'adaptation et ceux-ci comprenaient : i) l'évaluation

de l'attribution, ii) l'établissement de références et d'objectifs, et iii) comment gérer les horizons à long terme (Dinshaw et al., 2014).

10.5.1.4 Cadre d'analyse de la vulnérabilité et des capacités climatiques (CVCA)

La méthodologie d'analyse de la vulnérabilité et des capacités climatiques (CVCA) fournit un point de départ pour impliquer les parties prenantes, évaluer la vulnérabilité actuelle et comprendre les risques climatiques futurs. Les résultats fournissent une bonne base pour concevoir, mettre en œuvre et évaluer des stratégies d'adaptation. Ceci est fait par le biais d'un processus participatif d'apprentissage et de planification et peuvent être intégrés dans le système de S&E d'un projet pour suivre les changements de vulnérabilité résultant des interventions du projet et des conditions climatiques changeantes. La méthodologie CVCA 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 des pays, des communautés et même des ménages et la CVCA se concentre sur les communautés mais examine également l'environnement favorable. Les principaux objectifs de la CVCA sont de :

- **analyser la vulnérabilité au changement climatique et la capacité d'adaptation au niveau communautaire :** la CVCA recueille, organise et analyse des informations sur la vulnérabilité et les capacités d'adaptation des communautés, des ménages et des individus. Elle offre des outils et des conseils pour la recherche participative, l'analyse et l'apprentissage. En outre, le rôle des institutions et des politiques locales et nationales dans la facilitation de l'adaptation est pris en compte ; et
- **combiner les connaissances communautaires et les données scientifiques pour mieux comprendre les impacts locaux du changement climatique :** l'un des défis du travail au niveau local sur l'ACC est le manque d'informations à échelle réduite sur les impacts. Cela s'accompagne de données et d'informations inadéquates sur les prévisions météorologiques et climatiques. Le processus de collecte et d'analyse des informations avec les communautés sert à renforcer les connaissances locales sur les problèmes climatiques et les stratégies appropriées pour s'adapter. Les exercices participatifs et les discussions associées offrent des opportunités de relier les connaissances communautaires aux informations scientifiques disponibles sur le changement climatique. Cela aidera les parties prenantes locales à comprendre les implications du changement climatique sur leurs moyens de subsistance, afin qu'elles soient mieux à même d'analyser les risques et de planifier leur adaptation.

Caractéristiques de la CVCA

- La CVCA met l'accent sur la compréhension de la manière dont le changement climatique affectera la vie et les moyens de subsistance des populations cibles en examinant les aléas, 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 sont utilisés dans une perspective climatique ;
- La CVCA tente de combiner les bonnes pratiques à partir des analyses effectuées pour les initiatives de développement, qui ont tendance à se concentrer sur les conditions de pauvreté et de vulnérabilité. Cela se fait dans le contexte de la RRC et en se concentrant sur les dangers. Il examine à la fois les dangers et les conditions, et analyse les interactions entre les deux. Les aléas se réfèrent à la fois aux chocs, tels que les sécheresses ou les inondations (déclenchement rapide), et aux stress, tels que la modification des régimes de précipitations (déclenchement lent) ; et
- La CVCA met l'accent sur l'évaluation multipartite, l'apprentissage collaboratif et le dialogue. Bien que l'objectif principal de la CVCA soit d'analyser l'information, la procédure vise à stabiliser le programme de recherche avec un processus d'apprentissage et de dialogue entre les participants locaux. Cela permet de mieux comprendre les ressources locales pour soutenir l'adaptation des communautés (Dazé et al. 2009).

Lecture complémentaire:

Care International. 2009. Climate Vulnerability and Capacity Analysis (CVCA) framework Disponible sur : [care_cvcahandbook_0.pdf \(managingforimpact.org\)](#).

10.5.1.5 Adaptation climatique

Les cadres de suivi et d'évaluation de l'ACC doivent suivre les principes ADAPT, c'est-à-dire ceux qui sont adaptatifs, dynamiques, actifs, participatifs et approfondis (Villanueva, 2011). Les composantes des principes ADAPT sont :

- **apprentissage et gestion adaptatifs** : reconnaît l'apprentissage basé sur l'expérience et les besoins pour faire face à l'incertitude ;
- **bases de référence dynamique** : reconnaît les conditions changeantes de la capacité d'adaptation et de la vulnérabilité et fournit une rétroaction en temps réel ;
- **compréhension active** : reconnaît des valeurs et des intérêts différents ;
- **participatif** : reconnaît l'adaptation comme un processus spécifique au contexte et la nécessité d'une triangulation des informations et de la prise de décision ; et
- **Approfondi** : réduit les risques de mauvaise adaptation en évaluant les compromis et en reconnaissant les multiples facteurs de stress et processus à différentes échelles.

10.5.2 Les outils de suivi

10.5.2.1 L'outil CRiSTAL

L'outil communautaire de contrôle des risques– Adaptation et 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'ACC dans les activités communautaires. L'utilisation de CRiSTAL suit une séquence d'étapes analytiques logiquement liées où la plupart des informations sont collectées à partir des consultations des acteurs, bien que les données scientifiques secondaires sur le changement climatique contribuent également au cadre analytique pour améliorer la compréhension des éléments suivants (IISD, 2011) :

- comment la zone du projet ou les moyens de subsistance locaux sont affectés par les aléas climatiques ;
- comment les communautés font face aux impacts des aléas climatiques;
- quelles ressources de subsistance sont les plus affectées par les aléas climatiques et lesquelles sont les plus importantes pour y faire face ;
- comment les activités du projet affectent l'accès ou la disponibilité de ces ressources vitales essentielles ; et
- les ajustements qui peuvent être apportés à un projet pour accroître l'accès ou la disponibilité de ces ressources vitales essentielles.

Le processus suit un déroulement logique en quatre étapes (Figure 28) 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.

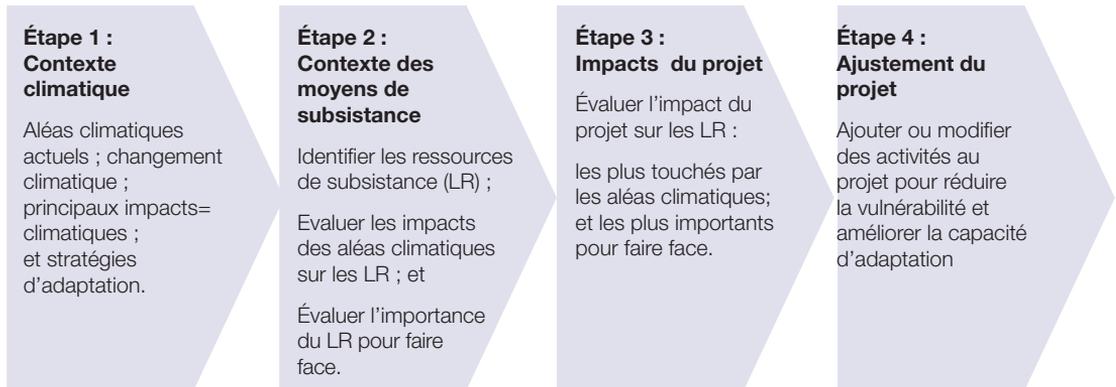


Figure 29. Le processus CRiSTAL (Source : IISD, 2011)

10.5.2.2 L'outil d'adaptation, de suivi et d'évaluation (AMAT)

L'outil AMAT de suivi et d'évaluation de l'ACC est conçu pour permettre au FEM de mesurer les produits et les résultats des projets LDCF/SCCF et de les résumer pour produire un rapport d'avancement international (GEF, 2014). Il est destiné à aider le FEM à suivre et à examiner les indicateurs communs au fil du temps, évaluant ainsi les progrès et identifiant les réalisations mesurables. L'outil est uniquement destiné au suivi des informations explicitement alignées sur le cadre logique de l'agence, à des fins d'agrégation et de rapports à l'échelle mondiale. L'AMAT présente les moyens par lesquels le Secrétariat peut opérationnaliser le cadre de résultats révisé et les aspects connexes de la stratégie de programmation en tant que base pour une meilleure gestion basée sur les résultats (RBM) de l'ACC dans le cadre du LDCF et du Fonds spécial pour les changements climatiques (SCCF).

Dans l'AMAT de l'ACC, les objectifs, les résultats et les indicateurs peuvent être facilement classés et regroupés. L'AMAT se concentre sur les différences entre le soutien au S&E de l'adaptation et le soutien conçu pour un programme ou un portefeuille spécifique représentant une approche plus descendante du S&E, guidée par une liste flexible prédéfinie d'indicateurs. D'autre part, l'AMAT ne peut pas être utilisé comme une boîte à outils complète car il ignore les problèmes ou les concepts et ne justifie, ne remet en question ni n'explique le cadre global de la RMB de l'agence. Au lieu de cela, l'outil n'est qu'un ensemble d'instructions à suivre par tous les programmes financés par le FEM à des fins de notification, ce qui rend l'application dans d'autres contextes très limitée. L'outil met fortement l'accent sur le suivi des progrès par rapport à des indicateurs spécifiques, plutôt que sur une enquête plus distincte sur ce qui a fonctionné (ou non), comment et pourquoi. L'objectif de l'AMAT est de vérifier si les objectifs suivants ont été atteints :

Objectif 1 : réduire la vulnérabilité aux impacts négatifs du changement climatique, y compris la variabilité, aux niveaux local, national, régional et mondial (20 indicateurs) ;

Objectif 2 : accroître la capacité d'adaptation pour répondre aux impacts du changement climatique, y compris la variabilité, aux niveaux local, national, régional et mondial (6 indicateurs) ; et

Objectif 3 : promouvoir le transfert et l'adoption des technologies d'adaptation (3 indicateurs).

10.5.2.3 La boîte à outils AdaptME

La boîte à outils AdaptME est un outil pratique pour fournir aux praticiens des informations et des conseils essentiels pour concevoir un cadre de S&E de l'ACC adapté à leurs programmes, contextes et objectifs. AdaptME se concentre sur l'approche "de poser les bonnes questions", ce qui aide les utilisateurs à utiliser soigneusement les principaux concepts selon leurs propres priorités. L'accent est mis principalement sur l'utilisation du S&E comme outil d'apprentissage (Pringle, 2011 ; Bours et al., 2014).

Il y a 17 questions fondamentales qui sont prises en compte dans le processus AdaptME (Pringle, 2011) :

But :

- pourquoi est-ce que je fais l'évaluation ?
- comment maximiser les synergies ou gérer les objectifs conflictuels ? et
- quels sont les objectifs d'apprentissage de l'évaluation ?

Sujet :

- qu'est-ce qui est suivi ou évalué ? et
- l'intervention implique-t-elle le renforcement des capacités d'adaptation, des 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, sont-elles valides ? et
- comment les impacts et les résultats inattendus/non intentionnels ont-ils été pris en compte ?

Défis et limites :

- quels « problèmes délicats » sont pertinents pour l'évaluation ; comment ceux-ci peuvent-ils être gérés ?
- quelles limites influencent l'approche de S&E ? et
- 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 vos buts et objectifs ? et
- des données qualitatives ont-elles été utilisées pour compléter les métriques ?

Engagement et communication :

- qui doit participer au processus d'évaluation, quand et comment ?
- quelle voix sera entendue ? et
- comment dois-je communiquer les résultats ?



Activité 10. 4 Activité de révision (10 minutes)

Choisissez la bonne réponse

1. Lequel des énoncés suivants n'est pas vrai pour les indicateurs ?
 - i. spécifique, simple et ayant une signification claire ;
 - ii. comparable à travers la population cible et dans le temps ;
 - iii. en accord avec les principaux intervenants ; et
 - iv. spécifie la direction du changement.
2. L'évaluation comprend l'évaluation des éléments suivants :
 - i. efficacité, pertinence, responsabilité, impact et durabilité ;
 - ii. efficacité, pertinence, efficacité, impact et durabilité ;
 - iii. efficacité, impact, efficacité, transparence et durabilité ; et
 - iv. transparence, impact, durabilité, pertinence et efficacité.
3. Expliquez les liens et les dépendances entre la planification et le S&E.

10.6 Processus de notification et de retour d'information

- Utilisation du retour d'information du suivi et de l'évaluation

Les rapports de S&E peuvent être rédigés pour être utilisés par des publics internes ou externes. Le public interne utilise les rapports pour soutenir la gestion de projet ou de programme, tandis que les rapports externes sont destinés aux acteurs extérieurs aux équipes de projet ou de programme. Les rapports externes démontrent la responsabilité, créent des opportunités de collecte de fonds, promeuvent un apprentissage plus large et fournissent des preuves pour le travail d'influence sur les politiques et de nombreux autres objectifs différents (INTRAC, 2018).

Les communications nationales (NC) sont les rapports soumis par les Parties à la CCNUCC présentant leurs actions pour la mise en œuvre de la Convention. Les lignes directrices pour les rapports sont fournies par la COP et sont constamment révisées et modifiées. Les NC des pays en développement doivent inclure des informations sur les actions d'atténuation des émissions de GHG, les inventaires de GHG et les tentatives faites pour faciliter une adaptation acceptable au changement climatique. Dans les trois ans suivant l'entrée dans la Convention, les pays en développement membres doivent soumettre leurs premières NCs, suivie d'une autre tous les quatre ans par la suite (IPCC. int 2021).

La communication peut se faire par le biais de rapports biennaux (BR) ou de rapports biennaux actualisés (BUR). Les BR 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 de technologie, de financement ou de renforcement de capacités. Les pays en développement Parties soumettent des BUR pour donner des mises à jour sur les informations fournies dans leurs communications nationales, en particulier les mesures d'atténuation, les inventaires nationaux de GES, les défis et les lacunes, ainsi que le soutien supplémentaire requis et celui qui a été reçu. Les BUR initiaux ont été soumis par les Parties en décembre 2014 et sont attendus tous les deux ans par la suite. Les pays les moins avancés (PMA) et les petits États insulaires en développement (PIED) peuvent soumettre leurs BUR quand cela leur convient. Les informations sur les financements nationaux liés au climat sont également fournies par des sources limitées, notamment les CN, les BUR de la CCNUCC, les examens des dépenses publiques et institutionnelles sur le climat, les CDN et d'autres études indépendantes (UNFCCC.int, 2021 ; UNDP-UNEP-GEF, nd).

Les rapports représentent un moyen de recueillir des preuves d'une action d'adaptation et de suivre les processus de planification de l'adaptation et de rendre compte des progrès réalisés dans sa mise en œuvre et de l'efficacité des actions. Ce rapport sur les processus et les résultats des systèmes nationaux de suivi et d'évaluation de l'adaptation pour les composantes des CND pourrait potentiellement être utilisé comme une ressource pour informer la communication des Parties sur les progrès de l'adaptation dans le cadre de la CCNUCC (Vallejo, 2017). Les rapports sont basés sur des données spécifiques des pays fournies dans le cadre de divers systèmes de S&E. 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.

L'outil d'aide à la rédaction de la communication sur l'adaptation développé par la GIZ est l'un des outils conçus pour faciliter les rapports sur l'adaptation et peut être utilisé par les pays. L'outil réduit la charge des rapports en présentant une structure qui s'appuie sur les orientations fournies dans la décision 9/CMA.1¹, en se concentrant sur neuf éléments (UNFCCC, 2019b).

1 FCCC/PA/CMA/2018/3/Add.1 (unfccc.int)

Kenya : proposition de cadre national de mesure des performances et des avantages qui combine 73 indicateurs descendants évaluant la capacité institutionnelle (adaptative) et 72 indicateurs ascendants mesurant la vulnérabilité au niveau national (République du Kenya, 2012).

Maroc : le système national s'appuyant sur les efforts infranationaux dispose d'un système régional d'information sur l'environnement dans les régions pilotes axé sur les changements de vulnérabilité dans les secteurs clés (eau, agriculture, tourisme et biodiversité/forêts), l'état de la mise en œuvre des interventions et les impacts/leçons tirées de ces mesures, toutes basées sur des données facilement disponibles (Vallejo, 2017).

Mozambique : cadre national de suivi et d'évaluation du changement climatique doté d'un ensemble de 63 indicateurs pour le suivi des changements de la vulnérabilité climatique dans huit secteurs afin d'éclairer les allocations dans le budget national et le financement climatique international (Conseil national de la République du Mozambique pour le développement durable, 2014).

Afrique du Sud : le système national de suivi et d'évaluation de la réponse au changement climatique est composé d'éléments de base axés sur i) les informations climatiques (observations et projections), ii) le suivi des risques, des impacts et de la vulnérabilité climatiques, iii) les mesures de réponse d'adaptation (y compris les aspects de gouvernance et d'efficacité). Le système a défini dix résultats génériques d'adaptation souhaités par rapport auxquels les progrès peuvent être mesurés et ils ont classé leurs projets d'adaptation existants. Les rapports ultérieurs visent à évaluer l'efficacité de ces projets et leur contribution aux résultats d'adaptation souhaités (DEA, 2016).

Certains rapports des pays non visés à l'annexe I peuvent être consultés sur : [Rapports nationaux des Parties non visées à l'annexe I | CCNUCC](#). Certains pays Africains avec des soumissions récentes incluent:

- la Gambie:
- <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/The%20Gambia%20Third%20National%20Communication.pdf>.
- le Ghana: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Gh_NC4.pdf.
- le Liberia: <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/SNC.pdf>.
- le Malawi: <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/TNC%20report%20submitted%20to%20UNFCCC.pdf>.
- la Namibie: <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Namibia%20-%20NC4%20-%20Final%20signed.pdf>.
- le Nigeria: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/NIGERIA_NC3_18Apr2020_FINAL.pdf.
- la Zambie: <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Third%20National%20Communication%20-%20Zambia.pdf>.



Activité 10. 5 Révision (15 Minutes)

1. Faire la distinction entre les éléments suivants :
 - i. S&E ; et
 - ii. produit et résultat ;
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 ? et
4. Identifier et décrivez deux méthodes de suivi et d'évaluation des initiatives d'adaptation.



Résumé

Dans cette section, nous avons examiné les questions de suivi, évaluations et rapport des pratiques d'adaptation. Le suivi est un processus continu tandis que l'évaluation a lieu à des intervalles de temps définis et utilise les données du suivi. Les approches de S&E peuvent être basées sur la communauté ou sur des projets/programmes. Les paramètres pris en compte dans les initiatives d'adaptation comprennent : la vulnérabilité, la résilience et la capacité d'adaptation. Plusieurs méthodes sont utilisées pour le suivi et l'évaluation, notamment les indicateurs de performance d'adaptation du FVC, le bilan mondial, le cadre de suivi et d'évaluation du FEM et le CVCA. Les outils de S&E comprennent les outils AMAT et CRiSTal. Nous avons appris que les rapports assurent la responsabilisation, favorisent un apprentissage plus large, collectent des fonds et fournissent des preuves pour la formulation de politiques et de nombreux autres objectifs différents. Enfin, le chapitre a conclu en donnant des exemples de quelques systèmes de suivi dans les pays Africains et a montré que les pays peuvent utiliser l'outil d'aide à la rédaction de la communication sur l'adaptation pour construire la structure des rapports d'adaptation.

Chapitre 11 : Tendances Futures de L'adaptation au Changement Climatique Dans le Secteur Forestier en Afrique

11.1 Aperçu du chapitre

Dans les chapitres précédents, nous avons appris que le changement climatique est le résultat des changements environnementaux mondiaux qui se manifestent par l'augmentation des températures mondiales moyennes, des événements extrêmes tels que les sécheresses et les inondations, des changements dans les températures diurnes, nocturnes et saisonnières, des changements dans la fréquence, la durée et l'intensité des vagues de chaleur, la configuration des vents et des tempêtes, le gel, la neige et la couverture de glace, l'élévation du niveau de la mer et les changements dans les régimes de précipitations (GIEC, 2007b). Ces changements peuvent affecter tous les secteurs de développement ainsi que la distribution et la dynamique de tous les types d'écosystèmes terrestres, y compris les forêts, les formations boisées et les savanes, les déserts, les prairies et les formations arbustives. Les populations, les sociétés et les écosystèmes forestiers sont susceptibles de réagir avec sensibilité aux changements climatiques, de même que les activités économiques qui dépendent des forêts. Dans ce chapitre, nous mettons l'accent sur les impacts du changement climatique sur les forêts et les options politiques et évaluons les tendances futures de l'ACC dans le secteur forestier Africain.

Résultats d'apprentissage

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

- i. décrire les impacts actuels et futurs des changements climatiques sur les écosystèmes forestiers ;
- ii. identifier les méthodes appropriées pour adapter les forêts aux futurs changements climatiques ;
- iii. décrire la relation entre les forêts, la sécurité alimentaire et le développement durable ; et
- iv. évaluer les liens entre les mesures d'adaptation au changement climatique dans les projets du secteur forestier.



Activité 11.1 Remue-méninges (10 minutes)

Compte tenu des mesures d'adaptation forestières que vous avez apprises, quelles sont, selon vous, les meilleures options à l'avenir ?

11.2 Introduction

Bien que l'Afrique contribue en faibles proportions aux émissions mondiales de GES, le continent est le plus vulnérable aux impacts du changement climatique en raison de sa faible capacité d'adaptation aggravée par une base écologique en diminution, la dégradation des terres et une pression démographique accrue (Mburia, 2015). Cette situation est exacerbée par les faibles niveaux de développement économique qui rendent le continent très vulnérable aux impacts du changement climatique.

Le changement climatique menace également la santé humaine et affecte l'accès des personnes et des écosystèmes à l'eau. À cet égard, la plupart des efforts visant à accroître la sécurité alimentaire ainsi que la croissance et le développement économiques à grande échelle sont entravés (PNUE, 2012). Les effets du changement climatique sur les écosystèmes forestiers varient cependant selon le type de végétation et la composition des espèces. Les efforts visant à améliorer la gestion des forêts et des terres peuvent réduire les émissions de GES jusqu'à 20% pour atteindre les objectifs de l'Accord de Paris de 2 °C, tout en augmentant la résilience des communautés et des écosystèmes (Ahmed et al., 2020). La gestion à long terme des terres devrait être appliquée au niveau du paysage, avec des politiques de soutien pilotées localement, impliquant tous les acteurs et secteurs industriels concernés, y compris le secteur agricole (Ahmed et al., 2020).

11.3 Impacts climatiques prévus

Les impacts du changement climatique devraient augmenter le risque de sécheresses et d'inondations en Afrique. Les modifications de la température et des précipitations affecteront une gamme de fonctions et de processus écosystémiques, y compris les processus physiologiques et reproductifs tels que la photosynthèse, l'utilisation de l'eau, la floraison, la fructification et la régénération, la croissance et la mortalité et la décomposition de la litière (Keenan, 2015). Le long des zones côtières, l'élévation du niveau de la mer entraîne l'expansion des forêts de mangroves des zones côtières subtropicales vers les terres dans les marais d'eau douce et les zones forestières (Di Nitto et al., 2014).

Le changement climatique devrait aggraver les menaces actuelles pesant sur les forêts et leurs services écosystémiques en augmentant la fréquence et l'intensité des incendies, des insectes ravageurs et des agents pathogènes, des événements extrêmes (inondations et tempêtes) et en modifiant les régimes des précipitations (Louman et al., 2019) et modifiera les relations de compétition au sein et entre les espèces. Cependant, les espèces qui souffrent de taux de mortalité élevés ou dont les populations sont soumises à des perturbations régulières telles que des tempêtes ou des incendies devraient être les plus rapides à s'adapter à un réchauffement climatique, tandis que celles qui ont une large répartition géographique, de grandes populations et une fécondité élevée peuvent souffrir de l'extinction des populations locales, mais sont susceptibles de persister et de s'adapter tout en souffrant d'un déficit d'adaptation pendant quelques générations (Keenan, 2015).

Bernier et Schoene (2009) ont montré que les terres arides et semi-arides subiront une sécheresse qui peut augmenter la mortalité des arbres et entraîner une dégradation et une altération de la répartition des espèces dans les écosystèmes forestiers. Les forêts telles que celles dominées par le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*) en Algérie et au Maroc sont susceptibles d'être plus touchées. Ils ont ajouté que la sécheresse affecte également la productivité des terres agricoles adjacentes, obligeant les communautés disposant d'alternatives de subsistance limitées à se tourner vers les forêts pour le bois et les PFNL, provoquant davantage de déforestation et de dégradation des forêts. Niang et al. (2014) ont ajouté que le changement climatique affectera les bassins hydrographiques en situation de stress hydrique et amplifiera le stress existant sur la disponibilité de l'eau en Afrique.

Il y aura des changements dans les aires de répartition de certaines espèces et écosystèmes causés par l'augmentation du CO₂ et le changement climatique, aggravés par les effets du changement d'utilisation des terres et d'autres facteurs de stress non climatiques (Niang et al., 2014). Les écosystèmes océaniques, en particulier les récifs coralliens, seront affectés par l'acidification et le réchauffement des océans ainsi que par les modifications de la remontée d'eau océanique, affectant ainsi négativement les secteurs économiques tels que la pêche et le tourisme. Compte tenu des impacts prévus du changement climatique, des stratégies qui intègrent la gestion des terres et de l'eau et la RRC dans un cadre de risques émergents liés au changement climatique renforceront un développement résilient (Niang et al., 2014).



Activité 11.2 Remue-méninges (10 minutes)

Que pouvez-vous faire pour garantir l'avenir des forêts dans un contexte de changement climatique ?

11.4. L'avenir des politiques liées au climat

En termes de changement climatique, la plupart des pays africains ont signé la CCNUCC et ratifié les protocoles et accords ultérieurs, ce qui augmente la nécessité pour les gouvernements Africains d'aligner les politiques et institutions existantes pour promouvoir l'action climatique. Malheureusement, la plupart des pays Africains ne disposent pas d'institutions, de politiques et de cadres juridiques appropriés pour soutenir les initiatives mondiales au profit de leur population. Les activités de politique et de gestion forestières devraient se concentrer sur la réduction de la vulnérabilité aux conditions climatiques futures, la prévention ou la réduction de l'impact des événements liés au climat, la gestion d'un ensemble plus large de « risques » climatiques ou l'augmentation de la résilience et de la capacité des systèmes écologiques et de production forestière à se remettre des « chocs » climatiques (Keenan, 2015). Niang et al. (2014) ont analysé les progrès des politiques d'adaptation en Afrique et ont montré que la plupart des pays ont lancé des politiques et des stratégies nationales et infranationales pour intégrer l'adaptation dans la planification sectorielle, mais que la plupart d'entre elles étaient incomplètes, manquaient de ressources et avaient des cadres institutionnels fragmentés. Ils ont conclu qu'il y avait généralement de faibles niveaux de capacité d'adaptation, en particulier la compétence au niveau des gouvernements locaux pour gérer des changements socio-écologiques complexes résultant en une approche principalement ad'hoc et au niveau des projets, souvent pilotée par les donateurs.

Les réformes politiques dans les pays Africains devraient fournir des droits fonciers clairs, exécutoires et sûrs sur les arbres et les forêts, soutenus par des procédures simples, peu coûteuses et vérifiables pour légaliser les accords forestiers communautaires et la planification de la gestion. Avant tout, ils devraient inclure toutes les parties prenantes légitimes dans les futures activités de gestion forestière (c'est-à-dire les groupes défavorisés/invisibles tels que les femmes, les ménages pauvres, les jeunes, etc. (Blomley, 2013). La FAO (2018) a souligné la nécessité d'une meilleure coordination des politiques d'utilisation des terres pour promouvoir une agriculture durable pouvant bénéficier d'écosystèmes forestiers et arboricoles sains, durables et productifs dans le contexte général de la réalisation de l'Agenda 2030 pour le développement durable.

Il est important que les pays intègrent les services écosystémiques, la biodiversité et le genre dans tous les secteurs de développement. Malgré leur importance, ces questions ne sont pas intégrées dans les stratégies nationales de planification, de développement et de réduction de la pauvreté au niveau local. Le Comité de la sécurité alimentaire mondiale, à sa 44^{ème} session, a recommandé l'utilisation d'une approche intégrée qui inclut le lien entre la foresterie, l'agriculture, l'eau et la sécurité alimentaire et la nutrition pour soutenir la cohérence des politiques entre les secteurs, à différentes échelles, en renforçant la coordination intersectorielle à travers un processus participatif et inclusif (FAO, 2018).

11.5 L'avenir de l'adaptation des forêts

Les forêts et les arbres sont essentiels pour atteindre les objectifs de l'Accord de Paris, les objectifs de développement durables (ODD) et la sécurité alimentaire et nutritionnelle. Les forêts jouent un rôle important dans l'adaptation au changement climatique (ACC), en particulier avec une bonne gestion. Ils sont capables de réduire les risques d'inondation ou de glissement de terrain et de fournir de précieux filets de sécurité aux populations locales, des sources de nourriture supplémentaires en période de stress lorsque les cultures ou les pâturages échouent en raison de sécheresses, d'incendies, de ravageurs ou d'autres événements météorologiques extrêmes (Louman et al., 2019). À cet égard, les forêts devraient profiter à tous, y compris aux peuples autochtones, aux communautés locales et aux petits exploitants, en particulier ceux qui dépendent des forêts, car ils en tirent des avantages spirituels, sociaux, culturels, politiques et économiques.

La gestion durable des forêts (GDF) devrait se concentrer sur la mise en œuvre sensible au genre, l'égalité des sexes et l'autonomisation des femmes et des filles, le respect de leurs droits et l'accès aux terres forestières et aux régimes fonciers, les services d'appui à l'agriculture et à la foresterie, le renforcement des capacités et la promotion de la participation égale des femmes à la prise de décision. Cela contribuera également à assurer la sécurité alimentaire et la nutrition et devrait donc être intégré dans toutes les recommandations politiques (FAO, 2018).

Les futurs scénarii de ACC devraient se concentrer sur les initiatives sensibles au genre qui réduisent la vulnérabilité et la plupart d'entre eux ont été discutés dans ce recueil. Les initiatives comprennent ce qui suit :

- réduction des risques de désastre (RRC) ;
- protection sociale, services sociaux et filets de sécurité ;
- adaptations technologiques et infrastructurelles ;
- approches écosystémiques ;
- diversification des moyens de subsistance ;
- meilleure gouvernance de l'eau et du foncier ;
- sécurité d'occupation des terres et des biens vitaux ;
- amélioration du stockage de l'eau, de la collecte de l'eau et des services post-récolte ;
- renforcement des capacités de la société civile et leur plus grande implication dans la planification ;
- meilleure attention aux zones urbaines et périurbaines ;
- équité dans toutes les initiatives de développement ;
- adoption d'options d'utilisation durables des terres et d'intensification ; et
- promotion de la transformation par l'élimination des causes sous-jacentes de la déforestation et de la dégradation des forêts et promotion du boisement/reboisement, de la conservation de la biodiversité et de l'agroforesterie.

Locatelli et al. (2008) ont souligné l'importance des activités de gestion qui réduisent les impacts du changement climatique sur les forêts et leurs services écosystémiques et la gestion des forêts pour aider les populations locales et la société à s'adapter aux changements climatiques attendus. Ils ont ajouté que plus d'une mesure est recommandée dans chaque cas et que la mise en œuvre doit être flexible et tenir compte de l'évolution de la situation car l'ampleur du changement climatique futur est incertaine. Par ailleurs, la promotion des croyances, des valeurs et des systèmes traditionnels a le potentiel de réussir parce que les règles et les normes sont élaborées dans un contexte local pour des besoins spécifiques identifiés en interne, ayant une plus grande légitimité locale bien que parfois non démocratiques et non représentatives (USAID, 2010). Cependant, sans protection juridique formelle, ces efforts pourraient souffrir de menaces externes (Blomley et al., 2005).

Références

- Abdollahi H. 2020. Investigating energy use, environment pollution, and economic growth in developing countries. *Environmental and Climate Technologies*. 24(1): 275–293 <https://doi.org/10.2478/rtuect-2020-0016> <https://content.sciendo.com>.
- 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.
- Abid M, Schilling J, Scheffran J, Zulfiqar F. 2016. Climate change vulnerability, adaptation and risk perceptions at farm level in Punjab, Pakistan. *Science of the Total Environment*. 547:447–460. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.11.125>.
- 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. *Global Environmental 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. 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. doi: [10.1080/01448765.2003.9754974](https://doi.org/10.1080/01448765.2003.9754974).
- Adegeye AI, Jimoh SO, Agera SIN. 2010. Agricultural productivity under taungya and non taungya land use options: A case study of Vandeikya 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 the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, 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 WN, Brooks N, Bentham G, Agnew M, Eriksen S. 2004. New indicators of vulnerability and adaptive capacity. Tyndall Centre for Climate Change Research. Technical Report 7.
- Adger WN, Huq S, Brown K, Conway D, Hulme M. 2003. Adaptation to climate change in the developing world. *Progress in Development Studies*. 3(3): 179–195.
- Adhikari A, Shah R, Bara, 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. <https://doi.org/10.3390/environments5050053>.
- Adhikari S. 2017. 20 Differences between monitoring and evaluation. Available at: [20 differences between monitoring and evaluation - Public Health Notes](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5444444/).

Adole T, Dash J, Rodriguez-Galiano V, et al. 2019. Photoperiod controls vegetation phenology across. *Communications Biology*. 2: 391. <https://doi.org/10.1038/s42003-019-0636-7>.

African Forest Forum. 2019a. 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/>.

AFF (African Forest Forum). 2019b. The State of Forestry in Africa: Opportunities and Challenges. AFF. Nairobi.

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. DOI: [10.1016/j.ecolecon.2009.04.025](https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.04.025)

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. United Nation Forum on Forests. 10th Session. Istanbul, Turkey. Retrieved September 2020 from 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*. 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 p.

Ahmed J, Almeida E, Aminetzah D, Denis N, Henderson K, Katz J, Kitchel H, Mannion P. 2020. *Agriculture and climate change: Reducing emissions through improved farming practice*. McKinsey & Company.

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 and Sociology*. 2(1): 23-40.

Ajaji 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.

Akamani K. 2021. An Ecosystem-based approach to climate-smart agriculture with some considerations for social equity. *Agronomy*. 11(8): 1564.

Akinnagbe OM, Irohibe IJ. 2014. Agricultural adaptation strategies to climate change impacts in africa: A review. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*. 39(3): 407-418.

Akinnifesi FK, Ajaji 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*. Springer Verlag/EDP Sciences/INRA. 30 (3): ff10.1051/agro/2009058ff. fffal-00886519f.

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.

Allen C, Garmestani A. 2015. Adaptive Management. In: Allen C, Garmestani A. (Eds) *Adaptive Management of Social-Ecological Systems*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9682-8_.

- Altieri MA, Nicholls CI, Henao A. et al. 2015. Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. *Agronomy for Sustainable Development*. 35: 869–890. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0285-2>.
- Amadalo B, Jama B, Niang A, Noordin Q, Nyasimi M, Place F, Franzel S, Beniest J. 2003. Improved fallows for western Kenya: An extension guideline. World Agroforestry Centre (ICRAF). Nairobi.
- AMCEN/UNEP. 2002. Africa Environment Outlook: Past, Present and Future Perspectives. Hertfordshire: Earthprint. 410 p.
- 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.
- Anderegg W, Hicke, Fisher R, Allen C, Aukema J. et al. 2015. Tree mortality from drought, insects, and their interactions in a changing climate. *New Phytologist*. 208: 674–683. 10.1111/nph.13477.
- Anderegg WRL, Trugman AT, Badgley G, et al. 2020. Divergent forest sensitivity to repeated extreme droughts. *Nature Climate Change* 10.
- Andersen KG, Rambaut A, Lipkin WI, et al. 2020. The proximal origin of SARS-CoV-2. *Natural Medicine*. 26: 450–452. <https://doi.org/10.1038/s41591-020-0820-9>.
- 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.
- 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).
- 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.
- Applequist 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 Medicine*. 86(1):e1. doi: 10.1055/a-1113-1659.
- Arce JJC. 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>.
- 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 ecosystem-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 in Ghana. *Environments*. 5: 86 doi:10.3390/environments5080086.
- 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 (African Union Development Agency- NEPAD). 2020. Africa restoring 100 million hectares of deforested and degraded land by 2030: www.AFR100.org.

Baard SK, Rench TA, Kozlowski SWJ. 2014. Performance adaptation: A theoretical integration and review. *Journal of Management*. 40(1): 48-99. DOI: 10.1177/0149206313488210.

Bailey K, McCleery R, Barnes G. 2019. The role of capital in drought adaptation among rural communities in Eswatini. *Ecology and Society*. 24(3). doi:10.2307/26796975.

Balama C, Augustino S, Eriksen S, Makonda FBS. 2016. Forest adjacent households' voices on their perceptions and adaptation strategies to climate change in Kilombero District, Tanzania. *SpringerPlus* 5(1): 1–21.

Bale J, Hayward S. 2010. Insect overwintering in a changing climate. *Journal of Experimental Biology*. 213: 980–994. <https://doi.org/10.1242/jeb.037911>.

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 Physiology*. 166: 528–537. pmid:25136061.

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).

Barrow E, Murphree M. 2001. From concept to practice. In Hulme D, Murphree M. (Eds). *African Wildlife and Livelihoods. The Promise and 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.

Basyouni M. 2017. Resilient buildings: A path towards adaptability climate change adaptation strategies and interventions for buildings resilience. *International Journal of Current Engineering and Technology*. 7: 12.

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 Biology*. 27: 4697– 4710. <https://doi.org/10.1111/gcb.15747>.

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. *Agriculture and Food Security*. 6: 24. <https://doi.org/10.1186/s40066-017-0100-1>.

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. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.05.009>.

Belle EMS, Burgess ND, Misrachi M, Arnell A, Masumbuko B, Somda J, Hartley A, Jones R, Janes T, McSweeney C, Mathison C, Buontempo C, Butchart S, Willis SG, Baker DJ, Carr J, Hughes A, Foden W, Smith R.J., Smith J, Stolton S, Dudley N, Hockings M, Mulongoy J, et al. 2016. Impacts du changement climatique sur la biodiversité et les aires protégées en Afrique de l'Ouest, Résumé des résultats du projet PARCC, Aires protégées résilientes au changement climatique en Afrique de l'Ouest. UNEP-WCMC, Cambridge, UK.

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 D, Murphree M. (Eds), 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. UK.
- Bernier P, Schoene D. 2008. Adapting forests and their management to climate change: An overview. A Synthesis of Observations from the International Conference on Adaptation of Forests and Forest Management to Changing Climate with Emphasis on Forest Health, Held in Umeå, Sweden in August 2008.
- Bernier P, Schoene D. 2009. Adapting forests and their management to climate change: An overview. *Unasylva*. 231/232 60: 5-11.
- 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. 2018. Restoring forests and landscapes: the key to a sustainable future. Global Partnership on Forest and Landscape Restoration, Vienna, Austria. In: Alves F. et al. (Eds.). Theory and Practice of Climate Adaptation, Climate Change Management. https://doi.org/10.1007/978-3-319-72874-2_2.
- Biagini B, Bierbaum R, Stults M, Dobardzic S, McNeeley SM. 2014. A typology of adaptation actions: A global look at climate adaptation actions financed through the Global Environment Facility. *Global Environmental Change*. 25: 97–108.
- 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.
- Biesbroek R, Huq S, Berrang-Ford L, Grecequet M, Chen C, Heymann J, Ford JD, Wang FM. 2018. Assessing stakeholder needs for adaptation tracking. *Adaptation metrics: Perspectives on measuring, aggregating and comparing adaptation results*. 49 p.
- Biggs R, Schlüter M, Schoon M. 2015. Principles for Building Resilience: Sustaining Ecosystem Services in Social-Ecological Systems: DOI:10.1017/CBO9781316014240. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Bildiricia 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).
- Blaikie P, Cannon T, Davis I, Wisner B. 1994. At Risk. Natural Hazards, People's Vulnerability, and Disasters. London and New York. Routledge.
- Blomley R, Nelson N, Martin A, Ngobo M. 2005. Community Conserved Areas: A Review of Status. IUCN.
- Blomley T. 2013. Lessons Learned from Community Forestry in Africa and their Relevance for REDD+. USAID-Supported Forest Carbon, Markets and Communities (FCMC) Programme. Washington DC: USAID.

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(1): 19–123.

Bodin P, Wimen B. 2007. The usefulness of stability concepts in forest management when coping with increasing climate uncertainties. *Forest Ecology and Management*. 242: 541-552.

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 Intergovernmental Panel on Climate Change*. Parry ML, Canziani OF, Palutikof JP, van der Linden PJ, Hanson CE. (Eds). Cambridge University Press. Cambridge UK. pp. 433–467.

Boldt J, Nygaard I, Hansen UE, Trærup S. 2012. Overcoming Barriers to the Transfer and Diffusion of Climate Technologies. UNEP Risø Centre, Roskilde, Denmark.

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.

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 and Evaluation for Climate Change Adaptation and Resilience: A Synthesis of Tools, Frameworks and Approaches*. 2nd edition. SEA Change CoP, Phnom Penh and UKCIP, Oxford.

Bradshaw A. 1991. Genostasis and the limits to evolution. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*. 333: 289-305.

Brockerhoff E, Jactel H, Parrotta J, Quine C, Sayer J. 2008. Plantation forests and biodiversity: Oxymoron or opportunity? *Biodiversity and Conservation*. 17: 925–951. doi: 10.1007/s10531-008-9380-x.

Brooks N, Fisher S. 2014. *Tracking Adaptation and Measuring Development (TAMD) A Step by Step Guide*. London, United Kingdom: International Institute of Environmental Development (IIED) <http://pubs.iied.org/pdfs/10100IIED.pdf>.

_Brown O. 2008. *Migration and Climate Change*. International Organization for Migration. Geneva.

_Brown, A. 2016. Theory of change vs logic model. Available at: <https://www.linkedin.com/pulse/theory-change-vs-logic-model-ann-murray-brown>.

Brown M. 2020. Checking in on Akon lighting Africa. *Mv magazine*.

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.

Buffile 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 \(preventionweb.net\)](http://www.fmnr.org/preventionweb.net).

Bull G. 2018. *Background Analytical Study 3. Forests and Energy*. Background study prepared for the thirteenth session of the United Nations Forum on Forests. UNFF.

Burton I, Kates R, White GF. 1993. *The Environment as Hazard*. New York. The Guilford Press.

- Burton I, Lim B. 2005. Achieving adequate adaptation in agriculture. *Climatic Change*. 70: 191–200.
- Butler P, Swanston C, Janowiak M, Parker L, St. Pierre M, Brandt L. 2012. Adaptation strategies and approaches: Chapter 2. In: Swanston C, Janowiak M. (Eds). *Forest Adaptation Resources: Climate Change Tools and Approaches for Land Managers*. Gen. Tech. Rep. NRS-87. Newtown Square, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station. 15-34.
- Bynoe DM. 2021. Multi-Level Governance, Climate Change Adaptation, and Agri-Environmental Stewardship in Small States. (Doctoral thesis). University of Twente. The Netherlands.
- 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.
- Cardona OD, van Aalst MK, Birkmann J, Fordham M, et al. 2012. Determinants of risk: Exposure and vulnerability. In: Field, CB, Barros V, Stocker TF, Qin D, Dokken DJ, Ebi KL, Mastrandrea MD, Mach KJ, Plattner G-K, Allen SK, Tignor M, Midgley PM. (Eds.). *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 (IPCC)*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA. pp. 65-108.
- CARE International. 2009. *Climate Vulnerability and Capacity Analysis Handbook*.
- CARE international. 2014. *Community-Based Adaptation in Practice: A Global Overview of CARE International's Practice of Community-Based Adaptation (CBA) to Climate Change*.
- 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?* Department for International Development. London.
- Carpenter S, Walker B, Anderies J, Abel N. 2001. From metaphor to measurement: resilience of what to what? <http://dx.doi.org/10.1007/s10021-001-0045-9>. *Ecosystems*. 4: 765-781.
- CBD. 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. 126 p.
- CDKN (Climate and Development Knowledge Network). 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/wpcontent/uploads/2014/04/J1731_CDKN_FifthAssesmentReport_WEB.pdf." London.
- Ceci P, Picatiello 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(16).
- Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED). 2009. General classification. Available at: <http://www.em-dat.be/classification>.

Chambwera M, Heal G, Dubeux C, Hallegatte S, Leclerc L, Markandya A, McCarl BA, Mechler R, and Neumann JE. 2014. Economics of adaptation. In: Field CB, Barros VR, Dokken DJ, Mach KJ, Mastrandrea MD, Bilir TE, Chatterjee M, Ebi KL, Estrada YO, Genova RC, Girma B, Kissel ES, Levy AN, MacCracken S, Mastrandrea PR, White LL. (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 the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 952 p.

Chaudhury M, Vervoort J, Kristjanson P, Ericksen P, Ainslie A. 2013. Participatory scenarios as a tool to link science and policy on food security under climate change in East Africa. *Regional Environmental Change*. 13: 389–398.

Chavan S, Ram N, Keerthika NR, Ram A, Ankur Jha A, Kumar A. 2014. Agroforestry for adaptation and mitigation of climate change. *Popular Kheti*. 2(3): 214-219.

Chen X, Wang L, Inouye D. 2007. Delayed response of spring phenology to global warming in subtropics and tropics. *Agricultural and Forest Meteorology*. 234-235: 222-235.

Chevallier R. 2012. Political barriers to climate change adaptation implementation in SADC. In: *Overcoming Barriers to Climate Change Adaptation Implementation in southern Africa*.

Chilalo M, Wiersum F. 2011. The role of non-timber forest products for livelihood diversification in Southwest Ethiopia. *Ethiopian e-Journal of Research and Innovation Foresight* 3(1): 44-59. *Agriculture and Forestry Issue*.

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**. <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1219-8>.

Chishakwe N, Murray L, Chambwera M. 2012. Building climate change adaptation on community experiences: Lessons from community-based natural resource management in southern Africa. *International Institute for Environment and Development*.

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, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB, Tignor M, Miller HL. (Eds.). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Chuine I. 2010. Why does phenology drive species distribution? *Philosophical Transactions Of the Royal Society of London. Serie B: Biological Science*. 365: 3149–3160. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0142>.

CIF (Climate Investment Funds). 2018. Private sector: Unlocking private capital. Available at: <https://www-cif.climateinvestmentfunds.org/>.

CIF (Climate Investment Funds). 2019. Annual report 2019. The World Bank Group.

Clare A, Fankhauser S, Gennaioli C. 2017. The national and international drivers of climate legislation. In: Averchenkova A, Fankhauser S, Nachmany M. (Eds.). *Trends in Climate Change Legislation*. Edward Elgar. London.

Cleland EE. 2011. Biodiversity and ecosystem stability. *Nature Education Knowledge*. 3(10): 14.

Clements R, Haggard J, Quezada A, Torres J. 2011. Technologies for Climate Change Adaptation – Agriculture Sector. In: X. Zhu (Ed.). *UNEP, Risø Centre, Roskilde*.

- Climate –ADAPT 2015. Establishment and restoration of riparian buffers. [Establishment and restoration of riparian buffers – Climate-ADAPT \(europa.eu\)](#).
- Climate Analytics 2019. Climate analytics 2018 annual report. Available at: [ar2018_complete_web.pdf \(climateanalytics.org\)](#).
- CoastAdapt. 2018. Monitoring and evaluation in climate change adaptation. Available at: [Monitoring and Evaluation in climate change adaptation | CoastAdapt](#).
- Collect N, Elms S. 2009. The control of Sirex wood wasp using biological control agents in Victoria, Australia. *Agricultural and Forest Entomology*. 11(3): 283-294. DOI:10.1111/j.1461-9563.2008.00422.x.
- COMPETE Project. 2009. Competence Platform on Energy Crop and Agroforestry Systems for Arid and Semi-Arid Ecosystems—Africa. 2009. Available from: <http://www.competebioafrica.net>.
- Conservation International. 2016. Coastal Forests of Eastern Africa. <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. London : Imperial College.
- 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.
- Coulibaly JY, Chiputwa B, Nakelse T, et al. 2017. Adoption of agroforestry and the impact on household food security among farmers in Malawi. *Agricultural Systems*. 155: 52–69.
- Crawford A, Church C. 2019. *Engaging the Private Sector in National Adaptation Planning Processes*. Winnipeg, Canada: International Institute for Sustainable Development. Retrieved from www.napglobalnetwork.org.
- Crawford- Brown D. 2017. Chapter 2: Reducing economic vulnerability to climate risk through community resilience. In: *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.
- CRGE. 2011. *The Ethiopian Climate Resilient Green Economy (CRGE) Strategy*.
- Cronkleton P, Pulhin J, Saigal S. 2012. Community forestry, property rights, tenure rights, tenure systems, livelihoods, governance. *Conservation and Society*. 10(2): 91-102.
- CTCN (Climate Technology Centre & Network) 2017. 2017 progress report. CTCN. Copenhagen.
- CTCN (Climate Technology Centre and Network). 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.
- Curtis R. 1997. The role of extended rotations. In: Kohm KA, Franklin JF. (Eds). *Creating a Forestry for the 21st Century*. pp 165–170. Washington: Island Press.
- Dai YJ, Shen ZG, Liu Y, Wang, LL, Hannaway D, Lu HF. 2009. Effects of shade treatments on the photosynthetic capacity, chlorophyll fluorescence, and chlorophyll content of *Tetrastigma hemsleyanum* Diels et Gilg. *Environmental and Experimental*. 65(2-3): 77–182. doi: 10.1016/j.envexpbot.2008.12.008.

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.

Danielsen F, Skutsch M, Burgess ND, Jensen PM, Andrianandrasana H, Karky B, Lewis R, Lovett JC, Massao J, Ngaga Y, Phartiyal P, Poulsen MK, Singh SP, Solis S, Sørensen M, Tewari A, Young R, Zahabu E. (2011). At the heart of REDD+: A role for local people in monitoring forests? *Conservation Letters*. 4: 158-167. <https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.2010.00159.x>.

DARA 2011. The MOINTOR explained: The climate vulnerability monitor. NDC Partnership.

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*.

Dave R, Saint-Laurent C, Moraes M, Simonit S, Raes L, Karangwa C. 2017. *Bonn Challenge Barometer of Progress*: Gland, Switzerland: IUCN. 36 p.

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*. <https://www.sanbi.org/wp-content/uploads/2018/04/final-strategic-framework-and-overarchingimplementation-plan-eba-south-africa.pdf>.

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 Agriculture, Forestry and Fisheries (DAFF) of the Republic of South Africa. 2015. *State of forests report 2010-2012*.

Department of Regional Development and Environment Executive Secretariat for Economic and Social Affairs Organization of American States. 1991. *Primer on Natural Hazard Management in Integrated Regional Development Planning*. Office of Foreign Disaster Assistance United States Agency for International Development. 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.

Development Fund. 2011. *Banking for the Future: Savings, Security and Seeds*. Oslo: Development Fund. Accessed September 2020.

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>.

DFID 2004. Adaptation to climate change: The right information can help the poor to cope. Global and Local Environment Team. Policy Division.

Di Nitto D, Neukermans G, Koedam N, Defever H, Pattyn F, Kairo JG, Dahdouh-Guebas F. 2014. Mangroves facing climate change: landward migration potential in response to projected scenarios of sea level rise. *Biogeosciences*. 11: 857–871.

Dietz T, Ruben R, Verhagen A. 2004. The Impact of Climate Change on Drylands with a Focus on west Africa. Kluwer, Dordrecht.

Dinku 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, 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 p.

Dinshaw A, Susannah Fisher S, Mcgray H, Rai N, Schaar J. 2014. Monitoring and Evaluation of Climate Change Adaptation: Methodological Approaches. OECD Environment Working Paper No. 74.

Donatti C., Harvey C A, Hole D, Panfil S N, Schurman H. 2020. Indicators to measure the climate change adaptation outcomes of ecosystem-based adaptation. *Climatic Change*. 158(3-4): 413–433. <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02565-9>.

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. CAB International, Wallingford.

Dougherty- choux L, Terpstra P, Kammila S, Kurukulasuriya P. 2015. Adapting from the Ground Up: Enabling Small Businesses in Developing Countries to Adapt to Climate Change. Washington, D.C and New York: WRI and UNDP. <http://www.wri.org/publication/adapting-from-the-groundup>.

Downing TE, Patwardhan A. 2002. Vulnerability assessment for climate adaptation. Adaptation Planning Framework Technical Paper 3. Habana/Oxford.

Droesch A C, Gaseb N, Kurukulasuriya P, Mershon A, Moussa KM, Rankine D, Santos A. 2008. United Nations Development Programme Community-Based Adaptation Programme. A Guide to the Vulnerability Reduction Assessment. UNDP Working Paper Accessed at http://www.seachangecop.org/files/documents/2008_12_CBA_Vulnerability_Reduction_Assessment_Guide.pdf.

Dube K, Nhamo G. 2020. Sustainable development goals localisation in the tourism sector: Lessons from Grootbos private nature reserve, South Africa. *GeoJournal*. 1-18.

Dudley NS, Krueger L, Lopoukhine N, MacKinnon K, Sandwith T, Sekhran N. 2009. Natural Solutions: Protected areas helping people cope with climate change, IUCN-WCPA, The Nature Conservancy, UNDP, Wildlife Conserve. The NatureWildlife Conservation Society, The World Bank and WWF, Gland, Switzerland, Washington DC and New York.

Dungumaro EW, Hyden G. 2010. Challenges and Opportunities to Climate Change Adaptation and Sustainable Development Among Tanzanian Rural Communities. *Sustentabilidade em Debate*. 79-91. Available at: [\(19\) \(PDF\) Challenges and Opportunities to Climate Change Adaptation and Sustainable Development Among Tanzanian Rural Communities \(researchgate.net\)](#).

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 food nutrition Eastern Africa 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. *CNBC.com*. Available at: <https://www.cnbc.com/2014/10/22/7-industries-at-greatest-risk-from-climate-change.html>.

ECONADAPT Toolkit. Uncertainties and risk analysis in climate change adaption. Available at: [Uncertainties and risk analysis in climate change adaption | ECONADAPT Toolbox \(econadapt-toolbox.eu\)](https://www.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-andevaluation.

Ellis F. 2000. The determinants of rural livelihood diversification in developing countries. *Journal of Agricultural Economics*. 51(2): 289-302.

Ellison D, Morris CE, Locatelli B, et al. 2017. Trees, forests and water: Cool insights for a hot world. *Global Environmental Change*. 43: 51-61. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.01.002>.

England MI, Dougill AJ, Stringer LC, Vincent KE, Pardoe J, Kalaba FK, Mkwambisi DD, Namaganda E, Afionis S. 2018. Climate change adaptation and cross-sectoral policy coherence in southern Africa. *Regional Environmental Change* 18: 2059. <https://doi.org/10.1007/s10113-018-1283-0>.

Engle N, Lemos M. 2010. Unpacking governance: Building adaptive capacity to climate change of River Basins in Brazil. *Global Environmental Change*. 20(1): 4-13.

Enimu S, Onom GE. 2018. Determinants of climate change adaptation strategies among farm households in Delta State, Nigeria. *Current Investigations in Agriculture and Current Research* 5(3): CIACR.MS.ID.000213. DOI: 10.32474/CIACR.2018.05.

Estrella M, Gaventa J. 1998. Who counts reality? Participatory monitoring and evaluation: A literature review. *IDS Working Paper No 70*, Brighton: IDS.

EUFIWACC. 2016. Integrating climate change information and adaptation in project development. www.eib.org/attachments/press/integrating-climate-change-adaptation-in-project-development.pdf.

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.

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. 2015. *Climate Change and Food Security: Risks and Responses*. FAO. Available at: [Climate change and food security: risks and responses \(fao.org\)](https://www.fao.org/climate-change-and-food-security-risks-and-responses).

FAO. 2018. *Sustainable Forestry for Food Security and Nutrition (CFS 44 2017)*. Policy Recommendations. Available at: <http://www.fao.org/3/l8877EN/i8877en.pdf>.

FAO. 2019. *Adapting Irrigation to Climate Change (AICCA)*. Retrieved from <http://www.fao.org/in-action/aicca/en/> September 2020.

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. 2016a. Save and Grow in Practice Maize, Rice and Wheat: A Guide to Sustainable Cereal Production. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.
- FAO. 2016b. Diversification Under Climate Variability as Part of a CSA Strategy in Rural Zambia. ESA Working Paper No. 16-07. FAO. Rome.
- FAO. 2016c. Forty Years of Community-Based Forestry. A Review of its Extent and Effectiveness. FAO Forestry Paper No. 176. FAO. Rome.
- FAO. 2016d. Diversification Strategies and Adaptation Deficit: Evidence from Rural Communities in Niger. In: Asfaw S, Palma A, Lipper L. Eds. ESA Working Paper No. 16-02, FAO, Rome.
- FAO. 2017a. First trimester Newsletter. Harare. 3 p.
- FAO. 2017b. B3 Climate Smart Forestry. In Climate Smart Agriculture Sourcebook. 29 p.
- FAO. 2020a. Desert Locust. FAO Rome Available at: <http://www.fao.org/locusts/en/>.
- FAO. 2020b. Forests for Human Health and Well-being – Strengthening the Forest–Health–Nutrition Nexus. Forestry Working Paper No. 18. Rome.
- FAO. 2020c. African Forest Landscape Restoration Initiative - AFR100. African Forestry and Wildlife Commission. Twenty-second session. South Africa, 9-13 March 2020.
- FAO. 2020d. Sustainable Forest Management. Available at : [Natural Forest Management \(fao.org\)](https://www.fao.org/nr/forestry/).
- FAO. 2022. Sustainable Forest Management (SFM) Toolbox: Reducing deforestation. Available at: [Basic knowledge | SFM Toolbox | \(fao.org\)](https://www.fao.org/nr/forestry/).
- FAO/ITTO/INAB. 2003. International Conference on the Contribution of Criteria and Indicators for Sustainable Forest Management. The Way Forward Final Report.
- FAO/UNDP. 2020. Assessing Agroforestry Practices and Soil and Water Conservation for Climate Change Adaptation in Kenya: A Cost-Benefit Analysis. FAO. Rome.
- Faurès JM, 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, pp 353–394. Earthscan, London.
- Fayolle V, Odianose S, Soanes M. 2017. GCF Project Toolkit 2017. Guide to develop a project proposal for the Green Climate Fund (GCF). Acclimatise, London.
- Fayson C. 2018. Taking stock of the Global Stocktake. Climate analytics.
- Fazey I, Gamarra J, Fischer J, Reed M, Stringer L, Christie M. 2010. Adaptation strategies for reducing vulnerability to future environmental change. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 8: 414–422. doi: 10.1890/080215.
- Fellmann T. 2012. The assessment of climate change related vulnerability in the agriculture sector: reviewing conceptual frameworks. In: Meybeck L. (Ed). Building Resilience for Adaptation to Climate Change in Agriculture Sector.
- Filipovic A. 2020. Water plant and soil relation under stress situations. In: Ram S, Meena RS, Datta R. (Eds). Soil Moisture Importance. IntechOpen. [Water Plant and Soil Relation under Stress Situations. IntechOpen](https://www.intechopen.com/books/soil-moisture-importance).

- 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 Nationally 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, Lake Abaya Research Symposium 2004 Proceedings. 4: 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. <https://doi.org/10.1007/s10113-014-0648-2>.
- Forestry Commission. (n.d.). Tree breeding. Available at: <http://www.forestry.co.zw/research-training-introduction/tree-breeding/>.
- Forrest JRK. 2016. Complex responses of insect phenology to climate change. *Current Opinion in Insect Science*. 17: 49-54.
- 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. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Bonn and Eschborn.
- Frohlich J, Knieling J. 2013. Conceptualizing climate change governance. In: Knieling J, Filho W. (Eds). *Climate Change Governance*. Springer, Berlin.
- Fronzek S, Carter TR, Pirtioja N, et al. 2018. Determining sectoral and regional sensitivity to climate and socio-economic change in Europe using impact response surfaces. *Regional Environmental Change*. 19: 679–693.
- Füssel H. 2007. Adaptation planning for climate change: concepts, assessment approaches, and key lessons. *Sustainability Science*. 2: 265–275. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11625-007-0032-y>.
- Gabisa E, Gheewala SH. 2018. Potential of bio-energy production in Ethiopia based on available biomass residues. *Biomass and Bioenergy*. In: Gachassin M, Boris N, Gaël R. (Eds). *Roads Impact on Poverty Reduction-a Cameroon Case Study*. World Bank Policy Research Working Paper 5209. 111: pp 77-87.
- Gaillard J-C. 2010. Vulnerability, capacity and resilience. *Journal of International Development*. 22(2): 218–232. doi: 10.1002/jid.1675.
- 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*. Bogor, Indonesia: World Agroforestry (ICRAF) Southeast Asia Regional Program. pp 153–174.

GCF 2020. Updated Strategic Plan for the Green Climate Fund: 2020-2023. GEF. 2014. Updated results based management framework for adaptation to climate change under the Least Developed Countries Fund and the Special Climate Change Fund Accessed at https://www.thegef.org/gef/sites/thegef.org/files/GEF-LDCF.SCCF_17-05,%20Updated%20RBM%20Framework%20for%20Adaptation%20to%20Climate%20Change,%202014-10-08.pdf Accessed September 2020.

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. 30 p.

GFDRR, World Bank Group. 2014. Financial Protection Against Disasters: An Operational Framework for Disaster Risk Financing and Insurance. World Bank.

Gharajedaghi J. 2012. Chapter 1 - How the game is evolving. Systems Thinking (Third Edition), Morgan Kaufmann. pp 3-24.

Gill SS, Tuteja N. 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. Plant Physiology and Biochemistry. 48: 909–930. doi:10.1016/j.plaphy.2010.08.016.

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. Agricultural Systems. 104: 191-203.

Giordano S. 2014. Climate change vulnerability and risk - key concepts Available at: Vulnerability_Risk_FGiordano (lifescadap.eu).

Gitay H, Suárez A, Watson R, Jon Dokken D. 2002. Climate Change and Biodiversity: IPCC Technical Paper. IPCC. Geneva.

GIZ. 2014. The Vulnerability Sourcebook Concept and Guidelines for Standardised Vulnerability Assessments. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Bonn and Eschborn.

GIZ, BMZ. 2015. Climate risk insurance for strengthening climate resilience of poor people in vulnerable countries: A background paper on challenges, ambitions and perspectives. Available at: https://www.bmz.de/g7/includes/Downloadarchiv/G7-Climate_Risk_Insurance_Initiative_-_Options-Paper-Plus.pdf.

GIZ. 2020. Affordable protection and immediate support: climate risk insurance for farmers in Zambia and Peru. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Available at: Affordable protection and immediate support: climate risk insurance for farmers in Zambia and Peru (giz.de).

Godfray HCJ, Garnett T. 2014. Food security and sustainable intensification. Philosophical Transactions of Royal Society. B Biological Science. 369: 20120273.

Gold M, Cernusca M, Hall M. (Eds). 2013. Training Manual for Applied Agroforestry Practices. Available at: www.centerforagroforestry.org. Accessed September 2020.

Goswami M, Bhattacharyya P, Mukherjee I, Tribedi P. 2017. Functional diversity: An important measure of ecosystem functioning. Advanced Microbiology. 7: 82. doi: 10.4236/aim.2017.71007.

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.

Greif A, Kingston C. 2011. Institutions: rules or equilibria? In: Schofield N, Caballero G. (Eds). Political Economy of Institutions, Democracy and Voting. Springer, Berlin/Heidelberg.

Gross JE, Woodley S, Welling L, Watson JE. 2016. Adapting to Climate Change: Guidance for Protected Area Managers and Planners. Best Practice Protected Area Guidelines Series No. 24, Gland, Switzerland: IUCN. xviii + 129 p.

Guarnaschelli A, Lemcoff J, Prystupa P, Basci S. 2003. Responses to drought preconditioning in *Eucalyptus globulus* Labill. provenances. *Trees*. 17: 501–509.

Guerenstein P, Hildebrand J. 2008. Roles and effects of environmental Carbon dioxide in insect life. *Annual Review of Entomology*. 53: 161–178.

Guernier V, Hochberg ME, Guegan JFO. 2004. Ecology drives the worldwide distribution of human diseases. *Plos Biology*. 2: 740–746.

Guerry AD, 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. <https://doi.org/10.1073/pnas.1503751112>.

Güil Oumrait N. 2017. Impacts of climate change on global health: a scoping review on the case of malaria. <http://hdl.handle.net/10230/33091>.

Hallmeyer K, Tonkonogy B. 2018. Designing Technical Assistance Activities for Adaptation and Resilience Companies. Climate Policy Initiative.

Halpin P. 1997. Global climate change and natural-area protection: Management responses and research directions. *Ecological Applications*. 7: 828-843.

Hamilton ML, Lubell M. 2019. Climate change adaptation, social capital, and the performance of polycentric governance institutions. *Climatic Change*. 152(3): 307-326.

Hansen LJ, Biringer JL, Hoffman JR. 2003. Buying time: A user's Manual for Building Resistance and Resilience to Climate Change in Natural Systems. WWF. Climate Change Programme. Berlin, Germany. 246 p.

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.

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.

Hartung F, Schiemann J. 2014. Precise plant breeding using new genome editing techniques: Opportunities, safety and regulation. *The Plant Journal*. 78 (5): 742–752. doi:10.1111/tpj.12413. PMID 24330272.

Hassan R, Nhemachena C. 2008. Determinants of African farmer's strategies for adapting to climate change: Multinomial choice analysis. *African Journal of Agricultural and Resource Economics*. 2(1): 83-104.

Haworth M, Killi D, Materassi A, Raschi A, Centritto M. 2016. Impaired stomatal control is associated with reduced photosynthetic physiology in crop species grown at elevated [CO₂]. *Front. Plant Science*. 7: 1568. 10.3389/fpls.2016.01568, PMID.

Heikkilä TV, Grönqvist R, Jurvélius M. 2010. Wildland Fire Management Handbook for Trainers. Rome: FAO.

Helmre K. 2013. Laying the Foundations for Climate Resilient Development: Voices from Africa. Africa Adaptation Programme. UNDP.

Hernandez JGV, Pallagst K, Hammer P. 2018. Urban green spaces as a component of an ecosystem functions, services, users, community involvement, initiatives and actions. *International Journal of Environmental Science and Natural Resources*. 8(1): IJESNR.MS.ID.555730

Hill R, Mejía-Mantilla C. 2011. Welfare, Income Growth and Shocks in Uganda: Understanding Poverty Trends from 2005/6 to 2011/12. World Bank.

Hilty JA, Keely ATH, Lidicker ZW Jr, Merenlender AM. 2019. *Corridor Ecology: Linking Landscapes for Biodiversity Conservation and Climate Adaptation*. Second Edition. Island Press. Washington.

Holling. C. 1973. Resilience and stability of ecosystems. *Annual Review of Ecological Systems*. 4: 1-23.

Holling. C. 1996. Engineering resilience versus ecological resilience. In: Schulze PE. (Ed.). *Engineering within Ecological*. Washington D.C: National Academic Press.

Honêk A. 1996. Geographical variation in thermal requirement for insect development. *European Journal of Entomology*. 303–312.

Hooli LJ. 2016. Resilience of the poorest: coping strategies and indigenous knowledge of living with the floods in Northern Namibia. *Regional Environmental Change*. **16**: 695–707.

Hopkins WG, Hüner NPA. 2009. *Introduction to Plant Physiology*. 4th Edition. Wiley. 528 p.

ISBN: 978-0-470-24766.

<https://doi.org/10.1007/s10113-015-0782->

<http://parcc.protectedplanet.net>.

<http://www.bonnchallenge.org/content/forest-landscape-restoration>

<http://nzdl.org>

<https://www.unccllearn.org/sites/default/files/inventory/unfccc65.pdf>

<https://www.cirad.fr/en>

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

<https://www.worldbank.org/en/topic/transport/publication/enhancing-the-climate-resilience-of-africas-infrastructure-the-roads-and-bridges-sector>

<https://www.gwp.org>

<http://ews-undp.blogspot.com/>

<http://undp-cirada.blogspot.com>

<https://goo.gl/1gNpEs>

<http://ebaflagship.unep.org/>

https://www.thegef.org/projects?search_api_views_fulltext=ecosystem-based+adaptation

Huq S, Rahman A, Konate M, Sokona Y, Reid H. 2003. *Mainstreaming Adaptation to Climate Change in Least Developed Countries (LDCs)*. London: IIED.

Huston MA. 1997. Hidden treatments in ecological experiments: Re-evaluating the ecosystem function of biodiversity. *Oecologia*. 110: 449-460.

Hwang T, Martin K, Vose J, Wear D, Miles B, Kim Y, Band L. 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. Available at: <https://doi.org/10.1029/2017WR022279>.

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). ISSN 2349-5367.

IISD. 2018. GLF Africa 2018 Calls for Increased Global Ambition on Ecosystem Restoration. Global Landscape Forum.

International Institute for Sustainable Development (IISD). 2011. Summary of CRISTAL: Community-based Risk Screening Tool - Adaptation & Livelihoods. IISD/ IUCN/SEI.

INTRAC. 2018. Reporting. M&E Universe. Available at: [Reporting.pdf \(intrac.org\)](#).

IPCC. 2019. Summary for policymakers. In: Shukla PR, Skea J, Calvo BE, Delmotte M, Pörtner H- O, Roberts DC, Zhai P, Slade R, Connors S, van Diemen R, Ferrat M, Haughey E, Luz V, Neogi S, Pathak M, Petzold J, Portugal PJ, Pereira J, Vyas P, Huntley E, Kissick K, Belkacemi M, Malley J. (Eds). *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* [**In press**]. [Summary for Policymakers – Special Report on Climate Change and Land \(ipcc.ch\)](#).

IPCC. 1990. Climate change. Scientific assessment. In: Houghton JT, Jenkins GJ, Ephraums JJ (Eds). WMO-UNEP. Cambridge University Press. NY.

IPCC. 1998. The Regional Impacts of Climate Change: An Assessment of Vulnerability. A Special Report of IPCC Working Group II, Cambridge, United Kingdom and New York: Cambridge University.

IPCC. 2001. Climate change 2001: Synthesis Report. In: Watson RT, Core Writing Team (Eds). A Contribution of Working Groups I, II, and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.

IPCC. 2007a. Appendix I: Glossary. In M.L. Parry, O.F. Canziani, J. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report. www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4-wg2-app.pdf.

IPCC. 2007b. Climate Change 2007: Synthesis Report. IPCC Fourth Assessment Report. . Geneva: Switzerland.

IPCC. 2011. Summary for policymakers. In: Edenhofer O, Pichs-Madruga R, Sokona Y, Seyboth K, Matschoss P, Kadner S, Zwickel T, Eickemeier P, Hansen G, Schlömer S, C. von Stechow C. (Eds). IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.: Cambridge University Press.

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 of Climate Change. Cambridge. UK and New York, USA Cambridge University press. 582 p.

IPCC. 2013. Climate Change 2013: In: Stocker TF, Qin D, Plattner G-K, Tignor M, Allen SK, Boschung J, Nauels A, Xia Y, Bex V, Midgley PM (Eds). The Physical Science Basis. Contribution of Working Group 1 to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY USA. 1535 p.

- IPCC. 2014. Climate change 2014. In: Field CB, Barros VR, Dokken DJ, et al. (Eds). Impact, Adaptability and Vulnerability. Part A. Global and Sectorial Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Cambridge. UK. 1132 p.
- IRENA 2019. Renewable Capacity Statistics 2019. International Renewable Energy Agency (IRENA), Abu Dhabi.
- IUCN. 2020. Bonn Challenge Regional Action. Available at: Regional <http://bonnchallenge.org/>.
- Jackson L, van Noordwijk M, Bengtsson J, Foster W, Lipper L, Pulleman MM, Said M, Snaddon J, Vodouhe R. 2010. Biodiversity and agricultural sustainability: from assessment to adaptive management. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 2(1-2): 80-87. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2010.02.007>.
- Jain SK. 1992. Population management in new plant breeding approaches. In: Jain SK, Botsford LW. (Eds). *Applied Population Biology. Monographiae Biologicae*. 67. Springer, Dordrecht.
- Jain SM. 2001. Tissue culture-derived variation in crop improvement. *Euphytica*. 118(2): 153-166. DOI: 10.1023/A:1004124519479.
- Jandl R, Lindner M, Vesterdal L, Bauwens B, Baritz R, Hagedorn F, Johnson DW, Minkinen K, Byrne KA. 2007. How strongly can forest management influence soil Carbon sequestration? *Geoderma*. 137(3-4): 253-268. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2006.09.003>.
- Jarvis A, Upadhyaya H, Gowda C, Aggarwal P, Fujisaka S, Anderson B. 2015. Plant genetic resources for food and agriculture and climate change. In: FAO. 2015. *Coping with Climate Change – the Roles of Genetic Resources for Food and Agriculture*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.
- Jarvis DI, Fadda C, De Santis P, Thompson, (Eds). 2011. *Damage, Diversity and Genetic Vulnerability: The Role of Crop Genetic Diversity in the Agricultural Production System to Reduce Pest and Disease Damage*. Rome: Bioversity International.
- Jiménez Cisneros BE, Oki T, Arnell NW, Benito G, Cogley JG, Döll P, Jiang T, Mwakalila SS. 2014. Freshwater resources. In: Field CB, Barros VR, Dokken DJ, et al. (Eds). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectorial Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA, pp. 229-269.
- Jolly W, Nemani R, Running S. 2005. A generalized bioclimatic index to predict foliar phenology in response to climate. *Global Change Biology*. 11: 619-632. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.00930.x>.
- 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 and Policy*. 14(5): 519-530. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2011.03.011>.
- 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 FW. (Ed). *Handbook of Climate Change Adaptation*. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-38670-1_23.
- 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. doi: 10.1002/ev.20132.

Kassaye AY, Shao G, Wang X, Shifaw E, Wu S. 2021. Impact of climate change on the staple food crops yield in Ethiopia: Implications for food security. *Theoretical and Applied Climatology*. 145:327–343.

Katengeza SP, Holden ST, Lunduka RW. 2019. Adoption of drought tolerant maize varieties under rainfall stress in Malawi. *Journal of Agricultural Economics*. 70: 198-214. doi:[10.1111/1477-9552.12283](https://doi.org/10.1111/1477-9552.12283).

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.

Keenan RJ. 2015. Climate change impacts and adaptation in forest management: A review. *Annals of Forest Science*. 72: 145–167.

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 <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. *Journal of Applied Ecology*. 50:1311–1320. doi:[10.1111/1365-2664.12139](https://doi.org/10.1111/1365-2664.12139).

Kerr CA. 2012. Drought Resilience of Maize-Legume Agroforestry Systems in Malawi. PhD Thesis. University of California, Berkeley.

Khan H. 2008. Disaster management cycle – a theoretical approach. Available at: Microsoft Word - 6 Khan Pakistan FFF.doc (mnmk.ro).

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, DOI: [10.1080/17565529.2017.1318739](https://doi.org/10.1080/17565529.2017.1318739).

Killeen TJ, Solórzano LA. 2008. Conservation strategies to mitigate impacts from climate change in Amazonia. *Philosophical Transactions of the Royal Society*. 363. <http://doi.org/10.1098/rstb.2007.0018>.

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>.

Kirilenko A, Sedjo RA. 2007. Climate change impacts on forestry. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 104 (50): 19697–19702.

Kirschbaum M, Fischlin A. 1996. Climate change impacts on forests. In: Watson R, Zinyowera MC, Moss RH. (Eds.). *Climate Change 1995 - Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analysis. Contribution of WorkGroup to the Second Assessment Report*. pp. 95-129. Cambridge University Press. Cambridge.

Klein RJT, Alam M, Burton I, Dougherty WW, Ebi K, Fernandes M, Huber-Lee A, Rahman AA, Swartz C. 2006. Application of environmentally sound technologies for adaptation to climate change (Technical Paper FCCC/ TP/2006/2). Bonn: United Nations Framework Convention on Climate Change Secretariat.

Kline KL, Dale V. 2020. Protecting biodiversity through forest management: Lessons learned and strategies for success. *International Journal of Environmental Sciences and Natural Resources*. 26(4): DOI: [10.19080/IJESNR.2020.26.556194](https://doi.org/10.19080/IJESNR.2020.26.556194).

Konijnendijk CC, Annerstedt M, Nielsen AB, Maruthaveeran S. 2013. Benefits of Urban Parks: A Systematic Review. IFPRA.

- Kooiman J, Bavinck M. 2005. The governance perspective. In: Kooiman J, Jentoft S, Pullin R, Bavinck M. (Eds). *Fish for Life: Interactive Governance for Fisheries*. Amsterdam, Netherlands: Amsterdam University Press.
- Korner C, Basler D. 2010. Phenology Under Global Warming. *Science*.
- Körner C. 2003. Carbon limitation in trees. *Journal of Ecology*. 91: 4–1.
- Kowero G. 2011. Climate change and African forests and trees resources: The stakes are enormous. In: Chidumayo E, Kowero G, Larwanou M. (Eds). *Climate Change and African Forest and Wildlife Resources*. African Forest Forum. Nairobi.
- 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. doi: 10.1002/ev.20129.
- Krosby M, Theobald DM, Norheim R, McRae BH. 2018. Identifying riparian climate corridors to inform climate adaptation planning. *PLoS One*. 13(11): e0205156. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205156>.
- 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.
- 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>.
- Kurz W, Beukema S, Apps M. 1998. Carbon budget implications of the transition from natural to managed disturbance regimes in forest landscapes. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. 2: 405-421.
- 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. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 108: 3465–3472.
- Langill S, Ndathi AJN. 1998. Indigenous knowledge of desertification: A progress report from the Desert Margins Programme in Kenya. *People, Land and Water Series Report 2*. Ottawa: International Development Research Centre.
- 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. <https://doi.org/10.1155/2016/4537354>.
- 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: Field, CB, Barros V, Stocker TF, et al. (Eds). *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 (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 25-64.
- LDCEG (Least Developed Countries Expert Group). 2012. National Adaptation Plans. Technical Guidelines for the National Adaptation Plan Process. Bonn: UNFCCC Secretariat. Bonn, Germany. December 2012. Available at <<http://unfccc.int/NAP>>.

- Lemelin R, Dawson J, Stewart EJ. 2012. Last Chance Tourism: Adapting Tourism Opportunities in a Changing World. Abingdon, Oxon, UK: Routledge.
- Lemordant L, Gentine P. 2019. Vegetation response to rising CO₂ impacts extreme temperatures. *Geophysical Research Letters*. 46: 1383–1392. <https://doi.org/10.1029/2018GL080238>. [Rhttps://doi.org/10.1029/2018GL080238](https://doi.org/10.1029/2018GL080238).
- Levin S. 2015. Ecological resilience. *Encyclopaedia Britannica*. Available at: Retrieved from <https://www.britannica.com/science/ecological-resilience>.
- Levina E, Tirpak D. 2006. Adaptation to climate change: Key terms. OECD/IEA COM/ENV/EPOC/IEA/SLT.1 (Paris; OECD).
- Liebholt A, Tobin P. 2008. Population ecology of insect invasions and their management. *Annual Review of Entomology*. 53:387–408. 10.1146/annurev.ento.52.110405.091401.
- Lin BB. 2010a. Agroforestry adaptation and mitigation options for smallholder farmers vulnerable to climate change. 95th ESA Annual Convention. DOI: [10.1201/b17775-12](https://doi.org/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.
- 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.
- Lockwood J, Hoopes M, Marchetti M. 2007. *Invasion Ecology*. Blackwell Publishing Ltd. Malden, MA.
- Louman B, Keenan RJ, Kleinschmit D, Atmadja S, Siteo AA, Nhantumbo I, de Camino Velozo R, and Morales JP. 2019. Chapter 13 - SDG 13: Climate action - Impacts on forests and people. In: Katila P, Colfer CJP, Jong W, Galloway de G, Pacheco P, Winkel G. (Eds). *Sustainable Development Goals: Their Impacts on Forests and People*. pp 419-444. Cambridge University Press.
- Lovell ST, Taylor JR. 2013. Supplying urban ecosystem services through multifunctional green infrastructure in the United States. *Landscape Ecology*. 28: 1447–1463.
- Lucky UA, De Guzman LI, Fadare SA. 2021. Diffusing entrepreneurial innovation and tourism: An empirical vidence of permaculture. *International Journal of Business Studies*. 5(2): 118-137.
- Ludena C, Yoon S. 2015. Local Vulnerability Indicators and Adaptation to Climate Change: A Survey. Inter-American Development Bank, Technical Note No. 857 (IDB-TN857). Washington DC.
- 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. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13280>.
- Luther J, Hainsworth A, Tang X, Harding J, Torres J, Fanchiotti M. 2017. World Meteorological Organization (WMO)— Concerted International Efforts for Advancing Multi-Hazard Early Warning Systems.

Luukkanen O, Katila P, Elsidig E, Glover E, Sharawi H, Elfadl M. 2006. Partnership between public and private actors in forest-sector development: Options for dryland Africa based on experience from Sudan, with case studies on Laos, Nepal, Vietnam, Kenya, Mozambique and Tanzania. Helsinki, Finland: University of Helsinki Tropical Forestry Report 31.

Macchi M, Oviedo G, Gotheil S, Cross K, Boedhihartono A, Wolfangel C, Howell M. 2008. Indigenous and traditional peoples and climate change. *International Journal for the Conservation of Nature*. Gland, Switzerland.

MacDonald AM, Bonsor HC, Dochartaigh BÉÓ, Taylor RG. 2012. Quantitative maps of groundwater resources in Africa. *Environmental Research Letters*. 7(2): 1748-9326.

Macpherson M, Kleczkowski A, Healey J, Quine C, Hanley N. 2017. The effects of invasive pests and pathogens on strategies for forest diversification. *Ecological Modelling*. 350: 87–99. doi:10.1016/j.ecolmodel.2017.02.003.

Magnan A. 2014. Avoiding maladaptation to climate change: Towards guiding principles. *Surveys and Perspectives Integrating Environment and Society*. 7(1). <http://journals.openedition.org/sapiens/1680>.

Magnan AK, Schipper L, Burkett M, et al. 2016. Addressing the risk of maladaptation to climate change. *Advanced review. WIREs Climate Change*. 7: 646–665. doi: 10.1002/wcc.409.

Malcolm J, Liu C, Neilson R, Hannah L. 2006. Global warming extinctions of endemic species from biodiversity hotspot. *Conservation Biology*. 20(2): 538-548.

Malhi Y, Roberts J, Betts R, Killeen T, Li W. 2008. Climate change, deforestation and the fate of the Amazon. *Science*. 319(5860): 169–172.

Malik A, Qin X, Smith S. 2010. *Autonomous Adaptation to Climate Change: A Literature Review*. Institute for International Economic Policy. Washington DC.

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. 256 p. **SBN:** 185383713X.

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. Participatory Forest Management: A Strategy for Sustainable Forest Management in Africa*. 26-30 April 1999 Banjul, the Gambia pp 95-104.

Mazambani L, Mutambara E. 2018. Sustainable performance of microinsurance in low-income markets. Risk governance and control. *Financial Markets and Institutions*. 8(2): 41-53.

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. 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.

Mburia, R. 2015. *Africa Climate Change Policy: An Adaptation and Development Challenge in a Dangerous World*. Climate Emergency Institute.

McCarthy JJ, Canziani OF, Leary NA, et al. (Eds.) 2001. *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge University Press.

McDonald J. 2010. Mapping the legal landscape of climate change adaptation. In: Bonyhady T, Macintosh A, McDonald J. (Eds). *Adaptation to Climate Change: Law and Policy* (Federation Press), pp. 1–37.

McGrath JM, Lobell DB. 2013. Regional disparities in the CO₂ fertilization effect and implications for crop yields. *Environmental Research Letters*. 8(1): 014054.

Mdungela NM, Bahta YT, Jordaan AJ. 2017. Farmers choice of drought coping strategies to sustain productivity in the Eastern Cape Province of South Africa. *Book Series Frontiers in Sustainability*. 1(1):73-89.

Mehta L, Adam HN, Srivastava S. 2019. <https://doi.org/10.1007/s10113-019-01539-y>.

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). e03867, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03867>.

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*. Washington, DC, USA.: World Resources Institute.

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.

- 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, US.
- 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. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 107(51): 22026-22031; DOI: 10.1073/pnas.1007887107.
- Mosha AC. 2011. The effects of climate change on urban human settlements in Africa. In: Yuen B, Kumssa A. (Eds). *Climate Change and Sustainable Urban Development in Africa and Asia*. Springer, London/New York. pp 69–100.
- 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.
- Mugambiwa SS. 2018. Adaptation measures to sustain indigenous practices and the use of indigenous knowledge systems to adapt to climate change in Mutoko rural district of Zimbabwe', Jambá. *Journal of Disaster Risk Studies*. 10(1): a388. <https://doi.org/10.4102/jamba.v10i1.388>.
- 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 Sustainable Development Goals*. Springer, Cham.
- 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).
- 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. Jambá. *Journal of Disaster Risk Studies*. 10(1): 1-6.
- Mutimba S, Simiyu SW, Lelekoiten TL, Ospina AV, Murphy D, 2019. sNAPshot Kenya's monitoring and evaluation of adaptation: Simplified, integrated, multilevel country brief 5B. NAP Global Network.
- 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. <http://www.ecologyandsociety.org/vol16/iss1/art17/>.
- 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.
- Myers SS, Zanobetti A, Kloog I, Huybers P, Leakey AD, Bloom AJ, et al. 2014. Increasing CO₂ threatens human nutrition. *Nature*. 510(7503): 139. <https://doi.org/10.1038/nature13179> PMID: 24805231 6.
- Nachmany M, Setzer J. 2018. Policy brief global trends in climate change legislation and litigation: 2018 snapshot. Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment and Centre for Climate Change Economics and Policy.

National Academy of Engineering. 2018. Adaptability of the US Engineering and Technical Workforce: Proceedings of a Workshop pp 5 - 44.

National Research Council. 2010. Informing an Effective Response to Climate Change. <https://doi.org/10.17226/12784>. Washington D.C: The National Academies Press.

Nciizah T, Nciizah E, Mubekaphi C, Nciizah AD. 2021. Role of small grains in adapting to climate change: Zvishavane District, Zimbabwe. pp. 581-599. In: African Handbook of Climate Change Adaptation. Springer, Cham.

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.

Nelson F. (Ed). 2010. Community Rights, Conservation and Contested Land: The Politics of Natural Resource Governance in Africa. Earth Scan, New York.

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. 189 p.

Niang, I, Ruppel OC, Abdrabo MA, Essel A, Lennard C, Padgham J, Urquhart P. 2014. Africa. In: Barros VR, Field CB, Dokken DJ et al. (Eds). Climate Change 2014. Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. pp 1199-1265. United Kingdom and New York, USA. Cambridge University Press.

Nicholls M. 2014. Climate Change: Implications for Tourism. Key Findings from the Intergovernmental Panel on Climate Change Fifth Assessment Report. Cambridge University.

Nkoana EM, Verbruggen A, Hugé J. 2018. Climate change adaptation tools at the community level: An integrated literature review. Sustainability. 10: 796. doi:10.3390/su10030796.

Nkomo JC, Gomez B. 2006. Estimating and Comparing Costs and Benefits of Adaptation Projects: Case Studies in South Africa and the Gambia Studies in South Africa and the Gambia.

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, V.R. Barros VR, 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 the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA. pp. 833-868.

Noctor G, Mhamdi A, Foyer CH. 2014. The roles of reactive Oxygen metabolism in drought: Not so cut and dried. Plant Physiology. 164: 1636–1648. doi:10.1104/pp.113.233478.

Nogueira, LAH, Trossero MA. 2004. Carbon sequestration and substitution by wood energy. Biomassa and Energia. 1(2): 1-14.

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. World Resources Institute, 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.. Oslo. Norwegian Red Cross.

Noss R. 2001. Beyond Kyoto: Forest management in a time of rapid climate change. Conservation Biology. 15(3): 578–590.

- 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. <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-03-2015-0029>.
- Nyika JM. 2021. Sustainable ecosystem management: Challenges and solutions. In: *Impacts of Climate Change on Agriculture and Aquaculture*. IGI Global. 118-139.
- 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. In: Basso TP, Basso TO, Basso LC. (Eds). *Biotechnological Applications of Biomass*. IntechOpen, DOI: 10.5772/intechopen.93615. Available from: <https://www.intechopen.com/chapters/73230>.
- 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*.
- O'Riordan T, Jordan A. 1999. Institutions, climate change and cultural theory: towards a common analytical framework. *Global Environmental Change*. 9(2): 81–93.
- Oeba VO, Abdourahamane S. 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.
- OECD. 2002. *Glossary of key terms in evaluation and results-based management*. OECD/DAC. Paris. <http://www.oecd.org/development/peer-reviews/2754804.pdf> Accessed on 18 September 2021.
- OECD. 2009. *Integrating Climate Change Adaptation into Development Co-operation: Policy Guidance*. OECD Publishing. 194 p.
- OECD. 2014. *Monitoring and Evaluation of Climate Change Adaptation: Methodological Approaches*. OECD Environment Working Paper No. 74.
- OECD. 2015. *National Climate Change Adaptation: Emerging Practices in Monitoring and Evaluation*, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264229679-en>.
- Ofoegbu C, Chirwa P, Francis J, Babalola F. 2017. Assessing vulnerability of rural communities to climate change. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*. 9(3): 374-386. DOI: <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-04-2016-0044>.
- Ogden A, Innes J. 2007. Incorporating climate change adaptation considerations into forest management planning in the boreal forest. *International Forestry Review*. 9(3): 713-733(21). DOI: <https://doi.org/10.1505/for.9.3.713>.
- 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, et al. 2017. Loss of closed forests is associated with Ebola virus disease outbreaks. *Scientific Reports* 7: Article 14.
- 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.

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: Pörtner H.-O, Roberts DC, Masson-Delmotte P, et al. (Eds). IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. In press.

Orindi VA, 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. URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss2/art27>.

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 YJ, 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.

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. 2020. Sustainable management of the natural vegetation cover and fish breeding grounds in the western shores of Lake Turkana. *Academia Journal of Environment Science*. 8(6): 096-102.

Pan J, Guo B. 2016. Effects of light intensity on the growth, photosynthetic characteristics, and flavonoid content of *Epimedium pseudowushanense* B.L.Guo. *Molecules*. 21(11): 1475. doi: 10.3390/molecules21111475. PMID: 27827937; PMCID: PMC6273461.

Pandy WR, Rogerson CM, 2018. Tourism and climate change: Stakeholder perceptions of at risk tourism segments in South Africa. *Euroeconomica*. 37(2).

Parry J-E, Dazé A, Dekens J, Terton A, Brossmann M, Oppowa S. 2017. Financing National Adaptation Plan (NAP) Processes: Contributing to the Achievement of Nationally Determined Contribution (NDC) Adaptation Goals. Winnipeg: International Institute for Sustainable Development. Retrieved from napglobalnetwork.org/wp-content/uploads/2017/08/napgn-en-2017-financing-nap-processes.pdf.

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 M A. 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.

Pauw WP, Klein RJT, Vellinga, P. et al. 2016. Private finance for adaptation: Do private realities meet public ambitions? *Climatic Change*. 134: 489-503. <https://doi.org/10.1007/s10584-015-1539-3>.

Pereira L. 2017. Climate change impacts on agriculture across Africa. *Oxford Research Encyclopedia. Environmental Science*. DOI: 10.1093/acrefore/9780199389414.013.292. 31 p.

Petersen A, Solberg B. 2002. Greenhouse gas emissions, life-cycle inventory and cost-efficiency of using laminated wood instead of steel construction - Case: Beams at Gardermoen airport. *Environmental Science and Policy*. 5: 169-182.

- Phan DU, Nakagoshi N. 2007. Analyzing urban green space pattern and eco-network in Hanoi, Vietnam. *Landscape Ecology and Engeneering*. 3: 143–157.
- Pharo PFI. 2015. Reducing emissions from deforestation and forest degradation. PART II Chapter 17. OECD Development Co-operation Report. 2015.
- Pimentel D. 1993. Climate changes and food supply. *Forum for Applied Research and Public Policy* 8(4): 54-60.
- Pramova E, Locatelli B, Brockhous M, Fohlmeister S. 2012. Ecosystem service in the national adaptation programmes of action. *Climate Policy*. 12(4): 393- 409.
- Pretty J, Toulmin C, Williams S. (2011). Sustainable intensification in Africa agriculture. *International Journal of Agricultural Sustainability*. 9(1): 5-24. DOI:10.3763/ijas.2010.0583.
- 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 Research and Development*. 24: 31–56.
- PROVIA 2013. PROVIA Guidance on Assessing Vulnerability, Impacts and Adaptation to Climate Change. Consultation document, United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya, 198 p.
- 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*. Wien: Environment Agency Austria.
- Pudyastuti PS, Nugraha SA. 2018. Climate Change Risks to Infrastructures: A General Perspective. AIP Conference Proceedings 1977, 040030. Available at: <https://doi.org/10.1063/1.5043000>.
- Pureswaran D, Roques A, Battisti A. 2018. Forest insects and climate. *Current Forestry Report*. 4: 35-50.
- Ranger N, Garbett-Shiels S-L. 2012. Accounting for a changing and uncertain climate in planning and policymaking today: Lessons for developing countries. *Climate and Development*. doi: [10.1080/17565529.2012.732919](https://doi.org/10.1080/17565529.2012.732919).
- Rao MR, Nair PKR, Ong CK. 1998. Biophysical interactions in tropical agroforestry systems. *Agroforestry Systems*. 38: 3-50.
- Raza A, Razzaq A, Mehmood SS, Zou X, Zhang X, Lv Y, Xu J. 2019. Impact of climate change on crops adaptation and strategies to tackle its outcome: A review. *Plants*. 8(2): 34. <https://doi.org/10.3390/plants8020034>.
- Reardon T, Berdegúe 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*. Baltimore, MA, USA. Johns Hopkins University Press.
- Recha CW, Makokha GL, Shisaya C. Mukopi MN. 2017. Climate variability: Attributes and indicators of adaptive capacity in Semi-arid Tharaka sub-County, Kenya. *Open Access Library Journal*. 4(05): 1-14.
- Reddy PP. 2016. Micro-catchment rainwater harvesting: In *Sustainable Intensification of Crop Production*. Springer, Berlin, Germany. pp. 209–222.
- Reineke A, Thiery D. 2016. Grapevine insect pests and their natural enemies in the age of global warming. *Journal of Pesticide Science*. 12. <https://doi.org/10.1007/s10340-016-0761-8>.
- 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. http://www.kccap.info/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=5:subcomponent-3-national-adaptation-plan.

Republic of Mozambique National Council for Sustainable Development. 2014. National Climate Change Monitoring and Evaluation System (SNMAMC). <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.

Richards K, Stokes C. 2004. A review of forest Carbon sequestration cost studies: A dozen years of research. *Climatic Change*. 63: 1-48.

Richardson A, Keenan T, Migliavacca M, Ryu Y, Sonnentag O, Toomey M. 2013. Climate change, phenology, and phenological control of vegetation feedbacks to the climate system. *Agricultural and Forest Meteorology*. 169: 156-173.

Robbins R. 2019. 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. Available at: www.worldbank.org/water.

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.

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*. 1-11.

Salih AAM, Baraibar M, Mwangi KK, Artan G. 2020. Climate change and locust outbreak in East Africa. *Nature Climate Change*. 10: 584–585. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0835-8>.

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](https://doi.org/10.1080/14693062.2021.1978053).

Saxe H, Cannell MGR, Johnsen Ø, Ryan MG, Vourlitis G. 2001. Tree and forest functioning in response to global warming. *New Phytologist*. 149: 369–400. doi: 10.1046/j.1469-8137.2001.00057.x.

Schirmer J, Yabsley B. 2018. Living Well with a Changing Climate. Report Prepared for the ACT Government. University of Canberra, Canberra. 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 and Policy*. 89: 254-265.

- Schlenker W, Lobell DB. 2010. Robust negative impacts of climate change on African agriculture. *Environmental Research Letters*. 5: 014010. 11.
- Schmitz OJ, Lawler JJ, Beier P, Groves C, Knight G et. al. 2015. Conserving biodiversity: Practical guidance about climate change adaptation approaches in support of land-use planning. *Natural Areas Journal* 35(1): 190-203. <https://doi.org/10.3375/043.035.0120>.
- Schneider S, Sarukhan J. 2001. Overview of impacts, adaptation, and vulnerability. In: *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. New York: Cambridge University Press, 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.
- Schumacher P, Garstecki T, Mislimshoeva B, Morrison J, Ibele B, Lesk C, Dzhumabaeva S, Bulbulshoev U, Martin S. 2018. Using the open standards-based framework for planning and implementing ecosystem-based Adaptation projects in the high mountainous regions of Central Asia. In: Alves F, Filho LW, Azeiteiro U. (Eds). *Theory and Practice of Climate Adaptation*. Climate Change Management. Springer, Cham. pp 23-48.
- 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.
- Seppälä R, Buck A, Katila P. 2009. Adaptation of Forests and People to Climate Change. A Global Assessment Report. IUFRO World Series. Helsinki. 22: 224 p.
- Serdeczny O, Adams S, Baarsch F, Coumou D, Robinson A, Hare W, Schaeffer M, et al. 2016. Climate change impacts in Sub-Saharan Africa: From physical changes to their social repercussions. *Regional Environmental Change*. 15(8): DOI 10.1007/s10113-015-0910-2.
- 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. (Eds). *Global Environmental Change. Handbook of Global Environmental Pollution*. 1. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-5784-4_117.
- 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; doi:10.3390/su12176796.
- Sim H, Appanah S, Youn Y. 2004. Opportunities with clean development mechanism, environmental services and biodiversity. *Proceedings of the Workshop on Forests for Poverty rRduction*. 27–29 August 2003. Seoul.
- Simon NO, Mwenda MN. 2021. Influence of stakeholders' participation in monitoring and evaluation process on implementation of HIV and 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 MI. (Eds). *Principles for Building Resilience: Sustaining Ecosystems*. <https://stockholmresilience.org/download/18.10119fc11455d3c557d6928/1459560241272/SRC%20Applying%20Resilience%20final.pdf>.

Singh NP, Arathy A, Pavithra S, Balaji SJ, Bhawna A, Khan MA. 2017. Mainstreaming Climate Change Adaptation into Development Planning. Policy Paper-32.

ICAR-National Centre for Agricultural Economics and Policy Research, New Delhi, India.

Sissoko K, Van Keulen H, Verhagen J, Tekken V, Battaglini A. 2011. Agriculture, livelihoods and climate change in the West African Sahel. *Regional Environmental Change*. 11: S119-S125. DOI: 10.1007/s10113-010-0164-y.

Sjöberg J, Jativa MS. 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.

Skelcher C. 2005. Public-private partnership and hybridity. In: Ferlie E, Lynn L, Pollitt C. (Eds.) *Oxford Handbook of Public Management*. Oxford. pp 347-370. Oxford University Press.

Smeets E, Dornburg V, Faaij A. 2009. Traditional, Improved and Modern Bioenergy Systems for Semi-Arid and arid Africa—Experiences from the COMPETE Network. 2009. Available from: <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 from: <http://www.competebioafrica.net>.

Smit B, Pilifosova O. 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.

Södra. 2012. It's profitable with shorter rotations in Spruce? (Lönsamt med kortare omloppstid i granskog).

Soussana JF, Lüscher A. 2007. Temperate grasslands and global atmospheric change. A review. *Grass Forage Science*. 62: 127-134.

Sovacool BK. 2011. Hard and soft paths for climate change adaptation. *Climate Policy*. 11(4): 1177-1183.

Spearman M, McGray H. 2011. Making adaptation count: Concepts and options for monitoring and evaluation of climate change adaptation. The Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (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).

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.

Ste-Marie C, Nelson EA, Dabros A, Bonneau M-E. 2011. Assisted migration: Introduction to multifaceted concept. *Forestry Chronicle*. 8(6): 724-730.

Stern J. 2017. Challenges to the future of gas: Unburnable or unaffordable? OIES paper NG125. Oxford institute for Energy Studies.

- Stern N. 2007. *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge University Press: Cambridge. Cambridge: The Stern Review, Cambridge University Press.
- Stringer LC, Dougill AJ, Dyer JC, Vincent K, Fritzsche F, Leventon J, Falcao MP, Manyakaidze P, Syampungani S, Powell P, Kalaba G. (2014). Advancing climate compatible development: Lessons from southern Africa. *Regional Environmental Change* 14(2): 713–725. <https://doi.org/10.1007/s10113-013-0533-4>.
- 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, et al. 2013. Ground water and climate change. *Nature Climate Change*. 3: 322–329. doi: 10.1038/nclimate1744.
- Teshome DT, Zharare GE, Naidoo S. 2020. The threat of the combined effect of biotic and abiotic stress factors in forestry under a changing climate. *Frontiers in Plant Science*. 11. DOI=10.3389/fpls.2020.601009.
- 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.
- 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. 2011/2. Available at: [i2560e05.pdf \(fao.org\)](http://i2560e05.pdf(fao.org)).
- Thompson P. 1974. The use of seed-banks for conservation of populations of species and ecotypes. *Biological Conservation*. 6: 15-19.
- Thorne S, Kantor K, Hossain I. 2007. *Community based technology solutions: Adapting to climate change*. Cape Town: South North. Available at: http://www.preventionweb.net/files/9545_Community.pdf.
- Thornton PK, Jones PG, Ericksen PJ, Challinor AJ. 2011. Agriculture and food systems in sub-Saharan Africa in a 4 -C+ world. *Philosophical Transactions. A Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 369: 117-136.
- Tidemann EM. 1996. *Watershed Management. Guidelines for Indian Conditions*. New Delhi: Omega Scientific Publishers.
- 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.
- Tittonell 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.

Tiwari BS, Belenghi B, Levine A. 2002. Oxidative stress increased respiration and generation of reactive oxygen species, resulting in ATP depletion, opening of mitochondrial permeability transition, and programmed cell death. *Plant Physiology* 128: 1271–1281.

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.

UK DFID (Department for International Development). 2011. Defining disaster resilience: A DFID approach paper. London: DFID.

UN. 2015. Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. sustainabledevelopment.un.org/A/RES/70/1.

UNCCD. 2020. 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 | UNCCD.

UNDP (United Nations Development Programme). 1999. Human Development Report 1999 – Globalisation with a Human Face. United Nations Development Programme. New York.

UNDP. 2004. Adaptation Policy Frameworks for Climate Change. Cambridge, UK: Cambridge University Press. <http://www.preventionweb.net/files/7995_APF.pdf>.

UNDP. 2006. Human Development Report 2006. Beyond Scarcity: Power, Poverty and the Global Water Crisis. United Nations Development Programme. <http://hdr.undp.org/hdr2006/report.cfm>.

UNDP 2007. Gender Mainstreaming in Practice: A Toolkit, Third Edition, UNDP, Bratislava. Available online at <http://europeandcis.undp.org/gender/show/6D8DE77F-F203-1EE9-B2E5652990E8B4B9>.

UNDP. 2009. Handbook on Planning, Monitoring and Evaluating for Development Results. UNDP. New York USA.

UNDP 2010a. Gender, Climate Change and Community-Based Adaptation. A Guidebook for Designing and Implementing Gender-Sensitive Community Based Adaptation Programmes and Projects, United Nations Development Programme (UNDP), New York, NY, USA, 69 p.

UNDP. 2010b. Designing Climate Change Adaptation Initiatives: A UNDP Toolkit for Practitioners. UNDP. USA.

UNDP. 2016. Climate Information and 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. Bangkok.

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. Available at: www.unpei.org.

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 \(unclearn.org\)](#).
- UNECA. 2011. (United Nations Economic Commission for Africa) African Climate Policy Centre. 2011. Climate Change and Health Across Africa: Issues and Options. Working Paper 20. 48 p.
- UNEP. 2012. Briefing Climate Change Challenges for Africa: Evidence from Selected EU-Funded Research Projects. Nairobi: UNEP.
- UNEP. 2014. The Adaptation Gap Report 2014. United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi, Kenya.
- UNEP. 2016. Zoonoses: blurred lines of emergent disease and ecosystem health. In UNEP Frontiers 2016 Report – Emerging Issues of Environmental Concern. pp. 18–30. Nairobi, Kenya.
- UNEP. 2020a. Six nature facts related to coronaviruses [online]. 8 April. Available at: www.unenvironment.org/news-and-stories/story/six-nature-facts-related-coronaviruses.
- UNEP. 2020b. Emissions Gap Report.
- UNDRR. 2009. UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction. United Nations.
- UNFCCC. 2007. Climate change: impacts, vulnerability. In: Climate Change: Impacts, Vulnerabilities and Adaptation in Developing Countries. United Nations Framework Convention on Climate Change.
- UNFCCC. 2010. Report of the Conference of the Parties on its Sixteenth Session, held at Cancun from 29 November to 10 December 2010, Addendum, Part Two: Action Taken by the Conference of the Parties.
- UNFCCC. 2011. Reducing Vulnerability to Climate Change, Climate Variability and Extremes, Land Degradation and Loss of Biodiversity: Environmental and Developmental Challenges and Opportunities. FCCC/GEN/261 E, UNFCCC: Bonn, Germany. Available at <http://unfccc.int/resource/docs/publications/ldc_reducingvulnerability.pdf>.
- 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. 2014a. Background Paper for the UNFCCC Technology Executive Committee (TEC) Workshop on Technologies for Adaptation. Bonn, Germany, 4 March 2014.
- UNFCCC. 2014b. 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. 2015a. Paris Agreement. Available at: https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf.
- UNFCCC. 2015b. Best Practices and Lessons Learned in Addressing Adaptation in the Least Developed Countries. 3. LDC Expert Group.
- UNFCCC. 2016a. Opportunities and Options for Enhancing Adaptation Actions and Supporting their Implementation: Reducing Vulnerability and Mainstreaming Adaptation. Technical paper.
- UNFCCC. 2016b. Paris Agreement, 13 Dec. 2015, in force 4 Nov. 2016, available at: http://unfccc.int/paris_agreement/items/9485.php.

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. 2019a. UN Climate Change Annual Report 2018. Bonn.

UNFCCC. 2019b. Various Approaches to Long-Term Adaptation Planning. Adaptation Committee. Bonn. Available at: [variousapproaches .pdf \(unfccc.int\)](#).

UNFCCC. 2020a. Climate-Related Risks and Extreme Events. . <https://unfccc.int/topics/resilience/resources/climate-related-risks-and-extreme-events>.

UNFCCC. 2020b. Private Sector Initiative – Partners. Available at: Private Sector Initiative - Partners | UNFCCC.

UNFCCC. 2021. Rwanda Green Fund. Available at: Rwanda Green Fund – FONERWA | Rwanda | UNFCCC.

UNFCCC.int 2021. Private Sector Initiative: Showcasing Good Practice. Available at: Private Sector Initiative - Showcasing Good Practice | UNFCCC.

UNFF. 2015. Ministerial Declaration of the High-Level Segment of the Eleventh Session of the United Nations Forum on Forests, International Arrangement on “The Forests We Want: Beyond 2015”. New York. ECOSOC, p. 4. Retrieved September 2020 from <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. 2009. Terminology: Basic Terms of Disaster Risk Reduction. United Nations Office for 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).

United Kingdom (UK). 2008. Climate Change Act.

United Nations Climate Change Secretariat. 2019. Climate Action and Support Trends. Based on National Reports Submitted to the UNFCCC Secretariat under the Current Reporting Framework.

United Nations Task Team on Social Dimensions of Climate Change. 2011. The Social Dimensions of Climate Change Discussion Draft. ILO.

United Nations. 2002. Gender Mainstreaming an Overview. New York.

UNWTO. 2018: UNWTO Tourism Highlights: 2018 Edition. World Tourism Organization, 20 pp., <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. 2010. Community Based Natural Resource Management: Stocktaking Assessment. Malawi Profile. USAID.

USAID. 2015. Evaluation Toolkit. Available at: <https://usaidlearninglab.org/sites/default/mergedpdfs/print-toolkitall.pdf>.

USAID. 2018. ADS Chapter 201 Program Cycle Operational Policy. Available at: <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. OECD/IEA.

van den Berg A. 2017. From green space to green prescriptions: Challenges and opportunities for research and practice. *Frontiers in Psychology*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00268>.

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. International Centre for Research in Agroforestry. Bogor.

van Ruijven BJ, De Cian E, Sue Wing I. 2019. Amplification of future energy demand growth due to climate change. *Nat Communication*. **10**: 2762. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-10399-3>.

Vanwallegghem 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.

Verchot LV, Van Noordwijk M, Kandji S, Tomich T, Chin Ong C, Albrecht A, Jens Mackensen J, Bantilan C, Anupama KV, Palm C. 2007. Climate change: Linking adaptation and mitigation through agroforestry. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. DOI 10.1007/s11027-007-9105-6.

Vernooy R, Sthapit B, Gloria Otieno G, Shrestha P, Gupta A. 2017. The roles of community seed banks in climate change adaption. *Development in Practice*. 27(3): 316-327. DOI: 10.1080/09614524.2017.1294653.

Verplanke JJ, Zahabu E. 2011. A field guide for community forest Carbon monitoring. In: Skutsch M. (Ed.). *Community Forest Monitoring for the Carbon Market: Opportunities under REDD*. pp. 82-93. Earthscan.

Vervoort J, Thornton PK, Kristjanson P, Forch W, Ericksen PJ, Kok K, Ingram JSI, Herrero M, Palazzon A, Helfgott AES, Wikenson A, Havlik P, D'Croz DM, Jost C. 2014. Challenge to scenario-guided adaptive action on food security under climate change. *Global Environmental Change* 28: 383-394.

Vestby J. 2018. Climate, development, and conflict: Learning from the past and mapping uncertainties of the future. <http://urn.nb.no/URN:NBN:no-63672>.

Vij S, Moors E, Bashir A, Md. A, Bhadwal S, Biesbroek R, Giovanna 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 and 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 from: www.seachangeop.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. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2018.04.005>.

Vincent K, Mambo J. 2017. Building on the Links between Climate Change Adaptation and Disaster Risk Reduction. CSIR.

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 Biology*. 24: 3390–3400. <https://doi.org/10.1111/gcb.14158>.

Walker B, Salt D. 2006. Resilience Thinking: Sustaining Ecosystems and People in a Changing World. Washington, DC: Island Press.

Walker B. 1995. Conserving biological diversity through ecosystem resilience. *Conservation Biology*. 9: 747-752.

Walker WE, Harremoës P, Rotmans J, et al. 2003. Defining uncertainty: A conceptual basis for uncertainty management in model-based decision support. *Integrated Assessment*. 4. <https://doi.org/10.1076/iaij.4.1.5.16466>.

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>.

Wardlaw T, Bashford D. 2007. The Effectiveness of Thinning Eucalypts in Reducing Losses from Stem-boring Insects and Fungal Rots. IFA – WA Division.

Warfield C. 2008. The disaster management cycle. http://www.gdrc.org/uem/disasters/1-dm_cycle.html. Accessed December 2021.

Wassie, S.B. 2020. Natural resource degradation tendencies in Ethiopia: a review. *Environmental System Research*. 9: 33. <https://doi.org/10.1186/s40068-020-00194-1>.

Watson HK. 2009. Potential impacts of EU policies on sustainable development in southern Africa. *Studia Diplomatica*. LXII(4): 85-102.

WBCSD. 2015. WBCSD (World Business Council for Sustainable Development). Land Degradation Neutrality. A Business Perspective.

Weitzman M. 2007. A review of the Stern Review on economics of climate change. *Journal of Economic Literature*. 45: 703-724.

West-Eberhard MJ. 2008. Phenotypic plasticity. In: Jørgensen SE, Fath BD. (Eds). *Encyclopedia of Ecology*. (Amsterdam: Elsevier), 2701–2707. doi: 10.1016/B978-008045405-4.00837-5.

WFP. 2019. R4 Rural Resilience Initiative. Annual Report. WFP.

WHO. 2004. Using Climate to Predict Infectious Disease Outbreaks: A Review. © World Health Organization 2004. 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. *Environmental Research Letters*. 3: 1–11.

Williams A. 2016. Options for Results Monitoring and Evaluation for Resilience-building Operations. The World Bank.

- Winterbottom R. 2014. Restoration: It's About More than Just the Trees. WRI.
- Wojewska AN, Singh C, Hansen CP. 2021. A policy tool for monitoring and evaluation of participation in adaptation projects. *Climate Risk Management*. 33. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2021.100326>.
- World Bank and the International Energy Agency. 2017. Sustainable Energy for all Global Tracking Framework Progress Toward Sustainable Energy. International Bank for Reconstruction and Development. Washington DC.
- World Bank. 2012. World Development Report 2012. Gender Equality and Development. World Bank. 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 Bank. 2020. Tracking SDG 7. The Energy Progress Report 2020. International Bank for Reconstruction and Development. Washington DC.
- World Social Report. 2020. Chapter 3. Climate Change: Exacerbating Poverty and Inequality. 81-106.
- 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 \(wri.org\)](#).
- WRI. 2014. Atlas of Forest and Landscape Restoration Opportunities. Available at: Atlas of Forest and Landscape Restoration Opportunities. World Resources Institute (wri.org).
- Wu Q, Cheng G, Ma W, Liu Y. 2008. Railway construction techniques adapting to climate warming in Permafrost Regions. *Advanced Climate Change Research*. 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 Agricultural Economics*. 69(2): 458–475.
- Wullschlegel SD, Tschaplinski TJ, Norby RJ. 2002. Plant water relations at elevated CO₂—implications for water-limited environments. *Plant Cell and Environment*. 25: 319–331. doi: 10.1046/j.1365-3040.2002.00796.x.
- Wunder S. 2005. Payments for Environmental Services: Some Nuts and Bolts. CIFOR, Bogor, Indonesia.
- Yadav NV, Sharma S. 2016. Reactive Oxygen species, oxidative stress and ROS scavenging system in plants. *Biology*.
- Yan H, Zhan J, Zhang T. 2011. Resilience of forest ecosystems and its influencing factors. 3rd International Conference on Environmental Science and Information Application Technology (ESIAT 2011) (pp. 2201-2206). *Procedia Environmental Sciences*. 10.
- Yohe G, Tol R. 2002. Indicators for social and economic coping capacity—moving toward a working definition of adaptive capacity. *Global Environmental Change*. 12: 2540.
- Yomo M, Villamor GB, Aziadekey M, Olorunfemi F, Mourad, KA. 2020. Climate change adaptation in Semi-Arid Ecosystems: A case study from Ghana. *Climate Risk Management*. 27. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2019.100206>.
- Yosef BA, Asmamaw D K. 2015. Rainwater harvesting: An option for dry land agriculture in arid and semi-arid Ethiopia. *International Journal of Water Resources and Environmental Engineering*. 7(2): 17-28.
- 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.

You J, Chan Z. 2015. ROS Regulation during abiotic stress responses in crop plants. *Frontiers in Plant Science*. 6: 1664-462X.

Zari MP, Mainguy G. 2014. Ecosystem Services Analysis in Response to Biodiversity Loss Caused by the Built Environment. *S.A.P.I.E.N.S.* 7.1. <http://journals.openedition.org/sapiens/1684>.

Zhang X. 2015. Conjunctive surface water and groundwater management under climate change. *Frontiers in Environmental Science* 3. 59p DOI=10.3389/fenvs.2015.00059.

Zimbabwe Forestry Commission. (n.d). Tree breeding. Available at: [Tree Breeding – Forestry Commission](#).

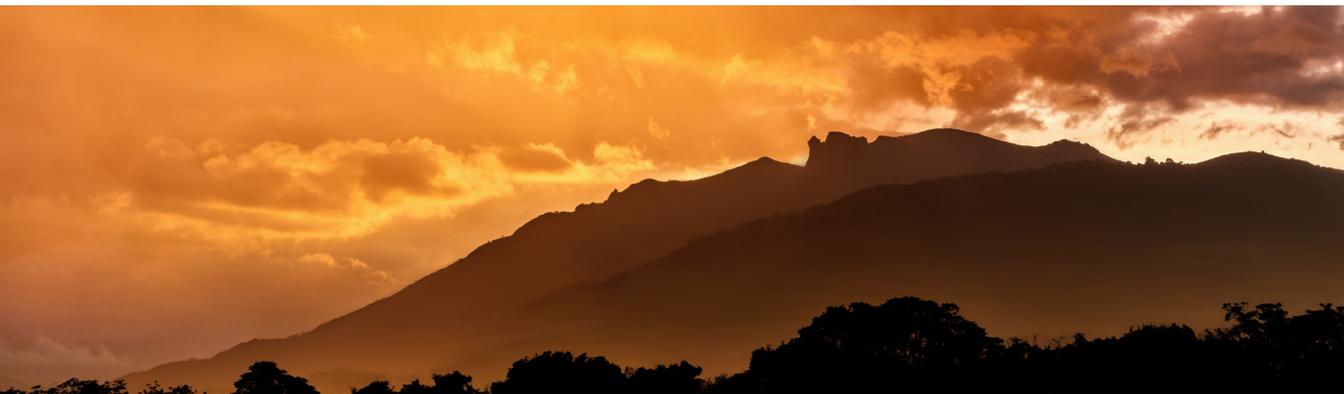
Zhu C, Kobayashi K, Loladze I, Zhu J, Jiang Q, Xu A, et al. 2018. Carbon dioxide (CO₂) levels this century will alter the protein, micronutrients, and vitamin content of rice grains with potential health consequences for the poorest rice-dependent countries. *Science Advances*. 2018: 4:eaq1012. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aag>.

Ziska LH, Wallace RD, Barger CT, LaForest JA, Garrett RA, Choudhury KA, Vega FE. 2018. Climate change, Carbon dioxide, and pest biology, managing the future: Coffee as a case study. *Agronomy*. 8(8): 152; <https://doi.org/10.3390/agronomy8080152>.



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

