Forum forestier africain

Une plateforme pour les acteurs du secteur forestier africain

Science de base du changement climatique

UN RECUEIL DE COURS POUR LES FORMATIONS DE COURTE DUREE DANS LE SECTEUR FORESTIER EN AFRIQUE

03

Forum forestier africain
Une plateforme pour les acteurs du secteur forestier africain

Science de base du changement climatique

UN COMPENDIUM POUR LES FORMATIONS DE COURTE DUREE EN FORESTERIE AFRICAINE

Citation correcte : Forum forestier africain 2019. Science de base du changement climatique: un compendium pour la formation professionnelle en foresterie africaine.

© Forum forestier africain 2019. Tous droits réservés. Forum forestier africain

United Nations Avenue, Gigiri
BP.30677-00100
Nairobi, Kenya

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

Photos de la couverture : Un affluent du fleuve Zio au nord du Togo (à gauche), défrichement pour l'agriculture au Bénin (au milieu), plantation privée de Gmelina arborea au Bénin (à droite).
Crédit : Sognigbé N'Danikou et Dèdéou A. Tchokponhoué

Photo de la couverture arrière : Le lit de la rivière Zio à Alokoegbé-kpota dans le Sud du Togo.
Crédit : Dèdéou A. Tchokponhoué

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 v
Résumé exécutif xi
Chapitre 1 : Les bases du changement climatique 1
1.1 Aperçu du chapitre 1
1.2 Météo et climat 1
1.2.1 Définition de la météo et du climat 1
1.2.2 Éléments de la météo/climat 2
1.3 Concepts de base du changement climatique 4
1.3.1 Changements météorologiques et climatiques
1.3.2 Variabilité et changement climatique
1.4 Le réchauffement climatique et ses effets 7
1.4.1 Réchauffement climatique et gaz à effet de serre 7
1.4.2 Sources de gaz à effet de serre 10
Références 13
Chapitre 2 : Les causes du changement climatique 14
2.1 Aperçu du chapitre 14
2.2 Moteurs externes des causes naturelles du changement climatique 15
2.2.1 Introduction 15
2.2.2 Variations régulières de l'orbite de la Terre autour du Soleil 15
2.2.3 Variations de la puissance solaire thermique 15
2.2.4 Niveaux de fluctuation des activités magnétiques solaires 17
2.2.5 Rôle des objets extraterrestres 17
2.3 Moteurs internes des causes naturelles du changement climatique 19
2.3.1 Introduction 19
2.3.2 Éruptions volcaniques, tremblements de terre, tectonique des plaques 19
2.3.3 L'albédo de la Terre 19
2.3.4 Feux de forêt 20
2.4 Les causes anthropiques du changement climatique 21
2.4.1 Utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (UTCATF) 21
2.4.2 Déforestation et dégradation des forêts 22
2.3.4 Urbanisation et peuplement 23
2.4.4 Utilisation de combustibles fossiles 23
2.4.5 Agriculture 23
Références 26
Chapitre 3 : Changement climatique et écosystèmes 27
3.1 Aperçu du chapitre 27
3.2.1 Fonctionnement 28
3.3 Perturbation des écosystèmes sous l'effet du changement climatique 29
3.3.1 Effets du changement climatique sur les écosystèmes forestiers et aquatiques 29
3.4 Pollution de l'air, du sol et de l'eau 30
3.4.1 Pollution atmosphérique 30
3.4.2 La pollution des sols par l'agriculture moderne, les activités industrielles et minières 30
3.4.3 Pollution des eaux continentales et océaniques 30
3.5 Indicateurs de perturbation des écosystèmes 31
3.5.1 Indicateurs liés au climat 31

3.5.2 Indicateurs relatifs au couvert végétal et à la qualité de l'air 31
3.5.3 Indicateurs liés au sol 31
3.5.4 Indicateurs liés à la qualité de l'eau 31
3.5.5 Indicateurs liés aux rendements agricoles 32
3.6 Défis et opportunités du changement climatique sur les écosystèmes 33
3.6.1 Défis 33
3.6.2 Opportunités 36
Références 39
4.1 Aperçu du chapitre 40
4.2 Le concept de vulnérabilité 41
4.3 Approches de l'évaluation de la vulnérabilité 43
4.3.1 Évaluation socio-économique 43
4.3.2 Évaluation écologique 43
4.4 Gestion des risques liés au changement climatique 45
4.4.1 Réduction des risques de catastrophes 45
4.4.2 Mécanismes d'adaptation 46
4.4.3 Stratégies d'adaptation 46
Références 48
Chapitre 5 : Conventions des Nations unies sur l'environnement
5.1 Aperçu du chapitre 48
5.2.1 Contexte
5.2.2 Définitions des concepts 5.2....Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC) 50
5.2.2 Définitions des concepts 50
5.2.3 Les objectifs de la convention 51
5.2.4 Principes 51
5.2.5 Engagements 51
5.2.6 Mécanismes de mise en œuvre 52
5.2.7 Bonnes pratiques en matière de lutte contre le changement climatique 52
5.2.8 Mécanismes de mise en œuvre 53
5.2.9 Bonnes pratiques de lutte contre le changement climatique 54
5.3 Changement climatique et développement durable 55
5.3.1 Négociations sur le climat 55
5.3.2 Atténuation à différentes échelles 56
5.3.3 Adaptation à différentes échelles 57
5.3.4 Mécanismes de flexibilité à différentes échelles 57
5.4 Convention-cadre des Nations Unies sur la conservation de la diversité biologique (CNUDB) 58
5.4.1 Définition des concepts 58
5.4.2 Objectifs 59
5.4.3 Principes 59
5.4.4 Mécanismes de mise en œuvre 59
5.4.5 Bonnes pratiques pour la conservation de la biodiversité 59
5.5 Convention-cadre des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD) 61
5.5.1 Définition des concepts 61
5.5.2 Objectives 62
5.5.3 Principes 62
5.5.4 Engagements 62
5.5.5 Mécanismes de mise en œuvre 63
5.5.6 Bonnes pratiques pour la gestion durable des terres (GDT) 63
Principaux auteurs 68
Liste des autres contributeurs 68

Abréviations et acronymes

CC	Changement climatique
CCNUCC	Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques
CFCs	Chlorofluorocarbones
CH4	Méthane
CO2	Dioxyde de carbone
DBO	Demande biochimique en oxygène
DCO	Demande chimique en oxygène
AFF	Forum Forestier Africain
GDF	Gestion Durable des Forêts
GES	Gaz de serre
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
HFC	Hydrofluorocarbones
N2O	Oxyde nitreux
OMM	Organisation météorologique mondiale
RRC	Réduction des risques de catastrophes

Remerciements

Ce compendium a été élaboré dans le cadre d'un processus organique qui a initialement conduit à la mise au point de «modules de formation sur l'adaptation aux changements climatiques liés aux forêts, l'atténuation de leurs effets, le commerce du carbone et le paiement d'autres services environnementaux». Ils ont été élaborés pour la formation professionnelle et technique, et pour des formations de courte durée dans les pays d'Afrique subsaharienne. Le compendium fournit le texte nécessaire à une prestation efficace de la formation envisagée dans les modules de formation ; en d'autres termes, il est structuré en fonction des modules de formation. Dans ce contexte, de nombreuses personnes et institutions, y compris celles du gouvernement, de la société civile, du monde universitaire, de la recherche, des affaires, du secteur privé et d'autres communautés, ont contribué de diverses manières au processus qui a abouti à l'élaboration du compendium. Nous tenons à remercier collectivement toutes ces personnes et institutions pour leurs précieuses contributions, étant donné qu'il est difficile, dans un texte aussi court, de les mentionner individuellement.

Nous apprécions également le soutien financier reçu du gouvernement Suisse par le biais de l'Agence Suisse de Développement et de Coopération (SDC) pour la mise en œuvre d'un projet de AFF sur les forêts africaines, peuples et changement climatique, qui a généré une grande partie des informations qui ont servi de base à la rédaction de ce compendium. Le Forum est également redevable à l'Agence Suédoise de Coopération pour le Développement Internationale (ASDI) pour son soutien à un autre projet du Forum sur le « Renforcement de la gestion durable des forêts en Afrique " qui a également fourni des contributions pour le développement des compendiums, en plus d'aider à faciliter la participation de divers contributeurs à ce compendium. Les questions traitées par les deux projets montrent l'intérêt des populations suisse et suédoise pour la foresterie africaine et le changement climatique.

Nous sommes également reconnaissants envers les principaux auteurs, les contributeurs mentionnés dans ce compendium et l'expert pédagogique, ainsi que les relecteurs des différentes versions du compendium.

Nous espérons que le compendium contribuera à une méthode plus organisée et systématique de dispenser la formation dans ce domaine, et éventuellement à une meilleure gestion des forêts africaines et des arbres hors forêts.

Préface

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

Les forêts et arbres hors des forêts en Afrique sont affectés de plusieurs façons par le changement climatique et influent à leur tour sur le climat. Par conséquent, ces forêts et arbres deviennent de plus en plus stratégiques dans la lutte contre le changement climatique. La grande diversité des types et conditions des forêts en Afrique est à la fois la force et la faiblesse du continent dans la conception de réponses optimales au changement climatique basées sur les forêts. A cet égard, étant donné le rôle des forêts et des arbres dans le développement socio-économique et la protection de l'environnement, les mesures prises pour faire face au changement climatique en Afrique doivent simultanément améliorer les moyens de subsistance des populations tributaires des forêts et la qualité de l'environnement. Il est donc nécessaire pour l'Afrique de comprendre comment le changement climatique affecte les relations entre l'alimentation, l'agriculture, l'utilisation et les sources d'énergie, les ressources naturelles (y compris les forêts et les zones boisées) et les populations en Afrique, et dans le contexte des politiques macro-économiques et des systèmes politiques qui définissent l'environnement dans lequel elles opèrent toutes. Bien que cela soit extrêmement complexe, il est essentiel de comprendre comment le changement climatique affecte ces interrelations pour pouvoir influencer le processus, le rythme, l'ampleur et la direction du développement nécessaire pour améliorer le bien-être des populations et l'environnement dans lequel elles vivent.

Au niveau du secteur forestier, le climat affecte les forêts, mais les forêts affectent aussi le climat. Par exemple, la séquestration du carbone augmente dans les forêts en croissance, un processus qui influence positivement le niveau des gaz à effet de serre dans l'atmosphère, ce qui, en retour, peut réduire le réchauffement de la planète. En d'autres termes, les forêts, en régulant le cycle du carbone, jouent un rôle vital dans le changement et la variabilité climatiques. Par exemple, le rapport spécial du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) de 2018 sur les effets d'un réchauffement climatique de 1,5°C au-dessus des niveaux préindustriels sous-estime l'importance de l'afforestation et du reboisement, de la restauration et de la séquestration du carbone des sols dans l'élimination du dioxyde de carbone. Plus précisément, dans les voies limitant le réchauffement de la planète à 1,5°C, l'agriculture, la foresterie et l'utilisation des terres (AFOLU) sont projetées avec un niveau de certitude moyen pour éliminer 0-5, 1-11 et 1-5 $GtCO_2$/an en 2030, 2050 et 2100, respectivement. Il y a également les co-bénéfices associés aux mesures d'élimination du dioxyde de carbone liées au secteur AFOLU, telles que l'amélioration de la biodiversité, de la qualité des sols et de la sécurité alimentaire locale. Le climat, par contre, affecte la fonction et la structure des forêts. Il est important de bien comprendre la dynamique de cette interaction pour être en mesure de concevoir et de 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 disponibles sous la forme d'un livre traitant du changement climatique dans le contexte des forêts, des arbres et des ressources fauniques en Afrique. Ce travail, qui a été financé par l'Agence Suédoise de Coopération et de Développement Internationale (ASDI), a fait ressortir des lacunes considérables dans la compréhension qu'a l'Afrique du changement climatique dans le secteur

forestier, dans la manière de relever les défis et saisir les opportunités y afférentes et dans la capacité à le faire.

La contrainte la plus flagrante à laquelle l'Afrique doit faire face pour répondre au changement climatique a été identifiée comme étant le manque de moyens pour y parvenir. L'AFF reconnaît que l'établissement et l'opérationnalisation des capacités humaines sont essentiels pour une approche de solution efficace aux diverses questions liées au changement climatique, ainsi que pour améliorer la qualité du transfert de connaissances. Par exemple, les Organisations de la Société Civile, les agents de vulgarisation et les communautés locales sont des parties prenantes dans la mise en œuvre des activités d'adaptation et d'atténuation implicites dans de nombreuses stratégies de lutte contre le changement climatique. En outre, 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 touchées par les effets néfastes du changement climatique. Il est donc crucial que tous les niveaux de la société soient conscients des mécanismes de réduction de la pauvreté à travers 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 est l'une des approches logiques à cet égard. De même, le personnel professionnel et technique en foresterie et dans les domaines connexes devrait avoir des connaissances et des compétences dans ces secteurs d'activités relativement nouveaux.

C'est sur cette base que le Forum a organisé un atelier sur le renforcement des capacités et le développement des compétences en matière d'adaptation au changement climatique basée sur les forêts et d'atténuation de leurs effets à Nairobi (Kenya) en novembre 2012, qui a réuni des participants de certaines institutions universitaires, de recherche et de la société civile, ainsi que du secteur privé. L'atelier a identifié les besoins de formation sur le changement climatique pour les institutions d'enseignement et de recherche dans le domaine de la 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 aussi le secteur privé sur ces questions. Les besoins de formation recensés au cours de l'atelier ont porté sur quatre domaines principaux, à savoir la Science de 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 élaborer des modules de formation professionnelle et technique, ainsi que des cours de courte durée pour les agents de vulgarisation et les groupes de la société civile. L'élaboration des modules de formation a impliqué la participation de 115 scientifiques venant de toute l'Afrique. Les modules de formation donnent des indications sur la façon dont la formation pourrait être organisée mais ne contiennent pas le texte nécessaire pour la 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 rassemblé 50 scientifiques africains pour élaborer le texte requis, sous forme de compendium, et de manière pédagogique. Ces travaux ont été financés en grande partie par l'Agence Suisse de Développement et de Coopération (SDC) et avec une certaine contribution de l'Agence Suédoise de Coopération et de Développement Internationale (ASDI). Au cours de cette période, huit compendiums ont été élaborés, à savoir :

1. La science de base du changement climatique : un compendium pour la formation professionnelle en foresterie africaine ;
2. La science de base du changement climatique : un compendium pour la formation technique en foresterie africaine ;
3. La science de base du changement climatique : un compendium pour les formations de courte durée en foresterie africaine ;

4. Marchés et commerce du carbone : un compendium pour la formation technique en foresterie africaine ;
5. Marchés et commerce du carbone : un compendium pour la formation professionnelle en foresterie africaine ;
6. Marchés et commerce du carbone : un compendium pour les formations de courte durée en foresterie africaine ;
7. Dialogues, processus et mécanismes internationaux sur le changement climatique : compendium pour la formation professionnelle et technique en foresterie africaine ;
8. Modélisation du climat et élaboration des scénarios : un compendium pour la formation professionnelle en foresterie africaine.

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 « pour renforcer les capacités de 574 formateurs de 16 pays africains sur l'évaluation rapide du carbone forestier (RaCSA), l'élaboration d'une note d'idée de projet (NIP) et d'un document descriptif de projet (DDP), l'exposition au commerce et aux marchés du carbone forestier, et le financement du carbone, entre autres. Les pays qui ont bénéficié de la formation sont : l'Éthiopie (35), la Zambie (21), le Niger (34), la Tanzanie (29), le Soudan (34), le Zimbabwe (30), le Kenya (54), le Burkina Faso (35), le Togo (33), le Nigeria (52), Madagascar (42), le Swaziland (30), la Guinée Conakry (40), la Côte d'Ivoire (31), la Sierra Leone (35) et le Liberia (39). En outre, le même module a été utilisé pour doter les petites et moyennes entreprises (PME) africaines, œuvrant dans le domaine forestier, de compétences et de connaissances sur la manière de développer et de s'engager dans le commerce du carbone forestier. A cet égard, 63 formateurs de formateurs issus des pays africains ci-après ont été formés sur le RaCSA: l'Afrique du Sud, le Lesotho, le Swaziland, le Malawi, l'Angola, la Zambie, le Zimbabwe, le Mozambique, la Tanzanie, l'Ouganda, le Kenya, l'Éthiopie, le Soudan, le Ghana, le Liberia, le Niger, le Nigeria, la Gambie, Madagascar, la République démocratique du Congo, le Cameroun, la Côte d'Ivoire, le Burkina Faso, le Gabon, la République du Congo, le Tchad, la Guinée Conakry, le Sénégal, le Mali, la Mauritanie, le Togo et le Bénin.

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

L'élaboration des compendiums est donc un processus évolutif qui a vu le renforcement progressif des capacités de nombreux scientifiques africains par l'élaboration des matériels d'enseignement et de formation pour leurs institutions et le grand public. D'une certaine manière, cela a suscité l'intérêt de la fraternité forestière africaine pour renforcer progressivement la capacité d'élaborer de tels textes et éventuellement des livres dans des domaines d'intérêt pour le continent, comme moyen de compléter les informations autrement disponibles auprès de diverses sources, avec pour 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 la large utilisation de ces compendiums, non seulement à des fins d'éducation et de formation mais aussi pour accroître la compréhension des aspects du changement climatique dans la foresterie africaine par le grand public.

Macarthy Oyebo

Président du Conseil d'administration de l'AFF

Godwin Kowero

Secrétaire exécutif de l'AFF

Résumé exécutif

Vue d'ensemble

La science du changement climatique étudie la façon dont le climat de la Terre a changé au fil des ans et les causes ainsi que les changements futurs possibles qui pourraient résulter de l'interférence humaine avec le système climatique. Il est plus urgent que jamais de comprendre comment le climat influence la société et comment les humains influent sur le climat. Les informations et les connaissances générées et fournies par la science du changement climatique constituent la base de l'élaboration des politiques et des accords. La nature transversale des problèmes exige l'engagement de tous à tous les niveaux. Il est donc important d'avoir une certaine compréhension de la science de base du changement climatique afin d'apprécier la gravité du problème qu'il pose et de trouver des solutions durables en entreprenant des actions de prévention climatique appropriées.

Le premier chapitre de ce module explore la science du changement climatique. Il s'agit de décrire les concepts de météo et de climat en les définissant et en les différenciant clairement. Les éléments de la météo et du climat sont également bien analysés. La différence entre le concept de variabilité climatique et celui de changement climatique est également abordée en détail. De plus, les types, les sources et les effets des GES sont abordés.

Le deuxième chapitre traite des causes du changement climatique. Les facteurs du changement climatique, qu'ils soient naturels ou induits par l'homme, sont décrits en détail. Sous la rubrique des facteurs naturels, les aspects des éruptions volcaniques et des incendies de forêt sont abordés. Sous la rubrique des facteurs anthropiques, les changements d'utilisation des terres, l'utilisation de combustibles fossiles et aussi l'urbanisation sont abordés.

Le troisième chapitre examine le changement climatique et l'écosystème. Les perturbations des écosystèmes dans le cadre du changement climatique sont abordées. Divers indicateurs des perturbations de l'écosystème sont expliqués, ainsi que les défis et les opportunités du changement climatique sur l'écosystème.

Le quatrième chapitre porte sur la vulnérabilité au changement climatique et à ses effets. Diverses approches d'évaluation de la vulnérabilité sont examinées et il ressort clairement de ce chapitre qu'il faut déterminer l'ampleur de la vulnérabilité, à l'aide d'évaluations socio-économiques ou écologiques.

Le cinquième chapitre, enfin, traite des différentes conventions de l'ONU sur l'environnement. Il est important de noter que ces conventions jouent un rôle important pour garantir que l'environnement est bien entretenu et protégé contre les actions induites par l'homme. Elles sont normalement ouvertes à la participation de la communauté internationale dans son ensemble ou d'un grand nombre d'États.

Ce compendium couvre les cinq chapitres suivants :

- Les bases du changement climatique
- Les causes du changement climatique
- Le changement climatique et les écosystèmes
- La vulnérabilité et l'impact du changement climatique
- Les conventions des Nations Unies sur l'environnement

Les cinq chapitres sont présentés ci-dessous. Un exemple de matrice de mise en œuvre se trouve à l'annexe 1 (Tableaux 3 et 4).

But

L'objectif de ce module est de permettre aux apprenants d'acquérir des connaissances sur la science de base du climat, ses implications pour la société et l'environnement, y compris les conventions visant à relever certains des défis en matière de développement.

Résultats d'apprentissage attendus

A la fin de ce module, les apprenants devraient être capables de :

- comprendre les terminologies de base utilisées dans le domaine du changement climatique ;
- comprendre les causes et les impacts du changement climatique ;
- apprécier le rôle du climat sur les écosystèmes ;
- expliquer le rôle des différentes conventions internationales sur le climat et l'environnement ;
- contribuer à la conception et à la mise en œuvre des politiques et stratégies nationales de développement ; et
- intégrer le changement climatique dans les plans de développement locaux.

Chapitre 1 : Les bases du changement climatique

1.1 Aperçu du chapitre

Ce chapitre présente les concepts de base du climat, du changement climatique et de la variabilité du climat. Il explore la science, les causes et les impacts du changement climatique. Il examine les liens entre les émissions de GES et le changement climatique, analyse les opportunités et les défis associés au changement climatique et donne des détails sur le concept d'écosystème, sa définition et son fonctionnement, et les perturbations causées par le changement climatique. Le chapitre aborde également les aspects de la pollution de l'atmosphère, du sol et de l'eau, et les indicateurs de perturbation. Avant cela, quelques définitions fondamentales que vous devez connaître sont introduites.

Résultats d'apprentissage attendus

A la fin de ce chapitre, les apprenants devraient être en mesure de

- énoncer les concepts de base du changement climatique ;
- faire la distinction entre le changement climatique et la variabilité du climat ;
- identifier les causes du changement climatique ;
- explorer les défis et les opportunités découlant du changement climatique
- fournir des outils de base sur la perturbation des écosystèmes dans le contexte du changement climatique.

1.2 Météo et climat

Objectifs

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

- expliquer la différence entre la météo et le climat ;
- recueillir et interpréter les données météorologiques locales ; et,
- expliquer la raison pour laquelle les mesures météorologiques quotidiennes sont très variables par rapport aux données climatiques à long terme.

1.1.1 Définition de la météo et du climat

Nous confondons souvent la météo et le climat. En général, la météo peut être utilisée pour identifier la différence entre eux. La météo est l'état de l'atmosphère d'un lieu donné à un moment précis par rapport aux variables météorologiques à court terme, qui peuvent être de quelques minutes à quelques semaines. Ces variables comprennent la température, la pression atmosphérique, le vent, l'énergie solaire, l'humidité, les précipitations, la nébulosité et le vent. On peut aussi la décrire comme étant la température et les précipitations quotidiennes. Le climat, par contre, est le terme qui désigne la moyenne des conditions atmosphériques sur de longues périodes. Selon l'OMM, le climat est la moyenne à long

terme des conditions météorologiques d'une région (généralement prise sur une période de plus de 30 ans). Comme on le dit, le climat est ce à quoi l'on s'attend, mais la météo est ce que l'on obtient. Le tableau 1 met en évidence cette différence.

Tableau 1 : Différences entre la météo et le climat

Météo	Climat
C'est une condition atmosphérique	C'est une condition atmosphérique moyenne
Elle peut changer rapidement, même en moins d'une heure	Il se maintient sur une période de 30 ans, telle que définie par l'OMM
Elle prévaut sur une petite zone	Il prévaut sur une grande région
Elle a une prévisibilité limitée	Il est presque constant
Elle dépend principalement de la température, de la végétation, des différences de température et de l'humidité	Il dépend de la latitude, de l'altitude, de la distance aux plans d'eau ; influence / influencé par le couvert végétal et d'autres facteurs géographiques (vallées, montagnes et collines).

La météo est contrôlée par l'instabilité de l'atmosphère résultant des différences de réchauffement solaire causées par la rotation de la Terre et des différentes capacités d'absorption de chaleur du système terre-atmosphère. L'air est alors en mouvement et c'est ce qui transporte l'énergie entre les régions polaires et les tropiques. La poussière et le pollen présents dans l'atmosphère peuvent se combiner avec la vapeur d'eau pour former des précipitations si les conditions sont favorables. Le climat, par contre, dépend à la fois de la latitude et de l'altitude. Cela est principalement dû à la quantité de chaleur solaire reçue, qui varie en fonction de la latitude. Toutefois, des localités situées à la même latitude peuvent avoir des climats différents en fonction de plusieurs facteurs, tels que la proximité de l'océan ou d'un grand plan d'eau, la végétation et l'altitude.

Important à noter

1. Ce n'est pas le climat qui fait la météo, mais la météo qui fait le climat.
2. La météo change rapidement mais le climat change progressivement.

1.1.2 Éléments de la météo/climat

Il y a de nombreuses composantes de la météo, notamment le soleil, la pluie, la couverture nuageuse, le vent, la grêle, la neige, le grésil, la pluie verglaçante, les inondations, les blizzards, les tempêtes de verglas, les orages, les pluies constantes provenant d'un front froid ou d'un front chaud, la chaleur excessive, les vagues de chaleur, etc.

Lorsque les scientifiques analysent le climat, ils examinent les moyennes des précipitations, de la température, de l'humidité, de l'ensoleillement, de la vitesse du vent, des phénomènes tels que le brouillard, le gel et les tempêtes de grêle, et d'autres mesures du temps qui se produisent sur une longue période dans une localité particulière. Certains de ces éléments comprennent la température, l'humidité, les précipitations, la pression atmosphérique, le vent, le rayonnement solaire et sont brièvement mis en évidence ci-dessous.

- **La température** est le degré de chaleur ou de froid de l'atmosphère, c'est-à-dire le nombre de degrés Celsius au-dessus ou au-dessous du point de congélation (zéro degré). Nous utilisons des thermomètres pour mesurer la température. Les thermomètres utilisent diverses propriétés physiques telles que la dilatation thermique des gaz, des liquides ou des solides pour déterminer la température actuelle. Les deux parties importantes d'un thermomètre sont : le capteur dans lequel un certain changement physique se produit avec la température, plus certains moyens de convertir ce changement physique en une valeur numérique (par exemple l'échelle visible dans le thermomètre en verre).
- **L'humidité** est la quantité de vapeur d'eau dans l'atmosphère. Les hygromètres sont utilisés pour détecter et mesurer l'humidité. Il existe plusieurs types d'hygromètres (à bobine, à tension de cheveux, capacitifs, résistifs, etc.), dont le fonctionnement est basé sur différents principes.
- **Les précipitations** font référence à l'eau (sous forme gazeuse, liquide ou solide) qui tombe de l'air au sol. Les formes de précipitations comprennent la neige, la grêle, le grésil, la bruine, le brouillard, la brume et la pluie. Dans le cas de la pluie, nous pouvons utiliser un pluviomètre pour mesurer les précipitations qui sont tombées dans un intervalle de temps donné. Habituellement, un pluviomètre fait partie intégrante de chaque station météorologique. Il est utilisé en météorologie comme un outil supplémentaire de la prévision de la météo et en climatologie pour la détermination de la situation à long terme des précipitations. Les quantités de pluie accumulées dans le pluviomètre sont lues soit manuellement, soit par une station météorologique automatique (SMA). Dans le cas de la neige ou de la glace, nous pouvons utiliser un manomètre.
- **La pression atmosphérique** est le poids de l'air exercé sur la surface de la terre. On peut utiliser un baromètre pour le mesurer. Les changements de pression atmosphérique sont souvent dus à la montée de l'air chaud et à la descente de l'air froid.
- **Le vent** fait référence au mouvement de l'air des zones de haute pression vers celles de basse pression. Il se caractérise par sa vitesse et sa direction. On peut utiliser des anémomètres pour déterminer la vitesse du vent. Ils peuvent également être utilisés pour mesurer la vitesse et la direction du vent. Dans la plupart des cas, une girouette est associée à la mesure de la direction du vent. Nous pouvons aussi utiliser des appareils plus avancés comme le profileur de vent qui utilise un radar ou des ondes sonores (SODAR) pour déterminer la vitesse et la direction du vent à diverses altitudes au-dessus du sol.
- **Le rayonnement solaire** est l'énergie rayonnante émise par le soleil, en particulier l'énergie électromagnétique. Environ la moitié du rayonnement se trouve dans la partie visible des ondes courtes du spectre électromagnétique. L'autre moitié se trouve principalement dans la partie proche infrarouge, avec une portion dans la partie ultraviolette du spectre. Il existe un certain nombre d'appareils appelés solarimètres qui peuvent être utilisés pour mesurer le rayonnement solaire dans différentes régions du spectre électromagnétique. Nous avons également des capteurs de durée d'ensoleillement appelés radiomètres pour la mesure de la durée d'ensoleillement. L'OMM définit cette période comme étant le temps pendant lequel le rayonnement solaire direct dépasse le niveau de 120 W/m^2.

Afin d'aider les populations à se préparer et à faire face aux impacts négatifs de la météo et du climat, les pays ont mis en place des agences pour surveiller à la fois la météo et le climat - les agences météorologiques nationales ou les services météorologiques nationaux. Ils émettent des alertes, des avertissements et des prévisions de temps en temps. Les prévisions météorologiques et climatiques sont également effectuées par des agences internationales de surveillance comme la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) et la NASA (National Space Agency), entre autres.

1.3 Concepts de base du changement climatique

Objectifs

A la fin de ce sujet, les apprenants devraient être capables de :

- expliquer la différence entre le changement climatique et la variabilité du climat ;
- expliquer les concepts de réchauffement climatique et d'effet de serre ; et
- décrire certains gaz à effet de serre.

Dans cette section, nous examinons certains des concepts de base utilisés dans le domaine du changement climatique **qui prêtent souvent à confusion.**

1.3.1 Changements météorologiques et climatiques

Important à noter

Comme nous l'avons déjà souligné ci-dessus, le climat est la moyenne des conditions atmosphériques/météorologiques sur de longues périodes. Le climat est donc un produit de la météo moyenne. Cela signifie que la relation entre le climat et la météo est assez étroite. Le changement climatique est un changement statistique de l'état moyen de la météo. Le climat est parfois couramment utilisé pour décrire les conditions de l'atmosphère, de l'hydrosphère, de la cryosphère et même de la biosphère qui interagissent pour déterminer le temps qu'il peut faire.

Nous pouvons connaître l'état futur de la météo et du climat grâce aux prévisions météorologiques et climatiques. Les prévisions météorologiques sont l'application de la science et de la technologie pour déterminer l'état prévu de l'atmosphère pour une période future et une région donnée. Les résultats d'une prévision ont un certain niveau de confiance. Les prévisions climatiques ou les pronostics climatiques sont une tentative de produire une estimation la plus probable de l'évolution réelle du climat, c'est-à-dire des conditions moyennes ou prévues de l'atmosphère et de la surface terrestre, dans le futur.

Important à noter

La projection climatique est la réponse simulée du système climatique à un scénario d'émission ou de concentration future de GES et d'aérosols, généralement dérivé à l'aide de modèles climatiques (GIEC, 2013 ; Alfieri et al. 2017 ; Engelbrecht et Engelbrecht 2016 ; Déqué et al. 2017 ; Abiodun et al. 2017). Les projections climatiques sont différentes des prévisions climatiques car elles reposent sur le scénario d'émission/concentration/forçage radiatif utilisé, qui dépend également des hypothèses relatives aux développements socio-économiques et technologiques futurs qui peuvent être réalisés.

1.3.2 Variabilité et changement climatique

La variabilité du climat désigne les variations de l'état moyen et d'autres statistiques (par exemple, les écarts type) du climat à toutes les échelles temporelles et spatiales au-delà de celles des événements météorologiques individuels. La variabilité peut être due à des processus externes naturels en dehors du système terrestre, ou à des influences internes naturelles ou anthropiques.

Comme indiqué précédemment, le climat est défini comme l'état moyen de l'atmosphère sur au moins 30 ans. Cela suppose que l'état moyen reste plus ou moins stable. En réalité, le climat varie à la fois sur des échelles de temps plus longues et plus courtes. Les variations de l'état moyen et d'autres

statistiques (par exemple, les écarts-types, la probabilité des extrêmes, etc.) du climat à toutes les échelles spatiales et temporelles au-delà de celles des événements météorologiques individuels sont ce que nous appelons la variabilité climatique (GIEC, 2018 ; GIEC, 2013). Elle est considérée comme naturelle car elle résulte d'interactions internes entre l'atmosphère, l'océan, la surface terrestre et la glace de mer (le système climatique). La variabilité peut être due à des facteurs externes anthropiques (c'est-à-dire des influences humaines) ou à des processus internes naturels affectant le système climatique (cycle solaire, éruptions volcaniques, rotation de la Terre, etc.). Le changement climatique, quant à lui, se réfère à un changement de l'état du climat identifiable (par exemple en utilisant des tests statistiques) 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 (GIEC, 2013). Les figures 1 et 2 ci-dessous sont quelques exemples de ce qui constitue le changement climatique.

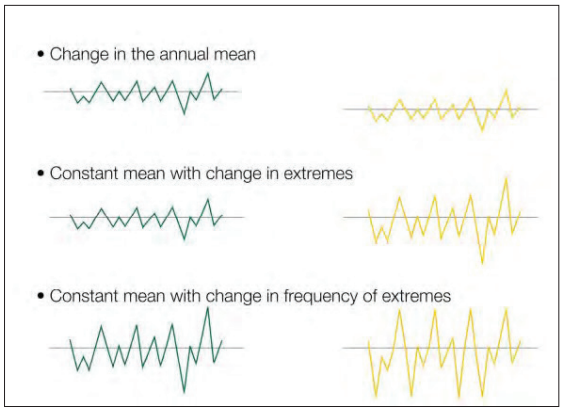


Figure 1 : Exemples de changement climatique
Source : GIEC, 2001

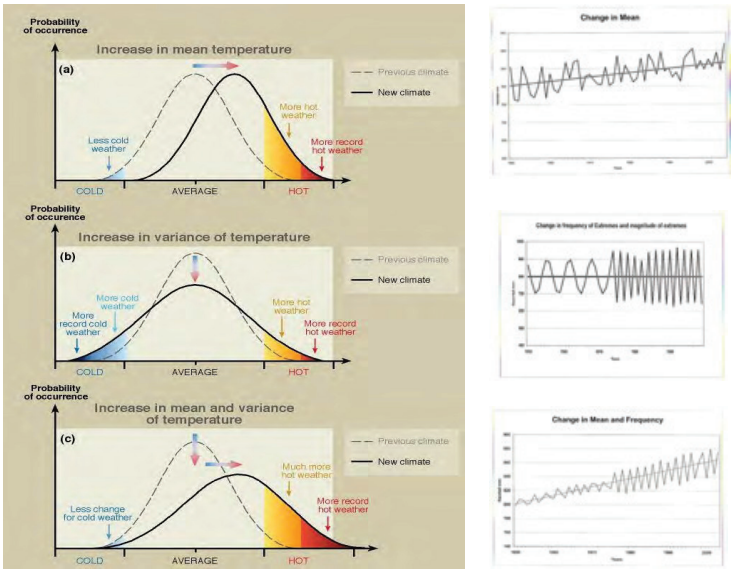


Figure 2 : Changements dans la distribution des fréquences, par exemple la variance moyenne, l'asymétrie et l'aplatissement.

Source : GIEC, 2001

Encadré 1

Le changement climatique fait référence à tout changement du climat au fil du temps, qu'il soit dû à une variation naturelle ou à l'activité humaine. Le changement désigne une modification de l'état du climat qui peut être identifiée (par exemple à l'aide de tests statistiques) par des changements de la moyenne et/ou de la variabilité (figure 2) de ses propriétés, et qui persiste pendant une période prolongée, généralement des décennies ou plus.

Activité 1 Discussion de groupe

1) Discutez entre vous des différences entre les éléments suivants :
   - La météo et le climat ;
   - Le changement et la variabilité du climat.

2) Avec les conseils de l'instructeur, visitez une station météorologique pour vous renseigner sur certains instruments météorologiques :
   - En groupe : Utilisez un simple thermomètre ou un pluviomètre pour mesurer la température de l'air en surface ou la pluie (cela peut être quotidien à la même heure) - l'instructeur peut s'arranger pour obtenir quelques instruments ;
   - Répétez cette opération pour une période d'intérêt, puis tracez un graphique de l'élément météorologique avec le temps.

1.4 Le réchauffement climatique et ses effets

Dans cette section, nous expliquons les concepts de réchauffement climatique, de gaz à effet de serre, d'effet de serre et nous explorons également les sources et les puits d'émissions de gaz à effet de serre.

1.4.1 Réchauffement climatique et gaz à effet de serre

Le réchauffement climatique est l'augmentation de la température de la planète. Le réchauffement se produit lorsque les GES piègent la chaleur et la lumière du soleil dans l'atmosphère terrestre, ce qui augmente la température. L'effet du réchauffement climatique est de faire monter la mer, ce qui fait que l'eau recouvre de nombreuses îles terrestres basses. Le réchauffement climatique est l'effet net des GES qui entrainent un réchauffement progressif de l'atmosphère et de la surface de la terre. Alors que certains disent que le réchauffement climatique est un processus naturel et qu'il y a toujours eu des GES, la quantité de gaz dans l'atmosphère a augmenté en flèche ces dernières années. La révolution industrielle a joué un grand rôle dans la quantité de CO_2 atmosphérique libéré. Auparavant, le CO_2 fluctuait entre environ 180 ppm pendant les périodes glaciaires et 280 ppm pendant les périodes chaudes interglaciaires. Depuis la révolution industrielle, la quantité de CO_2 a augmenté de façon spectaculaire par rapport à la fin de la dernière période glaciaire. Les chlorofluorocarbones (CFC), autrefois utilisés comme réfrigérants et propulseurs d'aérosols jusqu'à leur élimination progressive par un accord international, sont également des GES.

Le CO_2 a un impact important sur le réchauffement climatique, en partie à cause de son abondance dans l'atmosphère. En outre, les émissions de CO_2 restent dans l'atmosphère pendant des milliers d'années. Cependant, le méthane est environ 21 fois plus efficace que le CO_2 en matière d'absorption de rayonnement, ce qui lui confère un PRP élevé, bien qu'il ne reste dans l'atmosphère qu'environ 10 ans.

Comme la Terre est beaucoup plus froide que le Soleil, elle rayonne à des longueurs d'onde beaucoup plus grandes, principalement dans la partie infrarouge du spectre. Une grande partie de ce rayonnement thermique émis par les terres et les océans est absorbé par l'atmosphère, y compris les nuages, et réémis vers la Terre. C'est ce qu'on appelle l'effet de serre (figure 3). Cependant, nous devons distinguer l'effet de serre naturel de l'effet de serre renforcé. L'encadré 2 donne cette distinction.

Encadré 2

L'effet de serre naturel se produit lorsque les GES d'origine naturelle permettent au rayonnement solaire de courte longueur d'onde de traverser l'atmosphère, mais qu'ils emprisonnent cette énergie lorsqu'elle est renvoyée dans l'espace sous forme de rayonnement de grande longueur d'onde. Par conséquent, la température a tendance à augmenter.

L'effet de serre renforcé est l'augmentation du processus naturel de l'effet de serre, résultant d'activités humaines comme la combustion de combustibles fossiles par laquelle les GES sont libérés dans l'atmosphère à un rythme bien plus élevé que celui des processus naturels, ce qui renforce l'effet de serre.

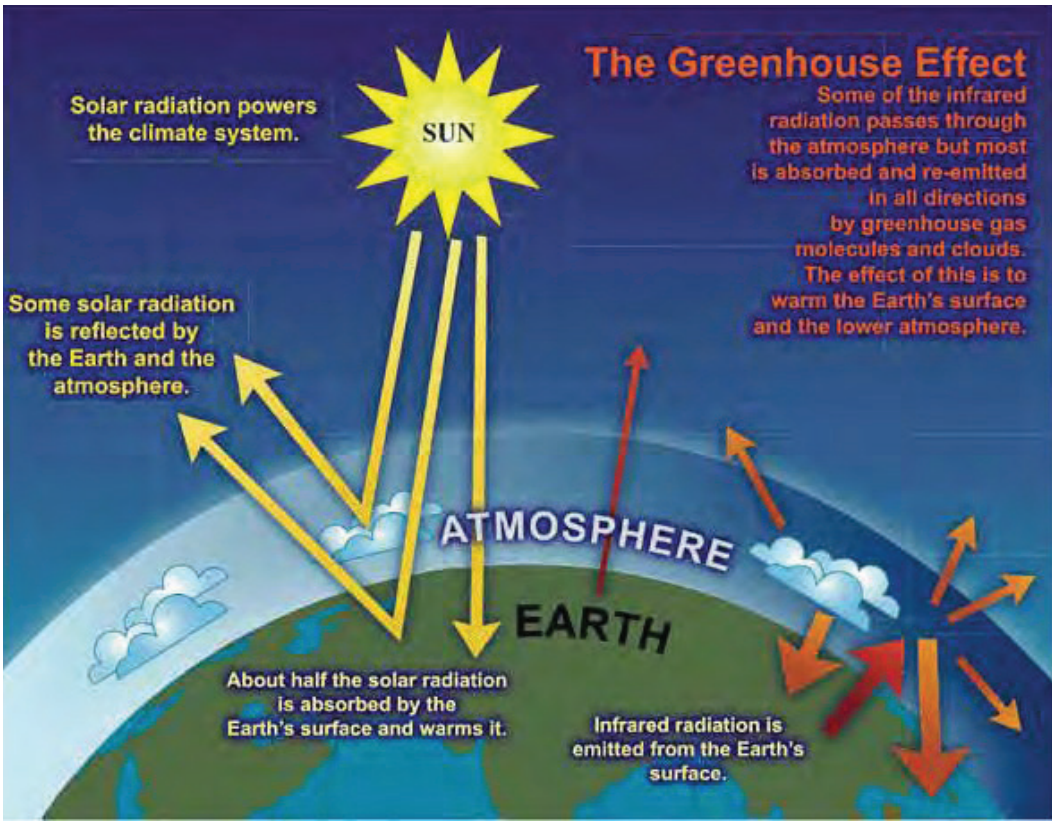


Figure 3 : Un schéma simplifié illustrant l'effet de serre.
Source : Le Treut et autres, 2007

L'effet de serre, combiné aux niveaux croissants de GES et au réchauffement planétaire qui en résulte, devrait avoir de profondes implications, selon le consensus quasi universel des scientifiques. Si le réchauffement climatique se poursuit sans être maîtrisé, il entraînera un changement climatique important, accompagné d'une élévation du niveau de la mer, d'une acidification croissante des océans, de phénomènes météorologiques extrêmes et d'autres impacts naturels et sociétaux graves. On a constaté que la plantation d'arbres aide considérablement à réduire l'accumulation de CO_2 dans l'atmosphère, car les arbres en croissance séquestrent le CO_2 par photosynthèse. Le CO_2 présent dans l'atmosphère est converti et stocké dans la végétation et les sols de la forêt. Cependant, les forêts ne peuvent pas séquestrer tout le CO_2 que nous émettons dans l'atmosphère à travers la combustion de combustibles fossiles et une réduction des émissions de combustibles fossiles est encore nécessaire pour éviter une accumulation dans l'atmosphère.

Activité 1 Discussion de groupe

1) Discutez entre vous des différences entre les éléments suivants :
- la météo et le climat ;
- le changement et la variabilité du climat.

2) Avec les conseils de l'instructeur, visitez une station météorologique pour vous renseigner sur certains instruments météorologiques :
   - En groupe : Utiliser un simple thermomètre ou un pluviomètre pour mesurer la température de l'air en surface ou la pluie (cela peut être quotidien à la même heure) - l'instructeur peut s'arranger pour obtenir quelques instruments ;
   - Répétez cette opération pour une période donnée, puis tracez un graphique de l'élément météorologique en fonction du temps.

Les gaz à effet de serre (GES) sont des gaz qui emprisonnent la chaleur dans l'atmosphère. Ils sont donc responsables d'une grande partie du réchauffement observé. Les GES les plus importants sont la vapeur d'eau (H_2O), le dioxyde de carbone (CO_2), le méthane (CH_4) et l'oxyde nitreux (N_2O). Beaucoup de ces gaz se produisent dans l'atmosphère, comme le CO_2, le méthane, la vapeur d'eau et l'oxyde nitreux, tandis que d'autres sont synthétiques. Les gaz artificiels comprennent les chlorofluorocarbures (CFC), les hydrofluorocarbures (HFC) et les perfluorocarbures (PFC), ainsi que l'hexafluorure de soufre (SF_6). Ceux-ci sont mis en lumière ci-dessous pour s'y référer plus facilement.

- **La vapeur d'eau** est le gaz à effet de serre le plus abondant et le plus important dans l'atmosphère. Cependant, les activités humaines n'ont qu'une faible influence directe sur la quantité de vapeur d'eau atmosphérique. Indirectement, les humains ont la possibilité de l'affecter de façon substantielle en changeant le climat. Par exemple, une atmosphère plus chaude contient plus de vapeur d'eau.

- **Le dioxyde de carbone** pénètre dans l'atmosphère par la combustion de combustibles fossiles (charbon, gaz naturel et pétrole), de déchets solides, d'arbres et de produits du bois, ainsi que par certaines réactions chimiques$_2$(Par exemple fabrication de ciment). Le CO_2 est retiré de l'atmosphère (ou «séquestré») lorsqu'il est absorbé par les plantes dans le cadre du cycle biologique du carbone.

- **Le méthane** est émis lors de la production et du transport du charbon, du gaz naturel et du pétrole. Les émissions résultent également de l'élevage et d'autres pratiques agricoles ainsi que de la décomposition des déchets organiques dans les décharges municipales de déchets solides.

- **L'oxyde nitreux** est émis lors des activités agricoles et industrielles, ainsi que lors de la combustion de combustibles fossiles et de déchets solides.

- **L'hydrofluorocarbone, le perfluorocarbone, l'hexafluorure de soufre et le trifluorure d'azote** sont des gaz à effet de serre synthétiques et puissants qui sont émis par divers procédés industriels. Les gaz fluorés sont parfois utilisés comme substituts aux substances qui appauvrissent la couche d'ozone stratosphérique (par exemple. les chlorofluorocarbones, les hydrochlorofluorocarbones et les halons). Ces gaz sont généralement émis en plus petites quantités, mais comme ce sont de puissants GES, on les appelle parfois des gaz à fort potentiel de réchauffement de la planète (PRP).

- **L'ozone** est un gaz à effet de serre qui est continuellement produit et détruit dans l'atmosphère par des réactions chimiques. Dans la troposphère, les activités humaines ont augmenté l'ozone par le rejet de gaz tels que le monoxyde de carbone, les hydrocarbones et l'oxyde d'azote, qui réagissent chimiquement pour produire l'ozone. Les halocarbones libérés par les activités humaines détruisent l'ozone dans la stratosphère et ont causé le trou d'ozone au-dessus de l'Antarctique.

- **Les aérosols sont** de petites particules présentes dans l'atmosphère dont la taille, la concentration et la composition chimique sont très variables. Certains aérosols sont émis directement dans l'atmosphère tandis que d'autres sont formés à partir de composés émis. Les aérosols contiennent à

la fois des composés naturels et ceux émis par les activités humaines. La combustion de combustibles fossiles et de biomasse a augmenté les aérosols contenant du soufre et des composés organiques et le noir carbone (suie).

Le niveau d'effet d'un gaz sur le climat dépend de trois facteurs :

- **La quantité de gaz dans l'atmosphère**, c'est-à-dire sa concentration ; les concentrations de GES sont mesurées en parties par million, en parties par milliard et même en parties par trillion ; une partie par million équivaut à une goutte d'eau diluée dans environ 13 gallons de liquide ;
- **La durée pendant laquelle le gaz reste dans l'atmosphère** (durée de vie) ; chacun de ces gaz peut rester dans l'atmosphère pendant des durées différentes, allant de quelques années à des milliers d'années ; tous les gaz restent dans l'atmosphère suffisamment longtemps pour être bien mélangés, ce qui signifie que la quantité mesurée dans l'atmosphère est à peu près la même partout dans le monde, quelle que soit la source des émissions ;
- **Leur impact sur la température** ; certains gaz sont plus efficaces que d'autres pour réchauffer la planète.

1.4.2 Sources de gaz à effet de serre

Les concentrations atmosphériques de gaz naturels et artificiels ont augmenté au cours des derniers siècles en raison de la révolution industrielle. Comme la population mondiale a augmenté et que notre dépendance à l'égard des combustibles fossiles (comme le charbon, le pétrole et le gaz naturel) s'est solidement consolidée, les émissions de ces gaz ont augmenté. Alors que des gaz tels que le CO2 se produisent naturellement dans l'atmosphère, à travers notre interférence sur le cycle du carbone (par la combustion des terres forestières, ou l'extraction et la combustion du charbon), nous faisons passer artificiellement le carbone de l'état solide à l'état gazeux, ce qui augmente les concentrations atmosphériques. Certains GES, comme le méthane, sont produits par des pratiques agricoles notamment la gestion des effluents d'élevage. D'autres, comme le CO2, résultent en grande partie de processus naturels comme la respiration et de la combustion de combustibles fossiles tel que le charbon, le pétrole et le gaz. La figure 4 montre que 87 % de tous les émissions de CO_2 proviennent de la combustion de combustibles fossiles tel que le charbon, le pétrole et le gaz naturel. La plus grande source humaine de CO_2 est la combustion de combustibles fossiles.

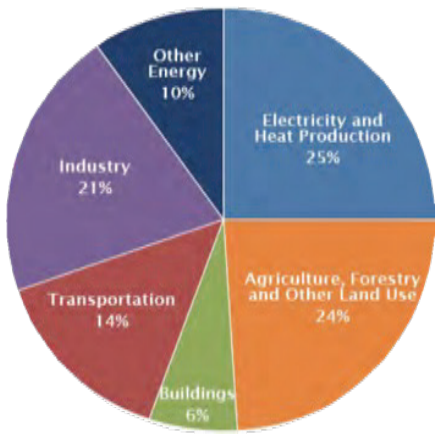


Figure 4 : Émissions mondiales de GES par secteur économique
Source : GIEC 2014 ; basé sur les émissions mondiales de 2010.

Les activités humaines entraînent le rejet de grandes quantités de CO_2. Ces activités comprennent :

- la déforestation - l'abattage des arbres pour en faire du combustible, des exploitations agricoles, des bâtiments et des routes ; lorsque les arbres sont abattus pour produire des biens ou le chauffage, ils libèrent le carbone qui est normalement stocké par la photosynthèse ; ce processus libère près d'un milliard de tonnes de carbone dans l'atmosphère chaque année ; et
- l'utilisation accrue de l'énergie (et donc une utilisation accrue des combustibles fossiles).

De même que le pourcentage de CO_2 dans l'atmosphère a augmenté, la température moyenne de la Terre en général a aussi augmenté.

La quantité de vapeur d'eau artificielle est insignifiante par rapport à la quantité de vapeur d'eau de sources naturelles. Cependant, les émissions de méthane et de CO_2 contribuent à l'augmentation du réchauffement climatique. Le tableau 2 donne quelques exemples de GES naturels et anthropiques et leurs sources possibles.

Tableau 2 : Quelques exemples de GES et de leurs sources

Gaz à effet de serre	Source naturelle	Source artificielle
Méthane	Matière végétale en décomposition	Rizières, bétail, mines de charbon
Vapeur d'eau	Évaporation des océans, des lacs et des rivières	Combustion de combustibles hydrocarbonés
Dioxyde de carbone	Respiration par les plantes/animaux, feux de forêt, volcans	Fabrication de ciment et combustion de combustibles fossiles

L'augmentation de la concentration des GES pourrait modifier les schémas spatio-temporels du climat global, avec les impacts qui en découlent, notamment l'élévation du niveau de la mer. Exceptionnellement les concentrations des principaux GES, à savoir le CO_2, le méthane (CH_4) et l'oxyde nitreux (N_2O) sont en augmentation dans l'atmosphère. Le GIEC (2007), indique que la concentration atmosphérique mondiale de CO_2, CH_4 et N_2O a augmenté de 35%, 148% et 18% respectivement en 2005 par rapport à leurs niveaux préindustriels.

Il est scientifiquement prouvé que les concentrations de GES dans l'atmosphère sont en augmentation et que cette augmentation est à l'origine du changement climatique global. Les émissions anthropiques de CO_2 et d'autres GES et les processus de changement d'affectation des terres sont principalement responsables de cette augmentation.

Les GES naturellement présents dans l'atmosphère sont une composante naturelle du système climatique ; ils aident au maintien des températures de la Terre. Ces gaz sont relativement transparents au rayonnement solaire entrant et retiennent le rayonnement sortant à grande longueur d'ondes. Les concentrations de GES, en particulier de CO_2, ont augmenté au cours des 250 dernières années, en raison de la combustion de combustibles fossiles pour la production d'énergie.

Le changement d'affectation des terres a également contribué au changement climatique ; la destruction de la végétation accroit la concentration de carbone dans l'atmosphère. D'une manière générale, la déforestation est due à la création de terres agricoles et à la croissance urbaine, ainsi qu'à la production de bois et de combustibles.

Résumé

Le premier chapitre a présenté ce qui est connu du changement climatique. Il a exploré la science du changement climatique. Ce chapitre a décrit les concepts de météo et de climat en définissant et en différenciant clairement la météo et le climat. Les éléments de la météo et du climat sont également bien décrits. La variabilité et le changement climatique ont également été bien définis et une illustration montrant la différence entre la variabilité et le changement climatique par l'utilisation d'un diagramme est présentée.

Le chapitre a également décrit le concept de réchauffement climatique. Cela comprend l'examen des sources et des effets des GES. Les différents types de GES ont également été expliqués en détail. Les sources de GES sont à la fois naturelles et anthropogéniques et ont été clairement décrites.

Références

Abiodun, B. J., Adegoke, J., Abatan, A. A., Ibe, C. A., Egbebiyi, T. S., Engelbrecht, F., & Pinto, I. 2017. Potential impacts of climate change on extreme precipitation over four African coastal cities. Climatic Change, 143(3– 4), 399–413. https://doi.org/10.1007/s10584-017-2001-5

Alfieri, L., Bisselink, B., Dottori, F., Naumann, G., de Roo, A., Salamon, P., et al. 2017. Global projections of river flood risk in a warmer world. Earths Future, 5(2), 171–182. https://doi.org/10.1002/eft2.183

Barry, R.G. & R.J. Chorley, 2009. Atmosphere, weather and climate. Routledge.

Cotton, W.R., & R.A. Pielke Sr, 2007. Human impacts on weather and climate. Cambridge University Press. Déqué, M., Calmanti, S., Christensen, O. B., Dell Aquila, A., Maule, C. F., Haensler, A., et al. 2017. A multi-model climate response over tropical Africa at +2°C. Climate Services, 7, 87–95. https://doi.org/10.1016/j. cliser.2016.06.002

Engelbrecht, C. J., & Engelbrecht, F. A. 2016. Shifts in Köppen-Geiger climate zones over s o u t h e r n Africa in relation to key global temperature goals. Theoretical and Applied Climatology, 123, 247–261. https://doi.org/10.1007/s00704-014-1354-1

GIEC, (2012). Gestion des risques de catastrophes et de phénomènes extrêmes pour les besoins de l'adaptation au changement climatique, 32p. Available at : http://max2.ese.upsud.fr/epc/conservation/BEMA/Indices_biodiversite_070305.pdf

Herzog, H., B. Eliasson & O. Kaarstad 2000. Capturing greenhouse gases. Scientific American 282(2):72-79.

Le, T.H., R. Somerville, U. Cubash, Y. Ding, C. Mauritzen, A. Mokssit & M. Prather, 2007. Historical overview of climate change science.

Metz, B., O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave & L.A. Meyer 2007. Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the 4th Assessment Report of IPCC.

OECD, 2005. OECD factbook 2005: economic, environmental and social statistics. Paris.

IPCC. 2018. Annex I: Glossary [R. Matthews (ed.)]. In: Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield (eds.)]. In Press.

IPCC, 2014: climate change 2014: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the 5th Assessment Report of IPCC. Geneva, Switzerland, 151 p

IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the 5th Assessment Report of IPCC. 1535 p.

IPCC, 2001. Climate change 2001: the scientific basis. Contribution of Working Group 1 to the 3rd Assessment Report of IPCC. Edited by JT Houghton et al. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, USA, 2001. 881 p.

Watson, R.T., H. Rodhe, H. Oeschger & U. Siegenthaler, 1990. Greenhouse gases and aerosols. Climate change: the IPCC scientific assessment 1, 17.

World Bank, 2002. Market-based Mechanisms for Conservation and Development, Annual Review, July 2001 – June 2002.

Chapitre 2 : Les causes du changement climatique

2.1 Aperçu du chapitre

Dans le chapitre précédent, nous avons présenté la science de base du changement climatique, où nous avons appris la différence entre la météo et le climat et la manière dont ils sont liés à la variabilité et au changement climatique. Dans ce chapitre, nous examinerons certaines des causes du changement climatique, qui font partie intégrante de la science de base du climat.

Les causes du changement climatique comprennent des facteurs naturels et anthropiques. Les facteurs naturels sont déterminés par l'interaction entre la terre et le système solaire. Les causes anthropogéniques sont humaines. Nous en apprendrons davantage sur les causes anthropiques du changement climatique dû aux émissions de GES, par exemple les changements d'utilisation des terres, y compris la déforestation, le transport, l'utilisation de combustibles fossiles, la combustion des forêts et des prairies, les activités industrielles, les établissements non planifiés et l'urbanisation, entre autres. Le chapitre passe également en revue les tendances observées en matière de changement climatique. L'accent sera mis sur les causes anthropiques du changement climatique, qui font l'objet de la section 2.4.

Résultats d'apprentissage escomptés

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

- Expliquer les principales causes du changement climatique ;
- Décrire la cause « anthropique « du changement climatique ;
- Décrire les cinq principales causes anthropiques du changement climatique.

2.2 Moteurs externes des causes naturelles du changement climatique

2.2.1 Introduction

Les moteurs du changement climatique sont classés en deux catégories : les moteurs naturels et les moteurs anthropiques. Les facteurs naturels peuvent être internes ou externes. Ce sujet décrit les moteurs naturels du changement climatique et leur impact sur l'environnement.

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

- décrire comment le climat est influencé par les variations régulières de l'orbite de la terre autour du soleil ;
- examiner les changements dans la production thermique solaire ;
- expliquer comment les niveaux fluctuants de l'activité magnétique solaire influencent le climat
- évaluer les impacts des objets extra-terrestres sur le climat.

Activité 1 (brainstorming)
Décrire les causes du réchauffement climatique qui ne sont pas imputées à l'homme.

2.2.2 Variations régulières de l'orbite de la Terre autour du Soleil

La terre tourne autour du soleil le long de son orbite. De plus, elle tourne autour de son propre axe. L'axe de rotation de la Terre est incliné par rapport à la perpendiculaire au plan de son orbite autour du soleil. Actuellement, l'inclinaison par rapport à la perpendiculaire est d'environ 23,5Â°.

2.2.3 Variations de la puissance solaire thermique

Le soleil est la source de la plupart des énergies qui alimentent les processus biologiques et physiques dans le monde qui nous entoure. Dans les océans et sur terre, il alimente la croissance des plantes qui forment la base de la chaîne alimentaire, et dans l'atmosphère, il réchauffe l'air qui détermine notre climat. Le taux d'énergie provenant du soleil change légèrement d'un jour à l'autre. Au cours des nombreux millénaires de la relation orbitale Terre-Soleil, la répartition géographique de l'énergie solaire sur la surface de la Terre peut changer. Il a été suggéré que les changements de la production solaire pourraient affecter notre climat - à la fois directement, en modifiant le taux de réchauffement solaire de la Terre et de l'atmosphère, et indirectement, en modifiant les processus de formation des nuages.
La vitesse à laquelle l'énergie du soleil atteint le sommet de l'atmosphère terrestre est désignée par le terme « irradiance solaire totale « (ou IST). L'IST fluctue légèrement d'un jour à l'autre et d'une semaine à l'autre. À ces fluctuations rapides à court terme se superpose un cycle lié aux taches solaires dans les couches extérieures du Soleil qui dure environ 11 ans.
La IST actuelle varie selon la saison, l'heure du jour et la latitude. Pourtant, on pense que de petits changements dans cette quantité relativement faible d'énergie solaire absorbée peuvent faire une différence pour notre climat.

Étude de cas 2.1 Des changements du taux d'absorption solaire, appelés forçage radiatif (FR), pourraient-ils influencer notre climat actuel ?

1. Les changements directs du climat dus à la production solaire

L'augmentation moyenne du forçage radiatif solaire depuis 1750 est beaucoup plus faible (~ 0,12 W m-2) que l'augmentation du FR dû aux gaz retenant la chaleur (~2,6 W m-2) sur la même période. La légère augmentation de l'absorption solaire est, en outre, plus que compensée par le refroidissement naturel. Le XXe siècle a été témoin de l'éruption de grands volcans - le plus récent, le Pinatubo, en 1991 - qui ont projeté de minuscules particules réfléchissantes dans l'atmosphère. L'énergie du soleil qui a rencontré ces particules a été réfléchie dans l'espace. En d'autres termes, les processus naturels auraient à eux seuls provoqué un léger refroidissement à la fin du XXe siècle, et non le réchauffement que nous avons connu.

2. Changements indirects du climat dus à la production solaire

Les variations du taux d'émission du rayonnement solaire sur l'échelle de temps de 11 ans, ainsi que la faible augmentation à long terme des IST au cours des derniers siècles, semblent dans certaines études être corrélées avec les variations de la configuration des nuages. Ces changements dans l'énergie solaire absorbée semblent être beaucoup trop faibles pour expliquer les changements majeurs de notre climat.

Deux hypothèses différentes ont été proposées pour vérifier si le rayonnement solaire peut expliquer le changement climatique. La première repose sur le fait que, tant dans le cycle de 11 ans qu'à plus long terme, les changements de l'énergie solaire sont les plus importants dans les longueurs d'onde ultraviolettes (courtes). Le rayonnement de courte longueur d'onde est particulièrement efficace pour modifier les concentrations d'ozone dans l'atmosphère au niveau supérieur où se produisent les conditions météorologiques habituelles. Selon cette hypothèse, les modifications de la couche d'ozone pourraient à leur tour filtrer jusqu'au niveau de l'atmosphère où se forme notre météo, modifiant potentiellement les nuages et les températures.

La deuxième hypothèse repose sur le fait que les changements de l'activité solaire modifient également le flux de petites particules chargées et hautement énergétiques (connues sous le nom de rayons cosmiques galactiques) qui traversent l'atmosphère en direction de la Terre. Ces particules créent à leur tour plus d'ions (atomes ou molécules chargés) à partir des molécules d'air dans l'atmosphère, et il a été suggéré que ces ions pourraient modifier la formation des nuages, causant de grands changements de météo et de température en dessous.

Jusqu'à présent, il n'y a pas de preuve convaincante que l'une ou l'autre de ces idées démontre de manière adéquate un lien de cause à effet entre les petits changements de l'irradiance solaire et les changements relativement importants et mesurables de la température de la surface de la Terre au cours du dernier siècle.

Source : Hansen et al. (2005)

2.2.4 Niveaux de fluctuation des activités magnétiques solaires

La position actuelle des organismes comme le GIEC est que le changement climatique à l'ère industrielle est principalement causé par les GES anthropiques, le CO_2, avec des contributions naturelles relativement faibles dues à l'irradiance solaire et les volcans.

Cependant, au cours de la dernière décennie, une nouvelle théorie, développée par Henrik Svensmark, professeur de physique au Centre spatial national danois de Copenhague, portant sur la façon dont les variations de l'activité magnétique du Soleil peuvent avoir un impact très profond sur le climat de la terre, a suscité un intérêt croissant dans la communauté scientifique. La théorie propose un lien entre les fluctuations de l'activité magnétique du soleil et les changements qui en résultent dans le vent solaire autour de la terre, affectant le nombre de rayons cosmiques qui frappent la terre, en particulier la basse atmosphère, qui à son tour affecte le taux de formation des nuages à basse altitude, ce qui entraîne la variabilité du climat.

Il est reconnu depuis longtemps qu'il semble y avoir une très bonne adéquation entre l'activité magnétique solaire, comme en témoignent les niveaux des taches solaires, l'augmentation et la diminution des cycles solaires et le changement climatique. L'astronome britannique Royal, William Herschel, a remarqué une corrélation entre les taches solaires et le prix du blé en Angleterre. C'est la première fois que l'on observe que le climat de la Terre peut être affecté par les variations du Soleil. La célèbre petite période glaciaire située entre le 17ème et le 18 -ème siècle - lorsque les taches solaires ont pratiquement disparu pendant 70 ans lors du minimum de Maunder, que le flux de rayons cosmiques a augmenté et que le climat s'est refroidi - semble n'être que la dernière d'une douzaine d'événements similaires survenus au cours des dix mille dernières années. Cependant, aucun mécanisme n'a été proposé pour expliquer comment les changements du cycle solaire pourraient affecter le climat dans la mesure suggérée par les données historiques, car le niveau global d'énergie émise par le soleil, et donc l'énergie solaire frappant la terre, ne semble pas varier autant avec les cycles solaires.

2.2.5 Rôle des objets extraterrestres

Un événement d'impact est une collision entre des objets célestes provoquant des effets mesurables. Les événements d'impact ont des conséquences physiques et on a constaté qu'ils se produisent régulièrement dans les systèmes planétaires, bien que les plus fréquents impliquent des astéroïdes, des comètes ou des météorites et ont un impact minimal. Lorsque de gros objets ont un impact sur des planètes terrestres comme la Terre, il peut y avoir des conséquences physiques et biosphériques importantes, bien que les atmosphères atténuent de nombreux impacts en surface par l'entrée dans l'atmosphère. Les cratères et les structures d'impact sont des formes de relief dominantes sur de nombreux objets solides du système solaire et présentant les preuves empiriques les plus solides de leur fréquence et de leur échelle (Crowley, 2000).

Les événements d'impact semblent avoir joué un rôle important dans l'évolution du système solaire depuis sa formation. Des événements majeurs ayant marqué l'histoire de la Terre, ont été impliqués dans la formation du système Terre-Lune, l'histoire évolutive de la vie, l'origine de l'eau sur Terre et plusieurs extinctions massives. Parmi les événements marquants, mentionnons l'impact de Chicxulub, il y a 66 millions d'années, que l'on croit être la cause de l'extinction du Crétacé-Paléogène.

Une équipe internationale de chercheurs, dont fait partie James Kennett, professeur de sciences de la terre à l'université de Santa Barbara, a découvert du verre fondu dans une mince couche de roche sédimentaire en Pennsylvanie, en Caroline du Sud et en Syrie. Selon les chercheurs, le matériau - qui date de près de 13 000 ans - s'est formé à des températures de 1 700 à 2 200º C, et est le résultat de l'impact d'un corps cosmique sur la Terre.

Ces nouvelles données sont les dernières à appuyer fortement l'hypothèse controversée de Younger Dryas Boundary (YDB), qui propose qu'un impact cosmique s'est produit il y a 12 900 ans au début d'une période climatique froide inhabituelle appelée Younger Dryas. Cet épisode s'est produit au moment de l'extinction majeure de la mégafaune Nord-américaine, y compris les mammouths et les paresseux géants terrestres, et de la disparition de la culture Clovis préhistorique largement répandue. Les conclusions des chercheurs sont publiées aujourd'hui dans les Actes de la National Academy of Sciences.

« Ces scientifiques ont identifié trois niveaux contemporains il y a plus de 12.000 ans, sur deux continents, donnant des objets siliceux ressemblant à des scories (SLO) «, a déclaré H. Richard Lane, directeur de programme de la Division des sciences de la terre de la Fondation nationale des sciences, qui a financé les recherches. «Les SLO sont indicatifs de rafales/impacts cosmiques de haute énergie, renforçant la thèse que ces événements ont induit le début du Dryas récent. Cette époque a été un départ majeur dans l'histoire biotique, humaine et climatique.»

Les preuves morphologiques et géochimiques du verre fondu confirment que le matériau n'est ni d'origine cosmique, ni volcanique ou même humaine. « Le verre fondu à très haute température semble identique à celui produit lors d'impacts cosmiques connus tels que le cratère de météore en Arizona et le champ de tectite Australasien «, a déclaré Kennett.

« Le matériau en fusion correspond également au verre fondu produit par l'explosion nucléaire de Trinity en 1945 à Socorro, au Nouveau-Mexique «, a-t-il poursuivi. «Les températures extrêmes requises sont égales à celles d'une explosion de bombe atomique, assez élevées pour faire fondre et bouillir le sable».

Questions textuelles

- Comment l'orbite de la terre influence-t-elle le changement climatique ?
- Comment la production solaire thermique influence-t-elle le climat ?

2.3 Moteurs internes des causes naturelles du changement climatique

2.3.1 Introduction

Cette section présente les moteurs naturels mais internes du changement climatique, tels que les éruptions volcaniques, les albédos de la terre et les feux de forêt, et leurs impacts sur le changement climatique.

Objectifs

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

- décrire comment les éruptions volcaniques, l'albédo de la terre et les feux de forêt provoquent le changement climatique ;
- distinguer les causes naturelles des causes anthropiques des feux de forêt.

Activité 1 (remue-méninges) (20 minutes)

Analyser les facteurs internes du changement climatique.

2.3.2 Éruptions volcaniques, tremblements de terre, tectonique des plaques

Un tremblement de terre (aussi appelé séisme, secousse) est la secousse perceptible de la surface de la Terre, résultant de la libération soudaine d'énergie dans la croûte terrestre qui crée des ondes sismiques. Les tremblements de terre peuvent être assez violents pour détruire des villes entières. La sismicité, le séisme ou l'activité sismique d'une région fait référence à la fréquence, au type et à l'ampleur des tremblements de terre subis au cours d'une période donnée. Il y a encore des débats entre les scientifiques sur la possibilité que le changement climatique puisse provoquer des tremblements de terre.

2.3.3 L'albédo de la Terre

L'albédo est une mesure de la réflectivité d'une surface. L'effet d'albédo, lorsqu'il est appliqué à la Terre, est une mesure de la quantité d'énergie du Soleil qui est réfléchie dans l'espace. Dans l'ensemble, l'albédo de la Terre a un effet refroidissant.

L'impact projeté le plus significatif sur l'albédo est le réchauffement planétaire futur. Avec l'exception de la banquise antarctique, qui a récemment augmenté de 1% par an, presque toute la glace de la planète fond. À mesure que la surface blanche diminue, moins d'énergie est réfléchie dans l'espace, et la Terre se réchauffera encore plus.

La perte de glace arctique est particulièrement préoccupante. La glace disparaît assez rapidement; non seulement l'albédo diminue, mais la perte déclenche une rétroaction positive. En exposant la surface de l'océan au soleil, l'eau se réchauffe. Cela fait fondre la glace en dessous, tandis que le CO_2 créé par l'homme dans l'atmosphère réchauffe la surface. L'humidité augmente également et la vapeur d'eau est un puissant GES. Plus de glace fond donc, ce qui expose plus d'eau, qui fait fondre plus de glace par le dessous. Cette boucle s'alimente, l'effet devient de plus en plus prononcé. Ceci est un bon exemple de rétroaction positive. L'augmentation de la vapeur d'eau a également un autre effet, qui est d'augmenter

la quantité de nuages. Comme déjà mentionné, les nuages peuvent augmenter l'albédo (une rétroaction négative), mais aussi le réchauffement (une rétroaction positive).

2.3.4 Feux de forêt

Les feux de forêt sont des feux de terre non planifiés et non désirés, y compris les feux non autorisés provoqués par l'homme. Les feux de forêt sont fréquents dans certaines régions du monde. Ils se produisent sur tous les continents à l'exception de l'Antarctique. Ils sont fréquents dans les régions chaudes où il y a de longues périodes de sécheresse. Le coût des feux de forêt, en termes de risques pour la vie et la santé humaines, de dommages matériels et de fonds publics, est dévastateur et il ne fera probablement qu'augmenter si nous ne nous attaquons pas mieux aux risques de feux de forêt et ne réduisons pas les activités qui conduisent au nouveau changement climatique.

Les causes naturelles des incendies sont la foudre, le réchauffement spontané et les éruptions volcaniques.

- La foudre est la plus grande cause naturelle de feux de forêt. La plupart des feux déclenchés par la foudre sont petits et s'éteignent rapidement, mais si les conditions sont favorables, ils peuvent se propager très rapidement. Environ 8 millions de coups de foudre frappent la terre chaque jour !
- Le chauffage spontané est le moment où le matériau est chauffé au point de s'enflammer sans étincelle. Cette situation est fréquente lorsque beaucoup de feuilles et de branches sont tombées au sol et n'ont pas été enlevées - la circulation de l'air est restreinte et conduit souvent à un incendie.
- Les éruptions volcaniques produisent de la lave et des cendres rouges et chaudes qui peuvent déclencher des incendies.

Activité 2 (Discussion de groupe)
Discutez des trois causes naturelles des feux de forêt.

Question(s) textuelle(s)
Décrire comment l'albédo et les feux de forêt causent le changement climatique.

2.4 Les causes anthropiques du changement climatique

Comme indiqué précédemment, le changement climatique a deux causes, l'une d'entre elles étant anthropogénique, c'est-à-dire « induite par l'homme «. En général, au cours des derniers siècles, les hommes se sont engagés dans des activités qui libèrent des GES dans l'atmosphère. Certaines de ces activités comprennent l'utilisation des terres et les changements de la couverture terrestre, la déforestation et la dégradation des forêts et l'habitat urbain. Ce sous-thème examine les différentes activités anthropiques qui augmentent les quantités de concentrations de GES dans l'atmosphère.

2.4.1 Utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (UTCATF)

Il existe deux types de changement d'utilisation des terres : les changements anthropiques directs (causés par l'homme) et les changements indirects. Des exemples de changements anthropiques comprennent la déforestation, le reboisement et le boisement, l'agriculture et l'urbanisation. Les changements indirects comprennent le changement climatique ou les concentrations de CO2 qui entraînent des changements dans la végétation. Les changements de la couverture terrestre ont entraîné un certain nombre de modifications du système climatique régional et mondial, principalement en :

a) modifiant la réflectivité de la surface terrestre, puisque le type de couverture terrestre détermine la quantité d'énergie du soleil qui est réfléchie dans l'espace ;
b) modifiant la quantité d'eau perdue à la surface par les plantes, c'est-à-dire l'évapotranspiration ;
c) modifiant les vents, la résilience aux vagues de chaleur, la vulnérabilité aux inondations et d'autres facteurs similaires à proximité des établissements humains ; et
d) modifiant le CO2 atmosphériques absorbé.

En bref, les changements d'utilisation des terres (par exemple., l'abattage des forêts pour créer des terres agricoles) ont entraîné des changements dans la quantité de lumière solaire réfléchie par le sol vers l'espace (l'albédo de surface). L'ampleur de ces changements est estimée à environ 20 % de la contribution totale aux GES. On estime qu'environ la moitié des changements d'utilisation des terres se sont produits pendant l'ère industrielle, la plupart étant dus au remplacement des forêts par des cultures agricoles et des pâturages. On estime que l'effet le plus important de la déforestation se situe aux hautes latitudes où l'albédo des terres couvertes de neige, précédemment boisées, a augmenté. Cela est dû au fait que la neige sur les arbres ne reflète qu'environ la moitié de la lumière du soleil qui y arrive, alors que le sol ouvert recouvert de neige en reflète environ les deux tiers.

Parmi les autres changements importants de la surface terrestre résultant des activités humaines, on peut citer la déforestation tropicale qui modifie les taux d'évapotranspiration (quantité de vapeur d'eau introduite dans l'atmosphère par évaporation et transpiration des arbres), la désertification, qui augmente l'albédo de la terre, et les effets généraux de l'agriculture sur les caractéristiques de l'humidité du sol.

À l'exception des études sur le changement climatique, il existe peu de données fiables sur les changements antérieurs dans l'utilisation des terres. Une façon de se faire une meilleure idée des effets des changements du passé est de combiner les enregistrements de superficie des changements d'utilisation des terres avec les mesures par satellite des propriétés du couvert végétal. Ces analyses montrent que le défrichement des forêts pour l'agriculture et l'agriculture irriguée dans les zones arides et semi-arides sont deux sources majeures de changements de la couverture végétale qui sont importants sur le plan climatique. Ces deux effets ont cependant tendance à s'annuler, car l'agriculture irriguée augmente l'absorption d'énergie solaire et la quantité d'humidité évaporée dans l'atmosphère, alors que le défrichement des forêts diminue ces deux processus.

2.4.2 Déforestation et dégradation des forêts

Important à noter
La déforestation consiste à défricher les forêts de la Terre à grande échelle, ce qui entraîne souvent une dégradation de la qualité des terres. Les forêts couvrent environ 30 % de la surface terrestre mondiale, mais des parcelles sont perdues chaque année à cause de la déforestation. Les forêts ont de nombreuses fonctions : 70 % des animaux et des plantes de la Terre vivent dans les forêts, les arbres jouent un rôle crucial dans le cycle de l'eau en renvoyant la vapeur d'eau dans l'atmosphère, les arbres maintiennent les sols forestiers humides en bloquant le soleil et, surtout, les arbres absorbent les GES qui alimentent le réchauffement de la planète.

La déforestation et le changement d'affectation des terres contribuent à environ 20 à 25 % des émissions de carbone qui provoquent le changement climatique. En outre, plus d'un milliard de personnes vivant dans l'extrême pauvreté dépendent de ces forêts pour l'eau, le combustible et les moyens de subsistance. La déforestation dévaste la vie des populations qui sont pauvres.

Les forêts sont coupées pour de nombreuses raisons, mais la plupart d'entre elles sont liées à l'argent ou au besoin des personnes à subvenir aux besoins de leur famille (Rondeux, 2012). Le principal facteur de déforestation est l'agriculture. Les agriculteurs coupent les forêts pour avoir plus de place pour leur plantation ou pour faire paître le bétail. Souvent, de nombreux petits agriculteurs défrichent quelques hectares pour nourrir leur famille en abattant des arbres et en les brûlant selon un procédé appelé « agriculture sur brûlis «. Les opérations d'exploitation forestière, qui fournissent les produits du bois et du papier du monde entier, abattent également de nombreux arbres chaque année. Les exploitants forestiers, dont certains agissent illégalement, construisent également des routes pour accéder à des forêts de plus en plus éloignées, ce qui entraîne une déforestation accrue. Les forêts sont également coupées en raison de l'étalement urbain croissant. Toute déforestation n'est pas intentionnelle. Une partie est causée par une combinaison de facteurs humains et de facteurs naturels comme les feux de forêt et le surpâturage subséquent, qui peuvent empêcher la croissance des jeunes arbres.

La déforestation a de nombreux effets négatifs sur l'environnement. L'impact le plus dramatique est la perte d'habitat pour des millions d'espèces. 70 % des animaux et des plantes terrestres vivent dans les forêts, et beaucoup ne peuvent pas survivre à la déforestation qui détruit leurs habitats. La déforestation est également le moteur du changement climatique. Les sols forestiers sont humides, mais sans protection du couvert végétal qui bloque le soleil, ils s'assèchent rapidement. Les arbres contribuent également à préserver le cycle de l'eau en renvoyant la vapeur d'eau dans l'atmosphère. Sans arbres pour remplir ces rôles, de nombreuses terres précédemment forestières deviendront rapidement des déserts arides.

La coupe des arbres prive la forêt d'une partie de sa canopée, qui bloque les rayons du soleil pendant le jour et retient la chaleur la nuit. Cette perturbation entraîne des variations de température plus extrêmes qui peuvent être nuisibles aux plantes et aux animaux. Les arbres jouent également un rôle essentiel dans l'absorption des GES qui alimentent le réchauffement de la planète. Moins de forêts signifie que de plus grandes quantités de GES pénètrent dans l'atmosphère et par conséquent une augmentation de la vitesse et de la gravité du réchauffement climatique.

2.3.4 Urbanisation et peuplement

Le taux de croissance des zones urbaines est assez élevé, en particulier dans les pays en développement, notamment l'Afrique du Sud, le Kenya, le Nigeria, l'Ethiopie, entre autres en Afrique. On sait que les zones urbaines ont des taux de consommation très élevés, des systèmes de gestion du trafic médiocres et une mauvaise élimination des déchets. 75 % de l'énergie commerciale est consommée dans les zones urbaines et périurbaines. Elle se présente essentiellement sous la forme de combustibles fossiles, par exemple le charbon et les produits à base de pétrole. De plus, 80 % de tous les déchets sont produits par les villes et jusqu'à 60 % des émissions de GES qui causent le changement climatique émanent des villes. Les images satellitaires montrent que la plupart des déchets et de la pollution sont émis par les villes. Cette combinaison fait des zones urbaines un important facteur de GES.

2.4.4 Utilisation de combustibles fossiles

De nombreuses centrales électriques dans le monde brûlent des combustibles fossiles (dont le charbon, le pétrole et le gaz) pour produire de l'énergie. Le charbon est formé par les résidus de plantes et d'arbres anciens qui ont poussé il y a plus de 200 millions d'années. Le pétrole et le gaz sont constitués des restes de plancton microscopique. Au fil des millions d'années, ces vestiges deviennent le charbon, le pétrole et le gaz riches en carbone que nous pouvons utiliser comme combustible. Lorsque les combustibles fossiles sont brûlés, ils libèrent du CO_2 dans l'atmosphère, ce qui contribue au réchauffement climatique. L'utilisation de combustibles fossiles pour produire de l'énergie libère également des polluants dans l'atmosphère tels que le dioxyde de soufre.

Les combustibles fossiles constituent la principale source d'énergie de notre économie mondiale moderne. Toutefois, les stocks de combustibles fossiles sont limités et il faut trouver des solutions de remplacement. Une très grande partie des dirigeants mondiaux s'accordent à dire qu'il est urgent d'agir sur l'impact des combustibles fossiles sur le climat mondial. Parmi les efforts déployés à cette fin figurent l'interdiction de l'utilisation de combustibles fossiles et l'introduction de l'utilisation d'énergies renouvelables alternatives.

2.4.5 Agriculture

L'agriculture est généralement définie comme la culture des plantes et l'élevage. Cette activité est responsable d'environ un tiers du changement climatique. Il est généralement admis qu'environ 25% des émissions de CO_2 sont produites par l'agriculture, principalement par la déforestation, l'utilisation d'engrais à base de combustibles fossiles et la combustion de biomasse. La majeure partie du méthane dans l'atmosphère provient des ruminants domestiques, des feux de forêt, de la riziculture des zones humides et des déchets, tandis que le travail du sol et les engrais conventionnels représentent 70% des oxydes nitreux. Selon le GIEC, les trois principales causes de l'augmentation des GES observées au cours des 250 dernières années ont été les combustibles fossiles, l'utilisation des terres et l'agriculture.

Au cours des siècles passés, l'ingéniosité humaine a conduit à des progrès technologiques dans l'agriculture, ces derniers ont permis une augmentation substantielle des rendements des cultures, en partie stimulée pour répondre à la croissance démographique. Les méthodes agricoles intensives auraient des effets néfastes sur l'environnement. Le secteur agricole est devenu l'un des principaux facteurs d'émissions de gaz et des effets de l'utilisation des terres. En somme, ces procédés agricoles représentent 54% des émissions de méthane, environ 80% des émissions de protoxyde d'azote et pratiquement toutes les émissions de CO_2 liées à l'utilisation des terres. La déforestation à des fins de défrichement des terres affecte également la réabsorption régionale du carbone, ce qui peut entraîner une augmentation des concentrations de CO_2, le principal GES. Dans le monde entier, la production animale occupe 70% de toutes les terres utilisées pour l'agriculture, soit 30% de la surface terrestre.

Résumé sur la contribution des activités agricoles au changement climatique

La pratique des cultures et de l'élevage pour l'alimentation contribue aux émissions de diverses manières.

- Les diverses pratiques de gestion des sols agricoles peuvent entraîner la production et l'émission d'oxyde nitreux (N_2O) ; les activités qui peuvent contribuer à la production de N_2O provenant des terres agricoles vont de l'application d'engrais aux méthodes d'irrigation et de travail du sol ; la gestion des sols agricoles représente plus de la moitié du secteur agricole ;
- le bétail, en particulier les bovins, produit du méthane (CH_4) dans le cadre de leur digestion ; ce processus est appelé fermentation entérique et représente près d'un tiers des émissions de l'agriculture ;
- la façon dont le fumier du bétail est géré contribue également aux émissions de CH_4 et de N_2O ; les méthodes de stockage du fumier et le degré d'exposition à l'oxygène et à l'humidité peuvent influer sur la façon dont ces GES sont produits ; la gestion du fumier représente environ 12 % des émissions totales de GES de l'agro-industrie aux États-Unis ; et
- les plus petites sources d'émissions comprennent la culture du riz, qui produit du CH_4, et la combustion des résidus de culture, qui produit du CH_4 et du N_2O.

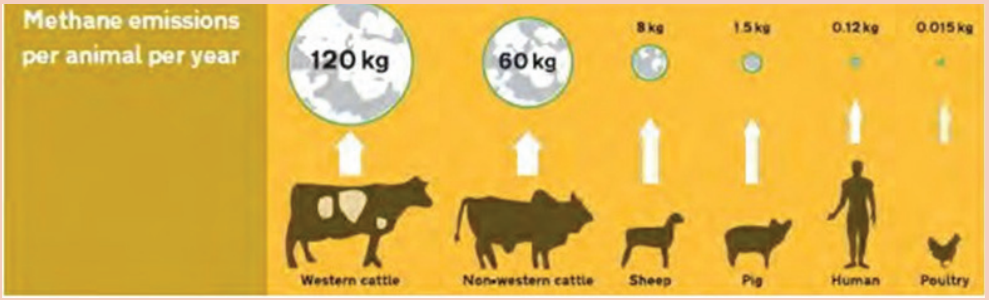


Figure 5. Émissions de méthane par animal et par an en kg.
Source-http://www.worldfuturecouncil.org/2326.html

Activité 1

Expliquez comment les pratiques suivantes peuvent contribuer au changement climatique

- l'agriculture ;
- l'utilisation des terres, le changement d'affectation des terres et la foresterie ;
- l'utilisation des combustibles fossiles ;
- l'urbanisation et le peuplement ; et,
- la déforestation et la dégradation des forêts.

Activité 2

Décrivez les causes du changement climatique dans votre localité

Question d'auto-évaluation/révision

Faire la distinction entre les facteurs naturels et les facteurs anthropiques qui causent le changement climatique.

Résumé

La première section de ce chapitre a présenté comment les variations régulières de l'orbite terrestre autour du soleil, les changements de la production thermique solaire, les niveaux fluctuants de l'activité magnétique solaire et les impacts des objets extraterrestres affectent le changement climatique. Le prochain sujet porte sur la manière dont certains facteurs appelés facteurs internes contribuent également au changement climatique.

La deuxième section du chapitre a décrit comment les moteurs internes - éruptions volcaniques, tremblements, tectonique des plaques ; l'albédo de la Terre (équilibre radiatif à la surface de la Terre) ; et les feux de forêt causés par des facteurs naturels comme la foudre - contribuent au changement climatique. Le thème suivant présente les moteurs anthropiques du changement climatique.

Outre les causes naturelles, les moteurs de changement climatique sont également anthropiques, ce qui signifie qu'ils sont induits par l'homme. Depuis des siècles, les humains se livrent à des activités qui augmentent la quantité de GES dans l'atmosphère. Les types de causes anthropiques comprennent les changements de la couverture terrestre et de l'utilisation des terres, la déforestation et la dégradation des forêts, l'urbanisation, l'utilisation de combustibles fossiles et l'agriculture. Chacun d'entre eux a un impact unique sur le système climatique, et le degré d'impact varie également d'un endroit à l'autre.

Références

Crowley, T.J., 2000. Causes of climate change over the past 1000 years. Science 289(5477):270-277.

Goodess, C.M., J.P. Palutikof & T.D. Davies, 1992. The nature and causes of climate change: assessing the long-term future. Belhaven Press.

Hansen, J., L. Nazarenko, R. Ruedy, M. Sato, J. Willis, A. del Genio, D. Koch, A. Lacis, K. Lo, S. Menon, T. No- vakov, J. Perlwitz, G. Russell, G.A. Schmidt & N. Tausnev, 2005. Earth's energy imbalance: Confirmation and implications. Science 308:1431-1435.

IPCC, 2014. Summary for policymakers. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assess- ment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change[Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken,

K.J. Mach, M.D. Mastrandrea,

T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1-32.

IPCC, 2012. Managing the risk of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. A special report of working group 1 and 2 of IPCC. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, USA, 582pp.

IPCC, 2007. Fourth Assessment Report: The Physical Science of Climate Change 2007 – Working Group 1. Cambridge Press, UK.

Qin, Dahe, et al., 2014. Climate change 2013: The physical science basis. Ed. Thomas Stocker. Cambridge, UK, and New York: Cambridge University Press.

Shell, K.M. (n.d.). The albedo effect and global warming. Available at: https://www.skepticalscience.com/earth-albedo-effect.htm

UK National ecosystem assessment (UK NEA), 2011. Synthesis of the Key Findings. Information Press, Ox- ford, Available at: http://uknea.unepwcmc.org/Resources/tabid/82/Default.aspx

UNEP, 2008. Africa: Atlas of Our Changing Environment. Division of Early Warning and Assessment (DEWA).

United Nations Environment Programme, Nairobi.

Chapitre 3 : Changement climatique et écosystèmes

3.1 Aperçu du chapitre

Ce chapitre fournit les définitions des concepts sur le changement climatique et les écosystèmes, le fonctionnement d'un écosystème, la perturbation des écosystèmes sous le changement climatique, la pollution de l'air, du sol et de l'eau, les indicateurs de perturbation des écosystèmes et les défis et opportunités du changement climatique sur les écosystèmes.

Résultats d'apprentissage attendus

A la fin de ce chapitre, les apprenants seront en mesure de :

- Expliquer les effets des changements climatiques sur les écosystèmes forestiers et aquatiques ;
- Décrire les indicateurs de perturbation des écosystèmes ;
- Évaluer les défis et les opportunités du changement climatique sur les écosystèmes

Objectifs

- définir le concept d'écosystème ;
- expliquer la différence entre la biocénose et le biotope ; et
- expliquer le fonctionnement et l'importance d'un écosystème.

3.2 Définition des concepts

Biocénose. Il s'agit d'associations spécifiques de microorganismes, de plantes et d'animaux qui dépendent d'une zone donnée (phytocénose, zoocénose, microcénose).
Biotope. Il s'agit d'une zone de conditions environnementales homogènes ou similaires qui fournit un habitat à un groupe de plantes et d'animaux (par exemple, la forêt tropicale humide du Congo). Les facteurs environnementaux peuvent être de nature physique ou chimique. Les facteurs physiques (climat, topographie et sol), et les facteurs chimiques (oxygène, sels minéraux, pH) ; d'autres sont des facteurs abiotiques dans l'eau et le sol.

Ecosystème. Un écosystème est un système fonctionnel qui comprend une communauté d'êtres vivants et leur environnement. C'est une unité relativement stable et intégrée qui s'appuie sur des organes photosynthétiques. Un écosystème est considéré comme une sorte d'entité collective, composée d'individus transitoires, dont certains peuvent vivre jusqu'à plusieurs milliers d'années (les grands arbres, par exemple), tandis que certains microorganismes ne peuvent vivre que quelques heures, voire quelques minutes.

Une unité écologique est formée par un biotope et une biocénose et les relations entre les êtres vivants (interaction biotique), les relations entre les êtres vivants et leur biotope, et la relation entre l'écosystème et son environnement.

3.2.1 Fonctionnement

Interaction

Le sol est un élément essentiel à toute vie sur terre. Les êtres vivants tirent une grande partie de leurs besoins du sol (eau et sels minéraux pour les plantes, source de nourriture pour de nombreux animaux) ; en plus ils rejettent la plupart de leurs déchets dans le sol. Le sol est aussi la plus extraordinaire usine de recyclage où les déchets organiques (cadavres, déchets animaux et végétaux) sont séparés et transformés en éléments minéraux qui seront utilisés par les plantes.

Chaînes trophiques

Un écosystème est une unité intégrée (avec ses diverses composantes abiotiques et biotiques) qui fonctionne, malgré la concurrence d'un grand nombre d'organismes pour les ressources. Tout être vivant, même le plus petit (bactéries, champignons, etc.) constitue une source de nourriture pour un autre organisme vivant. C'est ce qu'on appelle la chaîne trophique ou chaîne alimentaire, qui consiste en un transfert de matière et d'énergie d'un niveau trophique à un autre.

Le producteur est l'ensemble des plantes vertes qui fixent l'énergie de la lumière du soleil (photosynthèse). Il y a en moyenne 1 à 5 % de l'énergie solaire qui est captée par les plantes.

Les consommateurs. Tous les végétaux et les animaux consomment de la matière organique des producteurs pour obtenir l'énergie nécessaire à leur métabolisme. Cette production d'énergie provient essentiellement de la dégradation oxydative (respiration) de la matière organique (catabolisme). Ensuite, il y aura l'édification de la propre matière (organique) de ces consommateurs (anabolisme).

Les décomposeurs sont principalement des bactéries et des champignons. Ils se nourrissent de matières organiques mortes (cadavres, litière, etc.). Leur rôle est de décomposer la matière organique ou de la minéraliser (en CO_2, NH_3, H_2S, etc.). Ces éléments minéraux seront absorbés par d'autres bactéries, par exemple les bactéries nitrifiantes → nitrates, bactéries sulforéductrices → sulfates, etc.

Dynamique de l'écosystème

La dynamique des écosystèmes forestiers est caractérisée par des cycles qui peuvent être appréhendés à des échelles temporelles et spatiales très différentes. Ainsi, un cycle interglaciaire s'étend sur plusieurs dizaines de milliers d'années et concerne un continent ; on observe un lent repeuplement de la forêt puis sa disparition au profit d'une steppe, d'une toundra ou de glaciers. Les changements de température et, plus généralement, de climat sont le moteur de ces processus.

La structure et l'évolution du peuplement (composition floristique, densité, surface terrière) ; la structure et l'évolution des populations ; les perturbations climatiques ou les catastrophes naturelles conduisant à des phénomènes régressifs qui réactivent de nouveaux processus progressifs ; les actions anthropiques conduisant à la diversification des trajectoires dynamiques observées.

3.3 Perturbation des écosystèmes sous l'effet du changement climatique

Les études sur les effets du climat sur les écosystèmes forestiers se sont concentrées sur la capacité des espèces à tolérer les changements de température et d'humidité et à se disperser, mais ont ignoré l'effet des perturbations causées par le changement climatique (Ojima et al., 1991).
Les perturbations, tant nrtaturelles qu'anthropiques, façonnent les écosystèmes forestiers en influençant leur composition, leur structure et leurs processus fonctionnels. Les perturbations naturelles comprennent les incendies, la sécheresse, l'introduction d'espèces, les épidémies d'insectes et de pathogènes, qui affectent les forêts différemment. Les perturbations forestières influencent également la quantité de carbone stockée dans les arbres ou le bois mort. Toutes ces perturbations naturelles interagissent avec les effets induits par l'homme, par exemple la pollution et le changement d'affectation des terres. Le changement climatique peut affecter les forêts en modifiant la fréquence, l'intensité, la durée et la période des incendies, de la sécheresse, des espèces introduites, des épidémies d'insectes et de pathogènes, etc.

Objectifs
A la fin de cette session, les apprenants devraient être capables de :
- décrire les effets du changement climatique sur les écosystèmes forestiers ; et
- décrire les effets du changement climatique sur les écosystèmes aquatiques.

3.3.1 Effets du changement climatique sur les écosystèmes forestiers et aquatiques

Le changement climatique global est la source la plus importante d'impact sur les écosystèmes forestiers. Le climat a une influence décisive sur les rythmes de respiration et de production des forêts et sur d'autres processus, en agissant sur la température, le forçage radiatif atmosphérique et les régimes hydriques à moyen et long terme. De plus, le climat et les conditions météorologiques influencent les processus à court terme comme les incendies, l'herbivorie et la migration des espèces. Le changement climatique aura un effet négatif sur les écosystèmes forestiers car il peut entraîner le dépassement de la tolérance physiologique de ceaines espèces et la modification de nombreux processus biophysiques forestiers. La plupart des études scientifiques montrent que de nombreuses forêts tropicales ne seront pas résilientes au changement climatique à long terme si la tendance actuelle et prévue des précipitations diminue et que la sécheresse augmente (Betts et al., Sanderson ; Woodward, 2008 ; Malhi et al., 2008). Le changement climatique a également un impact important sur les écosystèmes aquatiques.

3.4 Pollution de l'air, du sol et de l'eau

Objectifs

A la fin de cette session, les participants seront en mesure de :

- identifier les sources de pollution des milieux récepteurs ;
- expliquer le sort des polluants ; et
- décrire les effets de la pollution sur les trois zones réceptrices.

3.4.1 Pollution atmosphérique

Le développement industriel et la circulation des véhicules s'accompagnent du rejet dans l'atmosphère de quantités importantes de fumées, de gaz toxiques et d'autres substances polluantes. L'augmentation de la production d'énergie, l'industrie métallurgique, les cimenteries, le trafic routier, l'incinération de grandes quantités de déchets et la fermentation de la matière organique jouent un rôle important dans la pollution atmosphérique (Choi et al., 2009 ; Ramade, 1995).

3.4.2 La pollution des sols par l'agriculture moderne, les activités industrielles et minières

L'intensification de l'agriculture, l'utilisation de quantités de plus en plus importantes de substances artificielles (engrais chimiques, pesticides, etc.), conduisent à une contamination irréversible des sols cultivés. La pollution chimique, accompagnée de leur surcharge locale de produits organiques fermentescibles excédentaires, met inévitablement en péril la fertilité des sols à long terme.
Les pratiques actuelles de surfertilisation avec des engrais minéraux, combinées à l'arrêt du recyclage de la matière organique dans les sols cultivés, représentent une menace à long terme pour la fertilité de ces derniers.

3.4.3 Pollution des eaux continentales et océaniques

La pollution biologique de l'eau entraîne une forte contamination bactériologique. L'utilisation des cours d'eau comme moyen de dilution des effluents urbains a de graves conséquences pour l'hygiène publique. La pollution par la matière organique permet à de nombreuses espèces de germes pathogènes de se multiplier. La pollution minérale des eaux résulte du rejet dans ces dernières de divers composés tels que les nitrates, les phosphates et autres sels utilisés en agriculture, divers résidus rejetés par les industries.
L'eau peut également être polluée par des substances organiques synthétiques. La production et l'utilisation de produits chimiques agricoles constituent une menace importante pour l'hydrosphère (Gu et al., 2015 ; Ramade, 1995). Les plastiques sont des contaminants très communs dans les rivières et dans l'environnement marin en Afrique.

3.5 Indicateurs de perturbation des écosystèmes

Objectifs

À la fin de cette session, les apprenants devraient être en mesure de

- expliquer les indicateurs de perturbation liés au climat ;
- discuter des indicateurs de perturbation liés au couvert végétal ;
- expliquer les indicateurs de perturbation liés à la qualité de l'air ;
- décrire les indicateurs de perturbation liés au sol ;
- expliquer les indicateurs de perturbation liés à la qualité de l'eau ;
- évaluer les indicateurs de perturbation liés aux rendements agricoles ;et
- expliquer les bio-indicateurs.

3.5.1 Indicateurs liés au climat

Les principaux indicateurs climatiques de perturbation des écosystèmes comprennent les températures maximales et minimales, les précipitations quotidiennes, le rayonnement solaire, la réserve d'eau du sol, la fréquence et l'intensité des inondations et des sécheresses.

3.5.2 Indicateurs relatifs au couvert végétal et à la qualité de l'air

L'indice de végétation normalisé, c'est-à-dire la mesure de la biomasse et les changements saisonniers de la végétation, sont les principaux indicateurs du couvert végétal. En ce qui concerne l'air, sa qualité est souvent appréciée sur la base des principaux GES industriels, dont le CO_2 et le CH_4, les sources d'émissions dues aux activités humaines, notamment l'utilisation de combustibles fossiles (charbon, produits pétroliers, gaz naturel), la déforestation, l'agriculture, l'élevage, l'urbanisation, la réfrigération, ainsi que l'élimination et le traitement des déchets.

3.5.3 Indicateurs liés au sol

Les principaux facteurs déterminants sont les précipitations, les pratiques agricoles inappropriées, la croissance démographique, le régime foncier, les taux de pauvreté et les mesures institutionnelles.

3.5.4 Indicateurs liés à la qualité de l'eau

Paramètres physico-chimiques. La température de l'eau joue un rôle important notamment, en ce qui concerne la solubilité des sels et des gaz, y compris, entre autres, l'équilibre oxygéné de la vie aquatique. En outre, la température augmente la vitesse des réactions chimiques et biochimiques d'un facteur 2 à 3 pour une augmentation de température de 10 °C.

La conductivité électrique (CE) est une expression numérique de la capacité d'une solution à conduire le courant électrique. La plupart des sels minéraux en solution sont de bons conducteurs. La mesure de la conductivité permet de déterminer la quantité globale de sels dissous dans les eaux.

Le pH est la mesure de l'acidité de l'eau. L'échelle de pH s'étend en pratique de 0 (très acide) à 14 (très alcalin) ; la valeur médiane 7 correspond à une solution neutre à 25 °C.

Les matières en suspension comprennent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se dissolvent pas dans l'eau. Ils comprennent l'argile, le sable, le limon, les petites matières organiques et minérales, le plancton et d'autres microorganismes insolvables dans l'eau.

Paramètres chimiques et organiques. La demande chimique en oxygène (DCO) et la demande biochimique en oxygène (DBO) sont des paramètres permettant d'évaluer la qualité de l'eau. La mesure de ces deux paramètres est basée sur la différence entre la teneur initiale en oxygène dissous et la teneur finale en oxygène dissous après oxydation de la matière organique présente dans un échantillon d'eau. Le rapport entre la DBO et la DCO est une mesure indicative de la «dégradabilité» biochimique des composés présents dans l'eau.

Les concentrations d'oxygène dissous sont, avec les valeurs de pH, l'un des paramètres de qualité de l'eau les plus importants pour la vie aquatique. L'oxygène dissous dans les eaux de surface provient principalement de l'atmosphère et de l'activité photosynthétique des algues et des plantes aquatiques.

Paramètres chimiques minéraux. Concentrations de nitrites (NO_2-), de nitrates (NO_3-), d'ammoniac (NH_3)

L'ammonium (NH_4 +), les phosphates (PO_3-), l'azote (N) et le phosphore (P) sont des paramètres importants pour la surveillance de la qualité des eaux de surface.

3.5.5 Indicateurs liés aux rendements agricoles

Les principaux déterminants des rendements agricoles sont la température, les précipitations, l'humidité du sol, l'évolution de la demande en eau agricole, la disponibilité de l'eau dans le sol, l'indice de stress, l'évolution de la biomasse et de la couverture végétale et la projection des rendements agricoles dans différentes régions d'Afrique.

3.6 Défis et opportunités du changement climatique sur les écosystèmes

3.6.1 Défis

Objectifs

- À la fin de cette session, l'apprenant devrait être capable de :
- Analyser les défis et les opportunités associés à la réponse des écosystèmes au changement climatique.

Les défis se manifestent à travers un certain nombre d'indicateurs, par exemple la perte de biodiversité, l'augmentation de la température, l'augmentation des événements extrêmes, entre autres, commentés ci-dessous.

Perte de la biodiversité

Avec l'expansion des activités humaines, en particulier l'agriculture mais aussi la colonisation et le développement industriel, au cours des derniers siècles, la végétation naturelle comme les forêts, les prairies et les landes a été de plus en plus défrichée ; ainsi, les communautés végétales autrefois étendues ont été réduites en taille et divisées en petites parcelles. Cette réduction et cette fragmentation de l'habitat limitent la capacité de nombreuses espèces à migrer vers des zones où les conditions sont favorables. Les espèces vivant au sommet des montagnes, sur les îles et les péninsules auront un problème similaire.

Le déclin de la biodiversité (le nombre d'espèces différentes d'organismes sur Terre) qui s'est produit au cours des dernières décennies est cependant un déclin rapide. La perte de la biodiversité menace la sécurité et le bien-être de l'homme. Les chaînes alimentaires dont nous dépendons seront perturbées, les sources d'eau pourraient disparaître, et les médicaments et autres ressources obtenus à partir d'organismes perdus ou d'organismes qui en dépendent pourraient être perdus pour nous. Le changement climatique est l'un des principaux facteurs de la perte de biodiversité, et son impact devrait être encore plus important dans les décennies à venir. La fonte de la glace de mer arctique, l'acidification des océans, le réchauffement des températures, les phénomènes météorologiques extrêmes et l'élévation du niveau de la mer auront un effet dévastateur sur certaines espèces (Boyd et Banzhaf, 2006). Le changement climatique affecte les habitats de plusieurs espèces, qui doivent soit s'adapter, soit migrer vers des zones où les conditions sont plus favorables.

La déforestation est une activité humaine qui a un impact énorme sur la biodiversité. Elle contribue également à la modification des habitats, ce qui affecte encore plus les habitats. Même de petits changements dans les températures moyennes peuvent avoir un effet important sur les écosystèmes. La nature interconnectée des écosystèmes signifie que la perte d'espèces peut avoir des répercussions sur toute une série de fonctions des écosystèmes. En général, les espèces ayant une enveloppe climatique restreinte, de petites populations et une capacité de migration limitée sont les plus susceptibles de souffrir du changement climatique rapide.

Élévation de la température et blanchiment du corail

Un certain nombre d'espèces seront physiologiquement affectées par le changement climatique. Il est prouvé que certaines espèces sont physiologiquement vulnérables aux hausses de température.

La hausse des températures à la surface de la mer est responsable de l'augmentation d'un phénomène appelé blanchiment du corail. Il s'agit d'un blanchissement du corail causé par l'expulsion de leurs zooxanthelles, une algue photosynthétique symbiotique qui vit dans les tissus coralliens et leur fournit des nutriments essentiels. Les zooxanthelles donnent également aux coraux leur spectaculaire gamme de couleurs. Les zooxanthelles sont expulsées lorsque le corail est soumis à un stress dû à des facteurs environnementaux tels que des températures d'eau anormalement élevées et/ou la pollution. Comme les zooxanthelles aident les coraux à produire des nutriments, leur perte peut affecter la croissance des coraux et les rendre plus vulnérables aux maladies. L'acidification des océans représente un autre défi pour les coraux, car elle rend plus difficile la construction de leur squelette.

Augmentation des événements extrêmes

Les changements prévus dans l'intensité, la fréquence et l'étendue des perturbations telles que les incendies, les cyclones, les sécheresses et les inondations vont mettre la végétation existante sous tension et favoriser les espèces capables de coloniser rapidement les zones dénudées. Dans de nombreux cas, cela se traduira par la propagation d'espèces exotiques de «mauvaises herbes» et par des changements majeurs dans la distribution et l'abondance de nombreuses espèces indigènes. Les vagues de chaleur peuvent affecter la biodiversité des écosystèmes marins, comme on l'a vu en 2010-2011 dans le sud-ouest de l'Australie. Des périodes prolongées de températures de la mer plus élevées ont entraîné l'arrêt de l'industrie de l'ormeau, et la migration des requins baleines et des raies manta plus au Sud et à l'Est que d'habitude.

Le type, la fréquence et l'intensité des événements extrêmes devraient changer au fur et à mesure que le climat de la Terre évolue, et ces changements pourraient se produire même avec un changement climatique moyen relativement faible. Des changements dans certains types d'événements extrêmes ont déjà été observés, par exemple l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des vagues de chaleur et des fortes précipitations. Dans un climat futur plus chaud, il y aura un risque accru de vagues de chaleur plus intenses, plus fréquentes et plus durables. Un aspect connexe des extrêmes de température est qu'il est probable que la gamme de températures quotidiennes (diurnes) diminue dans la plupart des régions. Il est également probable qu'un climat futur plus chaud comptera moins de jours de gel. La durée de la saison de croissance est liée au nombre de jours de gel et devrait augmenter avec le réchauffement du climat. Il est probable que la fréquence des épisodes d'air froid (c'est-à-dire des périodes de froid extrême allant de plusieurs jours à plus d'une semaine) diminue au cours des hivers de l'hémisphère nord.

Précipitations

La nature marginale de l'environnement dans les zones arides signifie que même des changements mineurs dans le régime des précipitations pourraient avoir des impacts majeurs sur les plantes et les animaux.

Augmentation du dioxyde de carbone et de la croissance des plantes

Les ingrédients de base de la photosynthèse sont le CO_2 et l'eau. L'augmentation du CO_2 dans l'atmosphère entraîne une augmentation des taux de croissance de nombreuses espèces végétales. Cependant, l'effet du CO_2 sur la croissance des plantes doit être soutenu par une humidité et des nutriments adéquats du sol. Il a été observé qu'une augmentation des concentrations de CO_2 pourrait diminuer la valeur nutritionnelle du feuillage et affecter les animaux herbivores. La plupart du CO_2 émis dans l'atmosphère est absorbé par les océans. Cela a entraîné une diminution du pH de l'océan, qui à son tour affecte la vitesse à laquelle de nombreux organismes marins construisent leur squelette, ce qui signifie que les récifs endommagés par le blanchiment ou d'autres agents se reconstitueraient plus lentement.

Elévation du niveau de la mer

Selon un rapport du GIEC, le niveau de la mer devrait augmenter de 26 à 98 centimètres d'ici 2100, en raison de l'expansion thermique des océans et de la fonte des calottes polaires et des glaces. Associée aux effets des ondes de tempête, qui devraient être d'une plus grande ampleur dans un monde plus chaud, cette augmentation du niveau de la mer pourrait menacer de nombreux écosystèmes côtiers. Les forêts de mangrove et les zones humides d'eau douce de faible altitude sont également menacées.

Réduction du rendement des cultures

Bien que les recherches aient montré qu'une augmentation du CO_2 tend à favoriser la croissance des pâturages, cela pourrait être contrecarré par une réduction des précipitations ; une réduction de 10 % des précipitations moyennes devrait permettre de contrer l'effet d'un doublement de la concentration de CO_2 dans l'atmosphère. Si les précipitations diminuent de plus de 10 %, l'impact probable sera une réduction de la croissance des pâturages, ce qui est non seulement important pour la production animale, mais pourrait également entraîner une dégradation potentielle de l'environnement de certains pâturages. Parallèlement à la probabilité d'une croissance réduite des pâturages, il existe un potentiel de variabilité accrue de la production des pâturages.

Les plantes peuvent se différencier par leur capacité à s'acclimater à des augmentations graduelles de température, et l'incidence de températures extrêmes en dehors de la plage d'adaptation peut entraîner des changements dans la composition botanique des pâturages. En plus de ces impacts sur le rendement et la qualité des pâturages, l'augmentation de la température et de l'humidité aura un impact direct sur la capacité de production des animaux de pâturage, en particulier des bovins. L'adaptation à un stress thermique accru pourrait impliquer des croisements. D'autres industries animales intensives, telles que la volaille et les porcs, sont également vulnérables aux augmentations de température et au stress thermique qui en résulte pour les animaux. Les structures devront peut-être être réaménagées pour s'adapter aux conditions susceptibles d'être rencontrées dans un climat modifié. Une autre stratégie consiste à se réinstaller dans une région au climat plus favorable. L'une ou l'autre de ces options sera coûteuse, ce dernier ayant des répercussions sur les communautés locales, comme la modification des possibilités d'emploi.

Augmentation de l'incidence des parasites et des maladies

Les parasites et les agents pathogènes dépendent de la météo et beaucoup d'entre eux se développent dans des climats plus chauds et plus humides, c'est-à-dire le type de changement que le réchauffement climatique devrait entraîner au cours des prochaines décennies.

Augmentation de la sécheresse et des inondations

Les sécheresses. Les précipitations inférieures à la moyenne sont généralement la cause principale des sécheresses. C'est particulièrement vrai si cela se poursuit pendant une longue période. Il y a des saisons ou des années où les précipitations reçues sur une région donnée se situent dans la plage normale de variabilité. De même, il y a des périodes où les précipitations reçues sur une région sont soit supérie ures soit inférieures à la fourchette normale de variabilité. Le problème de la sécheresse est aggravé par des facteurs sociétaux défavorables tels que les mauvaises pratiques d'utilisation des terres, les conflits, la pauvreté, les mauvaises infrastructures de communication et le manque (ou la mauvaise mise en œuvre) des mécanismes traditionnels d'adaptation sont les principaux catalyseurs de la sécheresse des zones affectées.

Les inondations sont un flux excessif qui dépasse les canaux d'eau normaux. Souvent, les inondations résultent de fortes averses ou de précipitations. Le problème des inondations est aggravé par la déforestation et la dégradation des sols qui réduisent effectivement la capacité des canaux à transporter l'eau en raison de la charge des sédiments.

Activité 2 (Travail de groupe)

- Quelles sont les opportunités offertes par le changement climatique dans votre région ?
- Analysez les défis posés par le changement climatique dans votre région ?
- Proposez comment vous pouvez faire face à chacun des défis que vous avez mentionnés.

Outre le risque d'assèchement, il y a un risque accru de précipitations intenses et d'inondations en raison de la plus grande capacité de rétention d'eau d'une atmosphère plus chaude. Cela a déjà été observé et devrait continuer car dans un monde plus chaud, les précipitations ont tendance à se concentrer en événements plus intenses, avec de plus longues périodes de faibles précipitations entre les deux. Par conséquent, les pluies intenses et fortes seraient entrecoupées de périodes plus longues et relativement sèches. Un autre aspect de ces changements prévus est que les extrêmes humides devraient devenir plus sévères dans de nombreuses régions où les précipitations moyennes devraient augmenter, et les extrêmes secs devraient devenir plus sévères dans les régions où les précipitations moyennes devraient diminuer.

Questions d'auto-évaluation/ de révision

- Comment le changement climatique menace-t-il la biodiversité ?
- Décrire les inondations et les sécheresses provoquées par le changement climatique..

3.6.2 Opportunités

Le changement climatique n'entraîne pas toujours des défis, mais il peut aussi être associé à un certain nombre d'opportunités, par exemple la diversification des sources de revenus et les incitations en matière de carbone, entre autres. Nous allons maintenant explorer et essayer de comprendre certaines de ces opportunités.

Incitations au carbone

Les mesures d'incitation au carbone offertes pour la réduction des GES sont une occasion pour les pays d'investir dans ces projets et de gagner des revenus, ce qui leur procure de multiples avantages en matière de gestion et de conservation de l'environnement ainsi que de collecte des recettes. Le marché du carbone a atteint plus de 70 milliards d'euros, dont une grande partie a été investie dans les pays en développement. Les avantages qui en découlent sont notamment les nouvelles technologies en matière d'énergie et de production et la baisse des coûts de l'énergie.

Diversification des sources de revenus

Le changement climatique offre aux communautés la possibilité de diversifier leurs moyens d'existence dans des filières plus adaptatives et plus productives. Soutenues par une technologie et des capacités améliorées, ces communautés peuvent donc se diversifier en proposant des types de semences à meilleur rendement ou des cultures qui ont une meilleure valeur sur le marché, tout en veillant à ce que ces moyens de subsistance soient mieux adaptés aux conditions climatiques changeantes des lieux où elles se trouvent.

Augmentation des investissements dans l'amélioration de l'environnement

La nature accélérée du changement climatique et la fréquence croissante des événements climatiques extrêmes font que l'adaptation sera l'un des sujets qui connaîtra la croissance la plus rapide pour les gouvernements et le secteur privé, ajoutant que le moment est venu pour les entreprises de comprendre les avantages d'être des pionniers dans la réponse aux défis et aux opportunités du changement climatique. Une fois que l'adaptation sera entrée dans les phases de conception, d'ingénierie et de construction, les marchés des économies fortes connaîtront une croissance plus forte grâce à de grands projets tels que les usines de dessalement, les digues, les renforcements de ports et autres projets similaires. À long terme, les projets d'adaptation au changement climatique représenteront des dizaines de milliards de dollars par an, conception et construction comprises. La plupart d'entre eux seront orientés vers l'amélioration de l'environnement.

Amélioration de la production forestière primaire

Les plantes ont besoin d'eau, de soleil et de CO_2 pour survivre. Les forêts, comme toute autre plante, dépendent uniquement du CO_2 pour leur activité biologique. Elles s'en servent pour fabriquer leur propre nourriture, qui est soit stockée soit utilisée pour la croissance. Que se passerait-il s'il y avait beaucoup de CO_2 dans l'atmosphère ? Elles en bénéficieraient évidemment puisqu'elles peuvent croître plus rapidement grâce à la disponibilité d'un des composants dont elles ont besoin pour leur activité.

Par conséquent, l'augmentation actuelle des émissions de GES devrait avoir des effets positifs sur les forêts, car elles ont désormais de meilleures chances de prospérer. Cela est particulièrement vrai pour les forêts primaires, c'est-à-dire celles qui se régénèrent d'elles-mêmes sans aucune aide de l'homme. C'est le meilleur type de forêt car, comme nous l'avons remarqué, elles sont naturelles. Cela signifie qu'elles peuvent survivre dans les conditions climatiques de ce lieu et qu'elles abritent également une grande biodiversité, ce qui augmente les bénéfices qui peuvent en être tirés.

Renforcement des capacités

Les pays touchés par le changement climatique ont vu augmenter le besoin de capacités pour alimenter les activités d'adaptation et d'atténuation. Les organisations et les entreprises ont donc saisi cette occasion pour offrir aux communautés et aux pays une formation et un renforcement des capacités dans différents domaines, par exemple : la production d'énergie renouvelable, le développement des entreprises, la diversification des moyens de subsistance, etc. Cela signifie que de nouvelles capacités et compétences sont lentement introduites dans les pays et les communautés, ce qui leur permet de se développer plus rapidement qu'auparavant.

Amélioration de la mondialisation et de la mise en réseau

Le changement climatique constitue un programme mondial qui, par le passé, a rassemblé des pays et des organisations pour discuter et parvenir à un accord sur différentes questions liées au changement climatique et à la dégradation de l'environnement. Par exemple, la Conférence des Parties est un événement mondial qui rassemble des acteurs de différents horizons pour discuter des plans futurs en matière d'adaptation au changement climatique et d'atténuation de ses effets. Certaines entreprises y voient une occasion de se mettre en réseau et d'étendre leur champ d'action tout en encourageant un développement respectueux du climat.

Transfert de technologie

Afin de promouvoir à la fois l'atténuation et l'adaptation au changement climatique, les pays développés ont, au cours des dernières années, transféré des technologies aux pays en développement pour les aider à atteindre leurs objectifs d'atténuation et d'adaptation.

Les solutions technologiques sont impératives pour relever les défis du changement climatique. Facteur essentiel dans les émissions de GES, la technologie est également fondamentale pour améliorer les capacités existantes et diminuer les coûts de réduction de ces émissions (Becker, 2002). La large diffusion des technologies actuelles et la transition vers de nouvelles technologies, par exemple, ont amélioré l'efficacité de l'utilisation de l'énergie, introduit des sources d'énergie moins gourmandes en carburant et développé davantage les sources d'énergie renouvelables. La transition vers une économie à faible intensité de carbone a été guidée par des cycles de discontinuités et d'innovations technologiques. Les pays sont encouragés à promouvoir et à coopérer au développement et à la diffusion, y compris au transfert, des technologies qui contrôlent, réduisent ou préviennent les émissions de GES.

La plupart des transferts de technologie s'effectuent dans le secteur privé. Ce transfert peut être fondé sur le marché (par exemple, le commerce, les investissements étrangers et les licences de technologie) ou informel (par exemple, l'imitation et la mobilité du personnel technique et de direction). Le rôle du secteur public n'en est pas moins essentiel. Étant donné que le transfert de technologie n'est pas un processus automatique ou gratuit, des incitations juridiques et politiques sont souvent nécessaires pour atteindre des taux et des approches efficaces de transfert de technologie par rapport aux besoins et objectifs nationaux et internationaux.

Questions d'auto-évaluation/ de révision

Expliquez comment le changement climatique peut offrir des opportunités pour

- la diversification des sources de revenus ;
- le renforcement des capacités ;
- l'amélioration de la production de la forêt primaire ;
- l'amélioration de la mondialisation et de la mise en réseau ;
- l'augmentation des investissements dans l'amélioration de l'environnement ; et
- le transfert de technologie.

Résumé

Ce chapitre a expliqué le concept de changement climatique et d'écosystèmes. Un écosystème est un système fonctionnel qui comprend une communauté d'êtres vivants et leur environnement. Les perturbations des écosystèmes dans le cadre du changement climatique sont traitées et ces perturbations sont à la fois naturelles et induites par l'homme. Les perturbations naturelles de la forêt comprennent les incendies, la sécheresse et les invasions d'insectes et d'agents pathogènes d'espèces introduites. D'autre part, les effets induits par l'homme sur l'environnement sont, par exemple, la pollution et le changement d'affectation des sols.

Divers indicateurs de perturbation des écosystèmes sont expliqués. Il existe différents indicateurs tels que les indicateurs liés au climat, les indicateurs liés au sol, les indicateurs liés à la qualité de l'eau et les indicateurs liés aux rendements agricoles. Enfin, les défis et les opportunités du changement climatique sur l'écosystème ont été bien discutés. Parmi les défis à relever figurent la perte de la biodiversité, le blanchiment des coraux et l'augmentation de la température. Les opportunités comprennent des incitations à la production de carbone et la diversification des sources de revenus.

Références

Becker, L., 2002. Coups répétés. Scientific American 286:76-83.

Boyd, J. & S. Banzhaf, 2006. Que sont les services écosystémiques. La nécessité d'uniformiser les unités de comptage de l'environnement. Document de travail, Ressources pour l'avenir, 29 p.

Bradley, B.A., M. Oppenheimer & D.S. Wilcove, 2009. Changement climatique et invasions végétales : des opportunités de restauration ? Global Change Biology 15(6):1511-1521.

Choi, S.N. Kim, H. Cha et R. Ha. Nœud de microcapteur pour la surveillance des polluants atmosphériques : Questions relatives au matériel et aux logiciels. InSensors MEMS, 2009.

Doney, S.C., M. Ruckelshaus, J.E. Duffy, J. P. Barry, F. Chan, C.A. English, H.M. Galindo, J.M. Grebmeier, A.B. Hollowed, N. Knowlton & J. Polovina, 2011. Le changement climatique a des répercussions sur les écosystèmes marins.

Canards Illimités Canada, 2004. Valeurs naturelles. Dans Valeurs des zones humides. Disponible à l'adresse suivante : http://www.ducks.ca/con- serve/wetland_values/pdf/nvalue.p

Gameren, V. van, 2013. Adaptation au changement climatique : une étude de cas sur les propriétaires forestiers privés en Wallonie. Quelle transition pour nos sociétés ? , 151.

Gu, Baojing, Ju, Xiaotang, Jie Chang, Ge Ying et Vitousek, Peter M, 2015. Bilans intégrés de l'azote réactif et tendances futures en Chine. PNAS, 112 (28) : 8792-8797

Hoegh-Guldberg, O. & J. F. Bruno, 2010. L'impact du changement climatique sur les écosystèmes marins de la planète. Sci- ence 328(5985):1523-1528.

Lindner, M., M. Maroschek, S. Netherer, A. Kremer, A. Barbati, J. Garcia-Gonzalo, R. Seidl, S. Delzon, P. Co- rona, M. Kolström & M.J. Lexer, 2010. Les impacts du changement climatique, la capacité d'adaptation et la vulnérabilité des écosystèmes forestiers européens. Écologie et gestion des forêts 259(4):698-709.

Massicotte, E., 2012. Évaluation de la valeur économique des biens et services écologiques : Approche du lac Brompton, méthodes et exemples (thèse de doctorat, Université de Sherbrooke).

Mayrand, K., M. Paquin & C.L. Carpentier, 2004. Paiement des services environnementaux : Étude et évaluation des systèmes actuels. Montréal, Commission de coopération environnementale de l'Amérique du Nord, 59 .

Scholze, M., W. Knorr, N. W. Arnell & I.C. Prentice, 2006. Une analyse des risques liés au changement climatique pour les écosystèmes mondiaux. Actes de l'Académie nationale des sciences 103(35):13116-13120.

Soto, M.A.C., O.S. Bonilla, V.R. Gatjens & M.M. Quirós, 2002. Gestion et participation locales autour du paiement des services environnementaux : Études de cas au Costa Rica. Centre international de politique économique, CINPE, San José, Costa Rica.

Stewart, S. & S. Springs, 2016. 5. États-Unis d'Amérique. Rapport de l'UNESCO sur la science : vers 2030. 129 pages.

Wallace, K.J., 2007. Classification des services écosystémiques : Problèmes et solutions. Biological Conservation 139:235-246. http://galileo.cyberscol.qc.ca/InterMet/climat/climat_du_monde.htm http://www.uvt. rnu.tn/resources-uvt/cours/zoologie/chapitre1/chap1/Chapitre-3/index.html http://www.fao.org/docrep/003/s8500f/s8500f0e.htm http://canadianbiodiversity.mcgill.ca/francais/patterns/surveys.htm http://www.bf. refer.org/toure/pageweb/erohydry.htm#formes

Le cycle de l'eau. http://water.usgs.gov/edu/watercyclefrench.html#global

Chapitre 4 : Vulnérabilité et impact du changement climatique

4.1 Aperçu du chapitre

Dans le chapitre précédent, nous avons appris la signification des causes anthropiques du changement climatique et des différents types de ces causes. Nous avons également identifié quelques exemples de ces moteurs dans notre voisinage. Dans ce chapitre, les concepts de vulnérabilité et d'impact du changement climatique nous serons présentés.

La vulnérabilité au changement climatique comprend un ensemble de conditions déterminées par des facteurs ou des processus physiques, sociaux, économiques et environnementaux, qui augmentent la vulnérabilité d'une communauté à l'impact des dangers ou à un stress externe (Downing et al., 2003).

Les impacts du changement climatique démontrent l'effet du changement climatique sur différents secteurs dans les systèmes naturels et humains. Ces impacts ont de graves implications pour les sociétés en aggravant les vulnérabilités (Hellmuth et al., 2009). Pour les contenir, il faudra développer des mécanismes d'adaptation au changement climatique. Ce chapitre présente aux stagiaires les concepts de vulnérabilité, de vulnérabilité biophysiques et ses impacts, de vulnérabilité socio-économique et ses impacts et de réduction des risques liés au changement climatique. Les questions clés sont mises en évidence dans les sous-sections qui suivent.

Résultats d'apprentissage escomptés

À la fin de ce chapitre, les apprenants devraient être en mesure de :

- Expliquer la signification de la vulnérabilité au changement climatique ;
- Évaluer les conséquences du changement climatique à l'échelle mondiale et dans votre voisinage

4.2 Le concept de vulnérabilité

Définition de la vulnérabilité

La vulnérabilité d'un système se réfère à ses aspects physiques, sociaux et économiques. Selon le GIEC (2007), la vulnérabilité est fonction du caractère, de l'ampleur et du taux de variation du climat auquel un système est exposé, de sa sensibilité et de sa capacité d'adaptation. Mathématiquement, on peut dire que c'est

Vulnérabilité = f (exposition, sensibilité, capacité d'adaptation)
L'exposition, la sensibilité et la capacité d'adaptation sont connues comme étant les facteurs qui déterminent la vulnérabilité. Elles sont brièvement abordées ci-dessous.

L'exposition est définie comme le degré de stress climatique sur une unité d'analyse particulière ; elle peut être représentée soit par un changement à long terme des conditions climatiques, soit par des changements dans la variabilité du climat, y compris l'ampleur et la fréquence des événements extrêmes (McCarthy, 2001). L'exposition dépend des éléments qui peuvent être affectés par le changement climatique (populations, ressources, biens, etc.) et du changement du climat lui-même (élévation du niveau de la mer, précipitations, changements de température, etc.)

La sensibilité est la mesure dans laquelle un système sera affecté par les stimuli climatiques ou y réagira. La sensibilité est essentiellement l'effet biophysique du changement climatique. Elle peut être modifiée par des changements socio-économiques (Patt et al., 2005). Par exemple, les nouvelles variétés de cultures pourraient être plus ou moins sensibles au changement climatique.

La capacité d'adaptation désigne le potentiel ou la capacité d'un système à s'adapter au changement climatique, y compris à la variabilité et aux extrêmes climatiques, de manière à modérer les dommages potentiels, à tirer parti des opportunités ou à faire face aux conséquences (Smit et Pilifosova, 2001). Comme son nom l'indique, la capacité d'adaptation est la capacité d'un système à s'adapter aux effets du changement climatique. Les facteurs qui déterminent la capacité d'adaptation sont notamment les suivants : Richesse ; technologie ; éducation ; institutions ; information ; infrastructure ; et capital social.

Important à noter
En d'autres termes, plus l'exposition ou la sensibilité est grande, plus la vulnérabilité est grande. Cependant, la capacité d'adaptation est inversement liée à la vulnérabilité. Ainsi, plus la capacité d'adaptation est grande, moins la vulnérabilité est grande. Par conséquent, la réduction de la vulnérabilité impliquerait de réduire l'exposition par des mesures spécifiques telles que la construction d'une digue en cas d'élévation du niveau de la mer, ou l'augmentation de la capacité d'adaptation par des activités étroitement liées aux priorités de développement.

La vulnérabilité n'est pas seulement générale. Il existe des types spécifiques de vulnérabilités, à savoir : Vulnérabilités socio-économique, des moyens de subsistance et biophysique.

Vulnérabilité socio-économique et des moyens de subsistance
Elle concerne les facteurs sociaux et économiques auxquels sont confrontés les systèmes/personnes. Les exemples de facteurs socio-économiques sont : les sources de revenus (par exemple, la sylviculture, l'agriculture, la pêche, etc.) ; la santé humaine ; l'insécurité alimentaire ; la pénurie d'eau, les inondations et les sécheresses ; les migrations humaines et les conflits ; les dommages causés aux infrastructures et aux agglomérations ; les pertes de revenus ; et l'incidence des maladies. La vulnérabilité sociale est l'exposition de groupes ou d'individus au stress résultant de changements sociaux et environnementaux,

le stress faisant référence aux changements inattendus et à la perturbation des moyens de subsistance. Le stress englobe la perturbation des moyens de subsistance des groupes ou des individus et l'adaptation forcée à l'évolution de l'environnement physique. La vulnérabilité peut donc s'expliquer par une combinaison de facteurs sociaux et de risques environnementaux, où les risques sont les aspects physiques des dangers liés au climat qui sont extérieurs au système social. Cette définition met l'accent sur les dimensions sociales de la vulnérabilité, contrairement aux approches prédominantes sur la vulnérabilité aux impacts du changement climatique qui sont centrées sur les dimensions physiques de la question.

Vulnérabilité biophysique

Elle concerne les écosystèmes, la biodiversité, la topographie et les facteurs édaphiques. De nombreuses personnes pauvres dépendent directement des écosystèmes pour leur subsistance. En effet, la biodiversité est le fondement et le pilier de l'agriculture, des forêts et de la pêche. Les forêts naturelles, les écosystèmes d'eau douce et marins maintiennent un large éventail de biens et services écosystémiques, notamment l'approvisionnement et la régulation des flux et de la qualité de l'eau, le bois et la pêche. Les «plus pauvres parmi les pauvres» sont souvent particulièrement dépendants de ces biens et services (Muoghalu, 2014).

Activité 1

- Expliquer ce que nous entendons par évaluation de la vulnérabilité
- Définir les termes d'exposition, de sensibilité et de capacité d'adaptation.
- Décrire les différents types de vulnérabilités.

4.3 Approches de l'évaluation de la vulnérabilité

L'évaluation de la vulnérabilité au changement climatique et l'élaboration ultérieure des besoins d'adaptation nécessitent des informations de bonne qualité. Cela inclue des données climatiques, telles que la température, les précipitations et la fréquence des événements extrêmes, et des données non climatiques, telles que la situation actuelle sur le terrain pour différents secteurs dont les ressources en eau, l'agriculture et la sécurité alimentaire, la santé humaine, les écosystèmes terrestres et la biodiversité, et les zones côtières (Glick et al., 2011).

Les évaluations de la vulnérabilité sont menées dans diverses disciplines et pour diverses raisons, notamment pour mieux comprendre les contextes de vulnérabilité et les facteurs de vulnérabilité, afin d'améliorer la planification et la conception, et d'identifier les interventions politiques appropriées. Dans le contexte du changement climatique et du développement, l'accent serait mis sur la fourniture de connaissances pertinentes pour améliorer la planification et les mesures d'adaptation.

4.3.1 Évaluation socio-économique

Il s'agit d'une évaluation réalisée pour déterminer la vulnérabilité des systèmes socio-économiques des ménages à des risques climatiques particuliers (Smith et al., 2009). Des indicateurs socio-économiques sont utilisés pour déterminer la vulnérabilité, par exemple les moyens de subsistance, l'accès à l'éducation, la fourniture de services de santé, la qualité de la nutrition, les indications démographiques, etc.

L'évaluation de la vulnérabilité socio-économique est considérée comme un moyen de réduire les dommages associés aux dangers liés aux conditions socio-économiques. En général, la vulnérabilité est considérée comme le résultat d'un mélange de structures et de processus environnementaux, sociaux, culturels, institutionnels et économiques liés à l'exposition aux dangers, aux chocs et aux stress externes, et à la capacité de faire face ou de s'adapter à ces risques. Elle implique l'analyse de cinq dimensions de la vulnérabilité, comprenant une série d'indicateurs économiques, sociaux, environnementaux (biodiversité) et de changement climatique qui peuvent être quantifiés grâce à une combinaison de données primaires (enquêtes sur le terrain) et de données secondaires (statistiques et rapports officiels).

En outre, nous pouvons utiliser l'approche des moyens de subsistance durables pour déterminer la vulnérabilité relative des moyens de subsistance ruraux dans une zone d'étude à diverses sources de stress, notamment la pression démographique, la pauvreté, la sécurité alimentaire et les moyens de subsistance tels que perçus par les participants à l'enquête, afin de comprendre la résilience et la capacité d'adaptation des gens (Smith et al., 2001). Le terme «moyens d'existence» comprend les capacités, les biens (y compris les ressources matérielles et sociales) et les activités utilisées par un ménage comme moyen de subsistance. Un moyen de subsistance d'un ménage est considéré comme vulnérable lorsqu'il ne peut pas faire face ou se remettre des tensions et des chocs subis par ses capacités et sa base d'actifs productifs.

4.3.2 Évaluation écologique

La vulnérabilité écologique est utilisée pour décrire une propriété d'un système spécifique qui est exposé aux perturbations externes ou internes, et dont la structure et les fonctions changent facilement en raison de sa sensibilité aux perturbations et de son manque de capacité d'adaptation. L'interaction entre l'environnement et le moteur social détermine l'exposition et la sensibilité du système (Mach et Mastrandrea, 2014 ; Muoghalu, 2014).

L'évaluation écologique consiste à surveiller les conditions actuelles et changeantes des ressources écologiques à partir desquelles le succès ou l'échec de l'écosystème peut être jugé sans préjugé ; à mieux comprendre la structure et la fonction des écosystèmes afin de développer une meilleure gestion; l'élaboration de modèles pour prédire la réponse des écosystèmes aux changements résultant du stress provoqué par l'homme, à partir desquels les stratégies possibles de gestion des écosystèmes peuvent être évaluées et l'évaluation des conséquences écologiques des mesures de gestion afin que les décideurs puissent mieux comprendre les résultats du choix d'une stratégie de gestion particulière. Cette évaluation utilise des indicateurs écologiques pour déterminer si un système est vulnérable ou non.

Activité 2
Décrire les approches d'évaluations de la vulnérabilité.

4.4 Gestion des risques liés au changement climatique

4.4.1 Réduction des risques de catastrophes

La réduction des risques de catastrophe (RRC) est le concept et la pratique de réduction des risques de catastrophes par des efforts systématiques d'analyse et de réduction des facteurs de causalité. La réduction de l'exposition aux aléas, la diminution de la vulnérabilité des personnes et des biens, la gestion judicieuse des terres et de l'environnement, et l'amélioration de la préparation et de l'alerte précoce aux événements indésirables sont autant d'exemples de réduction des risques de catastrophe (Davies et. al., 2009).

La RRC comprend des disciplines comme la gestion, l'atténuation et la préparation aux catastrophes, mais elle fait également partie du développement durable. Pour que les activités de développement soient durables, elles doivent également réduire les risques de catastrophe. D'autre part, des politiques de développement peu judicieuses augmenteront les risques de catastrophes et les pertes. Ainsi, la RRC implique chaque partie de la société, chaque partie du gouvernement et chaque partie des secteurs professionnels et privés.

Systèmes d'alerte précoce

Si vous résidez dans les parties basses d'une plaine inondable, la possibilité d'inondation dans votre région augmente lorsque les longues pluies commencent. Imaginez maintenant deux scénarios : 1) Vous êtes informé qu'il y aura des inondations pendant une certaine période, et 2) Vous n'êtes pas informé. Dans le scénario 1, avec les informations que vous obtenez, vous pouvez décider de déménager en terrain plus élevé afin d'éviter les inondations, ou vous pouvez choisir de construire des structures de contrôle des inondations. Dans le scénario 2, sans avoir connaissance des inondations imminentes, vous ne pourrez rien faire, jusqu'à ce qu'elles se rapprochent ou que vous soyez touché par les inondations elles-mêmes.

Les informations que vous obtenez avant un événement climatique sont ce que nous appelons des informations d'alerte précoce. Pour s'assurer que l'information atteint la population cible, des systèmes/mécanismes sont mis en place pour créer l'information, la traiter et la transmettre à la population. Les systèmes d'alerte précoce permettent aux communautés qui sont menacées par les effets du changement climatique de prendre des mesures d'adaptation afin de réduire leur vulnérabilité à ces dangers (Manzoor, 2013).

L'assurance contre le changement climatique

Nous connaissons tous les assurances automobiles et médicales. Elles constituent une forme de protection contre les dangers futurs auxquels vous pourriez être confronté. Dans le cas de l'assurance automobile, on se protège contre un éventuel accident, en partant du principe que si celui-ci se produit, l'organisme d'assurance remboursera à la personne une certaine somme d'argent pour couvrir les frais engagés lors de l'accident. Il en va de même pour l'assurance médicale, où il est convenu que si l'assuré tombe malade, l'organisme d'assurance couvrira les frais médicaux engagés.

Il est de plus en plus évident que l'évolution des phénomènes extrêmes est l'un des facteurs qui contribuent aux récentes pertes économiques mondiales. Les orientations économiques causées par le changement climatique diffèrent d'une région à l'autre, non seulement en raison des différences géographiques, mais aussi parce que la capacité d'adaptation et la réaction aux risques varient d'une région à l'autre (Allison et al., 2009). Par conséquent, l'assurance peut être considérée comme un outil important pour faire face au changement climatique et à la gestion des risques de catastrophes, en plus d'autres mesures de prévention et de sécurité, telles que le développement d'un système de modélisation des catastrophes

au-delà du partage des risques et l'intégration du cycle de gestion des risques dans la planification budgétaire des gouvernements (Lindner et al., 2010).

Le même concept est utilisé dans la gestion des risques climatiques. L'assurance est fournie pour les produits de base sous la forme d'une assurance récolte et bétail. Tout comme les assurances automobile et maladie, elle couvre les pertes dues aux aléas climatiques, par exemple les sécheresses qui peuvent entraîner de mauvaises récoltes ou une faible disponibilité des pâturages pour le bétail. Lorsque des personnes subissent des pertes dans leurs cultures ou leur bétail, l'agence d'assurance rembourse les pertes subies, leur permettant ainsi de reprendre là où elles étaient avant que le risque climatique ne frappe.

Infrastructure
Parfois, afin de protéger la vie et les biens contre des événements climatiques extrêmes comme les inondations et les tempêtes, des infrastructures sont construites. Exemples : murs de protection contre les inondations, digues, installations de stockage, routes surélevées, etc. Ces structures s'appuient sur une connaissance approfondie de l'occurrence et de l'ampleur des événements climatiques, et sont construites de manière à garantir que si de tels événements se produisent, que la structure restera solide et qu'elle protègera la vie ou les biens qui l'entourent (Ferguson et Gleeson, 2012).

4.4.2 Mécanismes d'adaptation

Il existe d'autres mécanismes d'adaptation qui n'ont pas été abordés ci-dessus. Ils sont à la fois forestiers et non forestiers. Ceux qui sont basées sur les forêts sont ceux qui impliquent l'utilisation des forêts pour protéger les communautés et les ménages contre les impacts du changement climatique (Koetse et Rietveld, 2009). Il s'agit par exemple du boisement et du reboisement, pour garantir le maintien ou l'introduction de la couverture terrestre dans une zone, et de la croissance des arbres fruitiers (comme les manguiers et les orangers) sur une grande surface, qui sert à boiser la région mais aussi à fournir des fruits aux communautés. D'autres mécanismes d'adaptation impliquent l'ajout de valeur aux arbres, où différentes parties des arbres sont utilisées pour créer d'autres produits utiles qui, une fois vendus, peuvent rapporter gros. Les communautés tirent profit d'un environnement forestier ainsi que des avantages économiques de la participation au marché. Un exemple d'arbres couramment utilisés à cette fin est le bambou, qui peut être utilisé pour fabriquer une large gamme d'articles.

4.4.3 Stratégies d'adaptation

Tout le monde est confronté au stress à un moment ou à un autre. Dans de tels cas, il a été démontré que les individus utiliseront des stratégies d'adaptation pour surmonter ces stress. Il s'agit normalement d'efforts spécifiques à court terme, à la fois comportementaux et psychologiques, que les gens emploient pour maîtriser, tolérer, réduire ou minimiser les événements stressants. Ces événements peuvent également être liés au climat, par exemple une sécheresse ou une tempête. Lorsque les gens utilisent des stratégies d'adaptation, ils mettent en place des mesures qui sont de courte durée, juste pour s'assurer qu'ils passent au travers de l'événement. Parmi les exemples de stratégies d'adaptation, on peut citer : déscolariser les enfants en réaction aux pénuries alimentaires dues à une sécheresse ; ou contracter un prêt à taux d'intérêt élevé pour remplacer une voiture qui a été emportée par les inondations. Les stratégies d'adaptation peuvent être à la fois positives et négatives.

Activité 3

- Donnez des exemples d'activités de gestion des risques (passées et en cours) que vous avez rencontrées dans votre région/pays.
- Expliquez comment les éléments suivants sont utilisés dans la gestion des risques climatiques :
  - l'alerte précoce ;
  - l'assurance contre les risques climatiques ;
  - l'infrastructure ; et
  - les stratégies d'adaptation.

Questions d'auto-évaluation/révision

- Qu'est-ce que la vulnérabilité ?
- Décrivez les types d'évaluation de la vulnérabilité suivants :
  - l'évaluation de la vulnérabilité socio-économique ; et
  - l'évaluation de la vulnérabilité écologique.

Résumé

La vulnérabilité d'un système aux impacts du changement climatique dépend de son exposition au danger, de sa sensibilité et de sa capacité d'adaptation. Pour déterminer l'étendue de la vulnérabilité, une évaluation socio-économique ou écologique peut être utilisée. Une fois que cela est connu, différentes mesures de gestion des risques climatiques peuvent être utilisées, par exemple des mécanismes d'adaptation, des mécanismes d'adaptation basés sur les forêts ou non et d'autres approches comme l'alerte précoce et l'assurance contre les risques climatiques.

Références

Allison, E.H. , A.L. Perry, M.C. Badjeck, W.N. Adger, K. Brown, D. Conway & N.K. Dulvy, 2009. Vulnérabilité des économies nationales aux impacts du changement climatique sur la pêche. Le poisson et la pêche 10(2):173-196.

Davies, M. , B. Guenther, J. Leavy, T. Mitchell, & T. Tanner, 2009. Adaptation au changement climatique, réduction des risques de catastrophe et protection sociale : des rôles complémentaires dans l'agriculture et la croissance rurale ? IDS Working Papers 320:1-37.

Downing, T.E. , A. Patwardhan, E. Mukhala, L. Stephen, M. Winograd & G. Ziervogel, 2003. La vulnérabilité comme moyen d'adaptation au climat. Cadre de la politique d'adaptation : Un guide pour les politiques visant à faciliter l'adaptation au changement climatique. PNUD.

Ferguson, G. & T. Gleeson, 2012. Vulnérabilité des aquifères côtiers à l'utilisation des eaux souterraines et au changement climatique. Na- ture Climate Change 2(5):342.

Glick, P. , B.A. Stein & N.A. Edelson, 2011. Scanning the conservation horizon : a guide to climate change vulnerability assessment. Fédération nationale de la faune sauvage. Washington, D.C. 168 p.

Hellmuth, M.E. , D.E. Osgood, U. Hess, A. Moorhead, H. Bhojwani, F. Tubiello & L.R. Brown, 2009. Index des assurances et des risques climatiques : perspectives de développement et de gestion des catastrophes (n° P01-275). CONSEA.

Institut international de recherche sur le climat et la société, 2007. Gestion des risques climatiques en Afrique : Apprendre de la pratique. N° P01-261. Institut de la Terre à l'Université de Columbia.

GIEC, 2007. Changement climatique 2007 : Impacts, adaptation et vulnérabilité. Contribution du groupe de travail II au quatrième rapport d'évaluation du GIEC, annexe I. M.L. Parry et al. (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni, 976pp.

Koetse, M.J. & P. Rietveld, 2009. L'impact du changement climatique et des conditions météorologiques sur les transports : Un aperçu des résultats obtenus. Recherche sur les transports, partie D : Transport et environnement 14(3):205-221.

Lindner, M. , M. Maroschek, S. Netherer, A. Kremer, A. Barbati, J. Garcia-Gonzalo & M.J. Lexer, 2010. Les impacts du changement climatique, la capacité d'adaptation et la vulnérabilité des écosystèmes forestiers européens. Écologie et gestion des forêts 259(4):698-709.

Mach, K. & M. Mastrandrea, 2014. Changement climatique 2014 : impacts, adaptation et vulnera-bilité (Vol. 1). C.B. Field & V.R. Barros (Eds.). Cambridge University Press. Cambridge et New York.

Manzoor, A., 2013. Vers la résilience : un guide pour la réduction des risques de catastrophe et l'adaptation au changement climatique.

McCarthy, J.J., 2001. Changement climatique 2001 : impacts, adaptation et vulnérabilité : contribution du groupe de travail II au troisième rapport d'évaluation du GIEC. Cambridge University Press.

Muoghalu, I.J. 2014. Vulnérabilité des systèmes biophysiques et socio-économiques des savanes et des terres boisées d'Afrique de l'Ouest et du Centre au changement climatique. Forum forestier africain, Série de documents de travail, Vol. 2(14), 31 pp.

Patt, A. , R.J. Klein & A. de la Vega-Leinert, 2005. Prendre au sérieux l'incertitude de l'évaluation de la vulnérabilité au changement climatique. Comptes Rendus Géoscience 337(4):411-424.

Smith, D.R. , A. Gordon, K. Meadows & K. Zwick, 2001. Diversification des moyens de subsistance en Ouganda : modèles et facteurs de changement dans deux districts ruraux. Food Policy 26(4):421-435.

Smith, J.B. , S.H. Schneider, M. Oppenheimer, G. W. Yohe, W. Hare, M.D. Mastrandrea & H.M. Füssel, 2009.

L'évaluation des changements climatiques dangereux par une mise à jour des «raisons de s'inquiéter» du GIEC. Proc. de l'Académie nationale des sciences 106(11):4133-4137.

Chapitre 5 : Conventions des Nations unies sur l'environnement

5.1 Aperçu du chapitre

Ce chapitre présente les conventions des Nations unies (ONU), ainsi que les principes, les engagements et les mécanismes de mise en œuvre de ces conventions. En outre, il contient des définitions de concepts liés au changement climatique et au développement durable, aux négociations relatives au changement climatique, à l'atténuation et à l'adaptation, avec un accent particulier sur la Convention-cadre des Nations unies sur la biodiversité biologique et la Convention-cadre des Nations unies sur la lutte contre la désertification.

Résultats d'apprentissage escomptés

A la fin de ce chapitre, les apprenants devraient être en mesure de:

- Décrire les différentes conventions des Nations unies sur l'environnement ; et
- Analyser les objectifs des conventions de l'ONU.

La convention est un accord formel entre États. Le terme générique «convention» est donc synonyme de «traité». Les conventions sont normalement ouvertes à la participation de la communauté internationale dans son ensemble, ou d'un grand nombre d'États. Habituellement, les instruments négociés sous les auspices d'une organisation internationale sont intitulés conventions.

5.2 Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC)

Objectifs

A la fin de ce sujet, les participants pourront

- décrire la CCNUCC ;
- indiquer les objectifs de la CCNUCC ;
- énumérer les principes de la CCNUCC ;
- décrire les engagements de la CCNUCC, expliquer les mécanismes de sa mise en œuvre ; et
- énumérer au moins 3 exemples de bonnes pratiques en matière de lutte contre le changement climatique.

5.2.1 Contexte

La CCNUCC est un traité international sur l'environnement adopté le 9 mai 1992 et ouvert à la signature lors du Sommet de la Terre à Rio de Janeiro en juin 1992. Elle est ensuite entrée en vigueur le 21 mars 1994, après qu'un nombre suffisant de pays l'aient ratifiée. 154 nations ont signé la CCNUCC, qui, lors de sa ratification, a imposé aux gouvernements signataires de réduire les concentrations atmosphériques de GES dans le but de «prévenir toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique terrestre». Cet engagement exigerait des réductions substantielles des émissions de GES. L'objectif ultime de la présente convention, et de tout instrument juridique connexe que la conférence des parties pourrait adopter, est de parvenir, conformément aux dispositions pertinentes de la convention, à stabiliser les concentrations de GES dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique. Un tel niveau devrait être atteint dans un délai suffisant pour permettre aux écosystèmes de s'adapter naturellement au changement climatique, pour garantir que la production alimentaire ne soit pas menacée et pour permettre au développement économique de se poursuivre de manière durable.

5.2.2 Définitions des concepts

Les effets néfastes du changement climatique sont des modifications de l'environnement physique ou des biotes dues au changement climatique qui ont des effets néfastes importants sur la composition, la résistance ou la productivité des écosystèmes naturels et gérés, sur le fonctionnement du système socio-économique ou sur la santé et le bien-être des personnes.

Les émissions sont le rejet de GES ou de précurseurs de ces gaz dans l'atmosphère dans une zone et pendant une période donnée.

Les gaz à effet de serre (GES) sont les constituants gazeux de l'atmosphère, tant naturels qu'anthropiques, qui absorbent et émettent le rayonnement infrarouge.

L'organisation régionale d'intégration économique est une organisation constituée par des États souverains d'une région donnée qui ont compétence dans les matières régies par la présente convention ou ses protocoles et qui ont été dûment autorisés, conformément à leurs procédures internes, à signer, ratifier, accepter, approuver ces instruments ou à y adhérer.

Le réservoir est un ou plusieurs constituants du système climatique qui retiennent un GES ou un précurseur de GES.

Les puits sont tout processus, activité ou mécanisme, naturel ou artificiel, qui élimine de l'atmosphère un GES, un aérosol ou un précurseur de GES.

La source est tout processus ou activité qui libère un GES, un aérosol ou un précurseur de GES dans l'atmosphère.

5.2.3 Les objectifs de la convention

Les principaux objectifs de la convention sont les suivants :

- stabiliser, conformément aux dispositions pertinentes de la Convention, les concentrations de GES dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique (ONU, 1992) ; et
- atteindre ce niveau en temps voulu pour que les écosystèmes puissent s'adapter naturellement au changement climatique et de manière à ce que la production alimentaire ne soit pas menacée et à garantir que le développement économique se déroule de manière durable (GIEC, 2007).

5.2.4 Principes

Les principes de la convention comprennent :

- La préservation du système climatique au profit des générations actuelles et futures sur la base de l'équité et de la responsabilité commune mais différenciée, et de leurs capacités respectives ;
- La prise en compte totale des besoins spécifiques et des circonstances particulières des pays en développement, notamment ceux qui sont très vulnérables aux effets néfastes du changement climatique ;
- L'adoption de mesures de précaution pour prévoir, prévenir ou atténuer les causes du changement climatique et limiter leurs effets néfastes ;
- L'intégration des préoccupations relatives au changement climatique dans les politiques de développement ; et
- La conciliation du développement économique et de la préservation de l'environnement dans la perspective d'un développement durable.

5.2.5 Engagements

Toutes les parties, en tenant compte de leurs responsabilités communes mais différenciées et de la spécificité de leurs priorités, objectifs et circonstances de développement national et régional devront:

- établir, mettre à jour régulièrement, publier et mettre à la disposition de la Conférence des Parties, conformément à l'article 12, des inventaires nationaux des émissions anthropiques par leurs sources et de l'absorption par leurs puits de tous les GES non réglementés par le Protocole de Montréal, en utilisant des méthodes comparables qui doivent être approuvées par la Conférence des Parties (CCNUCC, 2006) ;
- établir, mettre en œuvre, publier et mettre à jour régulièrement des programmes nationaux et, le cas échéant, régionaux contenant des mesures visant à atténuer le changement climatique tout en tenant compte des émissions anthropiques par leurs sources et de l'absorption par leurs puits de tous les GES non contrôlés par le Protocole de Montréal, ainsi que des mesures visant à faciliter une adaptation appropriée au changement climatique ;

- encourager et coopérer à la conception, la mise en œuvre et la diffusion - notamment par le transfert de technologies - de pratiques et de procédés visant à contrôler, réduire ou prévenir les GES anthropiques non réglementés par le protocole de Montréal dans tous les secteurs concernés, notamment l'énergie, les transports, l'industrie, l'agriculture, la sylviculture et la gestion des déchets ;
- promouvoir une gestion saine et promouvoir et soutenir en coopération la conservation et, le cas échéant, le renforcement des puits et des réservoirs de tous les GES non contrôlés par le Protocole de Montréal, y compris la biomasse, les forêts et les océans et les autres écosystèmes terrestres, côtiers et marins ; et
- préparer, en coopération, l'adaptation à l'impact du changement climatique et concevoir et développer des plans appropriés et intégrés pour la gestion des zones côtières, pour les ressources en eau et l'agriculture, et pour la protection et la réhabilitation des zones touchées par la sécheresse, la désertification et les inondations (en particulier) en Afrique.

5.2.6 Mécanismes de mise en œuvre

Les mécanismes de mise en œuvre comprennent :

- un inventaire national, par chaque pays, des émissions anthropiques par les sources et de l'absorption par les puits de tous les GES non réglementés par le Protocole de Montréal, dans la mesure où ses moyens le lui permettent, en utilisant des méthodes comparables sur lesquelles la Conférence des Parties se prononcera et qu'elle encouragera ;
- une description générale des mesures prises ou prévues pour appliquer la Convention et toute autre information que la Partie juge utile pour atteindre l'objectif de la Convention et qui pourrait être incluse dans sa communication, y compris, le cas échéant, des données pertinentes pour la détermination des tendances des émissions mondiales ;
- chaque pays développé et chacune des autres Parties visées à l'annexe I devra inclure dans sa communication les informations suivantes :
- la description détaillée des politiques et mesures qu'ils ont adoptées pour respecter l'engagement pris au titre des alinéas a) et b) du paragraphe 2 de l'article 4 ;
- l'estimation précise des effets des politiques et mesures visées à l'alinéa a) ci-dessus sur les émissions anthropiques par les sources et l'absorption par les puits de GES pendant la période visée à l'alinéa a) du paragraphe 2 de l'article 4 ;
- en outre, chaque pays développé et chacune des autres parties développées énumérées à l'annexe II devra détailler les mesures prises conformément à l'article 4, paragraphes 3 à 5 ;
- Les Parties pays en développement peuvent, à titre volontaire, proposer des projets à financer, notamment des technologies, des matériaux, des équipements, des techniques ou des pratiques spécifiques qui seront requis pour les mettre en œuvre et, si possible, des estimations de tous les coûts différentiels de ces projets, les progrès prévus dans la réduction des émissions et l'augmentation de l'absorption des GES, et une estimation des avantages attendus.

5.2.7 Bonnes pratiques en matière de lutte contre le changement climatique

Parmi les bonnes mesures de lutte contre le changement climatique, on peut citer :

- la promotion de l'agroécologie (agroforesterie, combinaison de différentes espèces, carbone, technique de stockage dans le sol, utilisation de variétés résistantes) ;

- la transition énergétique (promotion des énergies nouvelles et renouvelables) ;
- la préservation des écosystèmes forestiers ; et
- la gestion intégrée de l'eau et des sols.
- établir, mettre en œuvre, publier et mettre à jour régulièrement des programmes nationaux et, le cas échéant, régionaux contenant des mesures visant à atténuer le changement climatique tout en tenant compte des émissions anthropiques par leurs sources et de l'absorption par leurs puits de tous les GES non contrôlés par le protocole de Montréal, ainsi que des mesures visant à faciliter une adaptation appropriée au changement climatique ;
- encourager et coopérer à la conception, la mise en œuvre et la diffusion - notamment par le transfert de technologies - de pratiques et de processus visant à contrôler, réduire ou prévenir les GES anthropiques non réglementés par le protocole de Montréal dans tous les secteurs concernés, notamment l'énergie, les transports, l'industrie, l'agriculture, la sylviculture et la gestion des déchets ;
- promouvoir une gestion saine et, en coopération, promouvoir et soutenir la conservation et, le cas échéant, le renforcement des puits et des réservoirs de tous les GES non contrôlés par le protocole de Montréal, y compris la biomasse, les forêts et les océans et les autres écosystèmes terrestres, côtiers et marins ;
- préparer, en coopération, l'adaptation à l'impact du changement climatique et concevoir et développer des plans appropriés et intégrés pour la gestion des zones côtières, pour les ressources en eau et l'agriculture, ainsi que pour la protection et la réhabilitation des zones touchées par la sécheresse, la désertification et les inondations (en particulier) en Afrique.

5.2.8 Mécanismes de mise en œuvre

Les mécanismes de mise en œuvre comprennent :

- un inventaire national, par chaque pays, des émissions anthropiques par les sources et de l'absorption par les puits de tous les GES non réglementés par le protocole de Montréal, dans la mesure où ses moyens le permettent, en utilisant des méthodes comparables sur lesquelles la conférence des parties se prononcera et encouragera leur utilisation ;
- une description générale des mesures prises ou prévues pour mettre en œuvre la convention et toute autre information que la partie juge utile pour atteindre l'objectif de la convention et qui peut être incluse dans sa communication, y compris, le cas échéant, des données pertinentes pour la détermination des tendances des émissions mondiales ;
- Chaque pays développé et chacune des autres Parties visées à l'annexe I inclut dans sa communication les informations suivantes :
- la description détaillée des politiques et des mesures qu'ils ont adoptées pour respecter l'engagement prévu à l'article 4, paragraphe 2, points a) et b) ;
- l'estimation précise des effets des politiques et mesures visées à l'alinéa a) ci-dessus sur les émissions anthropiques de GES par les sources et l'absorption par les puits au cours de la période visée à l'article 4, paragraphe 2, alinéa a) ;
- en outre, chaque pays développé et chaque autre partie développée figurant à l'annexe II, détaille les mesures prises conformément à l'article 4, paragraphes 3 à 5 ;
- Les pays en développement parties peuvent, sur une base volontaire, proposer des projets à financer,

notamment des technologies, des matériaux, des équipements, des techniques ou des pratiques spécifiques qui seront nécessaires pour les mettre en œuvre et, si possible, des estimations de tous les coûts supplémentaires de ces projets, les progrès prévus en matière de réduction des émissions et d'augmentation de l'absorption des GES, ainsi qu'une estimation des bénéfices escomptés.

5.2.9 Bonnes pratiques de lutte contre le changement climatique

Parmi les bonnes mesures de lutte contre le changement climatique, on peut citer :

- la promotion de l'agroécologie (agroforesterie, combinaison de différentes espèces, carbone, technique de stockage dans le sol, utilisation de variétés résistantes) ;
- la transition énergétique (promotion des énergies nouvelles et renouvelables) ;
- la préservation des écosystèmes forestiers ; et,
- la gestion intégrée de l'eau et des sols.

5.3 Changement climatique et développement durable

Objectifs

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

- Expliquer le lien entre le changement climatique et le développement durable ;
- décrire les questions liées aux négociations sur le climat ;
- expliquer les mesures d'atténuation et d'adaptation à différentes échelles ;
- expliquer les mécanismes de flexibilité à différentes échelles ; et
- décrire les opportunités du marché du carbone à différentes échelles.

Définition des concepts

Le changement climatique est la modification du climat qui est attribuée directement ou indirectement à l'activité humaine qui modifie la composition de l'atmosphère globale et qui s'ajoute à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables.

Le développement durable est un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre à leurs propres besoins (Bruntland, 1987). L'objectif du développement durable consiste notamment à harmoniser les dimensions environnementales, sociales et économiques du développement.

- la dimension environnementale se réfère au maintien de l'intégrité écologique : intégrer dans toutes les actions des communautés humaines, le souci de maintenir la vitalité et la diversité des gènes, des espèces et de l'ensemble des écosystèmes naturels terrestres et aquatiques, par des mesures de protection de la qualité de l'environnement en restaurant, développant et maintenant les habitats essentiels aux espèces ;
- la dimension sociale renvoie au concept d'équité sociale entre les personnes, les nations et les générations : pour répondre aux besoins fondamentaux des communautés humaines actuelles et futures et pour améliorer la qualité de la vie ; et
- la dimension économique concerne le maintien ou l'amélioration de l'efficacité économique : promouvoir une gestion optimale des ressources humaines, naturelles ou financières.

Les différents secteurs socio-économiques des pays en développement devraient être confrontés à de multiples bouleversements liés aux effets du changement climatique. Le changement climatique, largement lié aux GES émis par les pays industrialisés, entraînera des changements majeurs aux niveaux climatique, physique et écologique, qui perturberont les systèmes agricoles, en particulier dans les pays en développement. L'adaptation et l'atténuation seront nécessaires pour minimiser les effets du changement climatique sur le développement humain.

5.3.1 Négociations sur le climat

Les différentes négociations sur le climat comprennent :

- La Conférence des Parties (COP) ;
- La compréhension des problèmes ; et,
- Les accords internationaux sur le climat.

5.3.2 Atténuation à différentes échelles

Les acteurs les plus concernés par l'atténuation sont les pays développés. Ils sont les plus grands émetteurs de GES et ont une responsabilité historique dans ce phénomène. Des mesures doivent être prises à l'échelle spatiale, temporelle, institutionnelle et politique pour atténuer les émissions de GES. Le financement des mesures doit être assuré par les pays développés.

Les nombreuses stratégies d'atténuation comprennent la modernisation des bâtiments pour les rendre plus efficaces sur le plan énergétique, l'adoption de sources d'énergie renouvelables comme le solaire, l'éolien et les petites centrales hydroélectriques, l'aide aux villes pour développer des transports plus durables comme les bus de transport rapide, les véhicules électriques et les biocarburants, et la promotion d'une utilisation plus durable des terres et des forêts. L'atténuation peut se traduire par l'utilisation de nouvelles technologies et d'énergies renouvelables, par l'amélioration de l'efficacité énergétique des anciens équipements ou par la modification des pratiques de gestion ou du comportement des consommateurs. Elle peut être aussi complexe qu'un plan pour une nouvelle ville, ou aussi simple que des améliorations à la conception d'un foyer de cuisson. Les efforts en cours dans le monde entier vont des systèmes de métro de haute technologie aux pistes cyclables et aux passerelles.

Il existe différentes approches d'atténuation, à savoir

- Un large éventail d'options d'atténuation sectorielles sont disponibles pour réduire l'intensité des émissions de GES, améliorer l'intensité énergétique par des améliorations de la technologie, du comportement, de la production et de l'efficacité des ressources et permettre des changements structurels ou des changements d'activité. En outre, les options directes en matière d'agriculture, de sylviculture et d'autres utilisations des terres (AFOLU) consistent à réduire les émissions de CO_2 en diminuant la déforestation, la dégradation des forêts et les incendies de forêt, à stocker le carbone dans les systèmes terrestres (par exemple par le boisement) et à fournir des matières premières bioénergétiques. Des options pour réduire les émissions autres que le CO_2, existent dans tous les secteurs, mais plus particulièrement dans l'agriculture, l'approvisionnement en énergie et l'industrie.
- La décarbonisation, c'est-à-dire la réduction de l'intensité en carbone de la production d'électricité, est un élément clé des stratégies d'atténuation rentables pour atteindre de faibles niveaux de stabilisation (de 450 à 500 ppm d'équivalent CO_2, ce qui est au moins aussi probable que de ne pas limiter le réchauffement à 2 °C au-dessus des niveaux préindustriels) (preuves moyennes, accord élevé).
- L'amélioration de l'efficacité et les changements de comportement, afin de réduire la demande énergétique par rapport aux scénarios de référence sans compromettre le développement, constituent une stratégie d'atténuation clé dans les scénarios qui prévoient des concentrations atmosphériques de CO_2 de 450 à 500 ppm d'ici 2100.
- (preuves solides, fort consensus).
- Les options d'atténuation les plus rentables en matière de sylviculture sont le boisement, la gestion durable des forêts et la réduction de la déforestation, avec de grandes différences dans leur importance relative selon les régions. En agriculture, les options d'atténuation les plus rentables sont la gestion des terres cultivées, la gestion des pâturages et la restauration des sols organiques (preuve moyenne, accord élevé).

5.3.3 Adaptation à différentes échelles

L'adaptation consiste à adapter les pratiques, les procédures ou les structures aux changements de clientèle actuels et prévus. Les acteurs les plus concernés par l'adaptation sont les pays en

développement. La capacité d'adaptation fait référence aux moyens dont dispose une société pour faire face au stress. Ceux-ci dépendent également des caractéristiques socio-économiques, politiques, institutionnelles et culturelles de la société touchée par les risques climatiques. Les mesures d'adaptation doivent être prises à des échelles spatiales, temporelles, institutionnelles/politiques avec des approches de financement cohérentes. Il devrait y avoir une synergie entre l'adaptation et l'atténuation.

5.3.4 Mécanismes de flexibilité à différentes échelles

Le protocole de Kyoto prévoit des mécanismes internationaux qui permettent une certaine souplesse dans la réduction des émissions de GES. Le principe des mécanismes de flexibilité comprend :

- La demande conjointe ; elle est basée sur la CCNUCC de 1992. Le concept de mise en œuvre conjointe a évolué sur la base d'unités de réduction d'émissions discrètes qui pourraient être créditées à un pays investisseur pour des projets de réduction réalisés dans un pays hôte. Les crédits de réduction sont basés sur l'évitement, la réduction ou le piégeage des GES réels, liés au projet. De cette façon, les émissions mondiales de GES pourraient être réduites de manière rentable.
- Le mécanisme de développement propre (MDP) ; Le MDP permet aux projets de réduction des émissions dans les pays en développement d'obtenir des crédits de réduction certifiés des émissions (CER), chacun équivaut à une tonne de CO2. Les CER peuvent être échangés, vendus et utilisés par les pays industrialisés pour atteindre une partie de leurs objectifs de réduction des émissions dans le cadre du protocole de Kyoto. Le mécanisme stimule le développement durable et la réduction des émissions, tout en donnant aux pays industrialisés une certaine souplesse dans la manière dont ils atteignent leurs objectifs de limitation des émissions. Le MDP est la principale source de revenus du Fonds d'adaptation de la CCNUCC, qui a été créé pour financer des projets et des programmes d'adaptation dans les pays en développement parties au protocole de Kyoto qui sont particulièrement vulnérables aux effets néfastes du changement climatique. Le Fonds d'adaptation est financé par un prélèvement de 2 % sur les URCE émises par le MDP.
- L'échange de droits d'émission ne repose pas sur le transfert de «crédits» de réduction mais sur l'échange de «droits» ou de quotas d'émission. Dans un tel scénario, les transferts entre pays seraient basés sur un «achat» de droits d'émission auprès des pays dont les émissions sont inférieures à leurs quotas nationaux. L'échange de droits d'émission, tel que prévu à l'article 17 du protocole de Kyoto, permet aux pays qui disposent d'unités d'émission en réserve - émissions autorisées mais non «utilisées» - de vendre cette capacité excédentaire aux pays qui dépassent leurs objectifs

5.4 Convention-cadre des Nations Unies sur la conservation de la diversité biologique (CNUDB)

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

- expliquer la CNUDB ;
- expliquer les objectifs de la CNUDB ;
- décrire les principes de la CNUDB ;
- décrire les engagements de la CNUDB ;
- d'analyser les mécanismes de mise en œuvre de la CNUDB ; et,
- énumérer au moins 3 exemples de bonnes pratiques pour la conservation de la biodiversité.

5.4.1 Définition des concepts

- **La biotechnologie** désigne toute application technologique qui utilise des systèmes biologiques, des organismes vivants ou leurs produits, pour fabriquer ou modifier des produits dans les procédés en vue d'une utilisation spécifique.
- **Les conditions in situ** se réfèrent aux conditions caractérisées par l'existence de ressources génétiques dans les écosystèmes et les habitats naturels et, dans le cas des espèces domestiquées et cultivées, dans l'environnement où leurs caractéristiques distinctives se sont développées.
- **La conservation ex situ** désigne la conservation des éléments constitutifs de la diversité biologique en dehors de leur milieu naturel.
- **La conservation in situ** désigne la conservation des écosystèmes et des habitats naturels ainsi que le maintien et la reconstitution de populations viables d'espèces dans leur milieu naturel et, dans le cas des espèces domestiquées et cultivées, dans l'environnement dans lequel leurs caractéristiques distinctives se sont développées.
- **La diversité biologique** désigne la variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie ; elle inclut la diversité au sein des espèces et des écosystèmes et entre eux.
- **L'écosystème** désigne le complexe dynamique des communautés de plantes, d'animaux et de micro-organismes et de leur environnement non vivant qui, par leur interaction, forment une unité fonctionnelle.
- **Les espèces domestiquées ou cultivées** désignent toute espèce dont le processus évolutif a été influencé par l'homme pour répondre à ses besoins.
- **L'habitat** désigne le lieu ou le type de site dans lequel un organisme ou une population existe à l'état naturel.
- **Le matériel génétique** désigne le matériel végétal, animal, microbien ou d'une autre origine contenant des unités fonctionnelles de l'hérédité.

- **L'expression « organisation régionale d'intégration économique «** se réfère à toute organisation constituée par des États souverains d'une région donnée, à laquelle ces États membres ont transféré des compétences concernant les questions régies par la présente convention et qui a été dûment autorisée, conformément à ses procédures internes, à signer, ratifier, accepter, approuver ladite convention ou à y adhérer.

5.4.2 Objectifs

La Convention sur la diversité biologique (CDB) a été signée en 1992 à Rio de Janeiro et plus de 180 parties l'ont ratifiée ou y ont adhéré. La Convention a trois objectifs principaux :

- La conservation de la biodiversité ;
- L'utilisation durable des composantes de la biodiversité ; et
- Le partage des avantages découlant de l'utilisation commerciale et d'autres utilisations des ressources génétiques d'une manière juste et équitable.

Outre ses dispositions de fond, la CDB établit des dispositions institutionnelles pour fournir un mécanisme permettant de suivre ses progrès et de faciliter les développements ultérieurs. Trois institutions sont établies par la CDB : la Conférence des Parties (CdP), l'Organe subsidiaire chargé de fournir des avis scientifiques, techniques et technologiques (SBSTTA) et le Secrétariat. En outre, la CDB établit un mécanisme financier pour la fourniture de ressources financières aux pays en développement membres.

5.4.3 Principes

Conformément à la Charte des Nations Unies et aux principes du droit international, les États ont le droit souverain d'exploiter leurs propres ressources conformément à leur politique environnementale et ont le devoir de veiller à ce que les activités relevant de leur juridiction ou de leur contrôle ne causent pas de dommages à l'environnement dans d'autres États ou régions ne relevant pas de la juridiction nationale.

5.4.4 Mécanismes de mise en œuvre

Les mécanismes de mise en œuvre comprennent :

- L'élaboration de stratégies, de plans ou de programmes nationaux pour la conservation de la diversité biologique ;
- L'adaptation des politiques, plans et programmes existants aux mesures de la présente Convention ;
- La réalisation d'études d'impact des initiatives de développement et la réduction des impacts négatifs sur la biodiversité ; et
- Le financement des actions de conservation de la diversité biologique.

5.4.5 Bonnes pratiques pour la conservation de la biodiversité

En tant que bonnes pratiques pour la conservation de la biodiversité, chaque pays :

- identifie les composantes de la biodiversité qui sont importantes pour sa conservation et son utilisation durable ;

- identifie les processus et les catégories d'activités qui ont ou risquent d'avoir des effets défavorables importants sur la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique et surveille leurs effets au moyen d'échantillonnages et d'autres techniques ;
- établit un système de zones protégées où des mesures spéciales doivent être prises pour servir la diversité biologique ;
- adopte des mesures pour conserver les éléments ex situ de la diversité biologique, de préférence dans le pays d'origine de ces éléments ; et
- intègre les considérations relatives à la conservation et à l'utilisation durable des ressources biologiques dans le processus décisionnel national.

Les pays développés mettent en place et poursuivent des programmes d'éducation et de formation scientifiques/techniques pour identifier et conserver la diversité biologique en fonction des besoins des pays en développement.

5.5 Convention-cadre des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD)

Objectifs d'apprentissage

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

- énoncer les objectifs de la CNULCD ;
- analyser les principes de la CNULCD ;
- décrire les engagements de la CNULCD ;
- expliquer les mécanismes de mise en œuvre de la CNULCD ; et,
- énumérer au moins 3 exemples de bonnes pratiques en matière de lutte contre la désertification

5.5.1 Définition des concepts

- **La désertification** désigne la dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches sous l'effet de divers facteurs, notamment les variations climatiques et les activités humaines.
- **La lutte contre la désertification** se réfère aux activités liées à la mise en valeur intégrée des terres dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches en vue de parvenir à un développement durable et visant à (i) prévenir et/ou réduire la dégradation des terres, (ii) réhabiliter les terres partiellement déclassées, et (iii) restaurer les terres désertifiées.
- **La sécheresse** est un phénomène naturel qui se produit lorsque les précipitations sont nettement inférieures aux niveaux normaux et qui provoque de graves déséquilibres hydrologiques préjudiciables aux systèmes de production des ressources foncières.
- **L'atténuation de la sécheresse** fait référence aux activités liées à la prévision de la sécheresse et visant à réduire la vulnérabilité de la société et des systèmes naturels à la sécheresse dans le contexte de la lutte contre la désertification.
- **La terre** indique le système bioproductif terrestre comprenant le sol, les plantes, les autres êtres vivants et les phénomènes écologiques et hydrologiques qui se produisent dans le système.
- **La dégradation des terres** désigne la diminution ou la disparition de la productivité biologique ou économique et de la complexité des terres cultivées pluviales, des terres cultivées irriguées, des pâturages, des forêts ou des terres boisées dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches, par suite de l'utilisation des terres ou d'un ou plusieurs phénomènes, notamment ceux qui sont causés par l'activité humaine et ses modes de peuplement, tels que :

  I. l'érosion du sol causée par le vent et/ou l'eau ;

  II. la détérioration des propriétés physiques, chimiques et biologiques ou économiques des sols

  III. la disparition à long terme de la végétation naturelle.

5.5.2 Objectives

L'objectif de la Convention est le suivant :

- lutter contre la désertification et atténuer les effets de la sécheresse dans les pays gravement touchés par ce phénomène et/ou la désertification, en particulier en Afrique, grâce à des mesures efficaces à tous les niveaux, appuyées par des arrangements internationaux de coopération et de partenariat, dans le cadre d'une approche intégrée conforme à l'agenda 21, en vue de contribuer à la réalisation du développement durable dans les zones touchées.

5.5.3 Principes

Pour atteindre les objectifs de la Convention et mettre en œuvre ses dispositions, les membres sont guidés, entre autres, par les principes suivants :

- Les membres devraient veiller à ce que les décisions concernant la conception et la mise en œuvre des programmes de lutte contre la désertification et/ou d'atténuation des effets de la sécheresse soient prises avec la participation des communautés locales, et à ce qu'un environnement favorable soit créé aux niveaux supérieurs pour faciliter l'action aux niveaux national et local ;
- • Les membres devraient, dans un esprit de solidarité international et de partenariat, améliorer la coopération et la coordination aux niveaux sous-régional, régional et international et mieux concilier les ressources financières, humaines, organisationnelles et techniques là où elles sont nécessaires ;
- Les membres devraient, dans un esprit de partenariat, instaurer une coopération entre les pouvoirs publics à tous les niveaux, les communautés, les ONG et les propriétaires fonciers afin de mieux faire comprendre dans les zones concernées la nature et la valeur des terres et des ressources en eau rares, et de promouvoir l'utilisation durable de ces ressources ; et
- Les membres devraient tenir pleinement compte des circonstances et des besoins particuliers des pays membres touchés en voie de développement, en particulier les moins avancés.

5.5.4 Engagements

Dans le cadre de la Convention, les membres devront :

- s'acquitter de leurs obligations au titre de la Convention, individuellement ou conjointement, par le biais d'accords bilatéraux et multilatéraux existants ou futurs ou par la combinaison de ces divers types d'accords, selon le cas, en mettant l'accent sur la coordination des efforts et l'élaboration d'une stratégie à long terme cohérente à tous les niveaux ;
- adopter une approche intégrée pour traiter les aspects physiques, biologiques et socio-économiques de la désertification et de la sécheresse ;
- intégrer les stratégies d'éradication de la pauvreté dans les actions de lutte contre la désertification et d'atténuation des effets de la sécheresse ;
- encourager la coopération entre les pays touchés dans les domaines de la protection de l'environnement et de la conservation des ressources en terre et en eau qui sont liés à la désertification et à la sécheresse ;
- renforcer la coopération sous-régionale, régionale et internationale et coopérer au sein des organisations intergouvernementales pertinentes ;

- s'engager à appuyer activement, comme convenu, individuellement ou conjointement, les efforts des pays membres en développement touchés, en particulier ceux d'Afrique, et des pays les moins avancés, pour lutter contre la désertification et atténuer les effets de la sécheresse ; et
- s'engager à fournir des ressources financières importantes et d'autres formes d'appui pour aider les pays membres en développement touchés, en particulier ceux d'Afrique, à élaborer et à mettre effectivement en œuvre leurs propres plans et stratégies de lutte contre la désertification et d'atténuation des effets de la sécheresse.

5.5.5 Mécanismes de mise en œuvre

Dans le cadre de la mise en œuvre de la Convention, les Parties accordent la priorité aux pays touchés d'Afrique, compte tenu de la situation particulière qui prévaut dans cette région, sans toutefois négliger les pays en développement touchés des autres régions. Ce mécanisme de mise en œuvre sera axé sur l'élaboration participative de programmes d'action nationaux et régionaux, la recherche et le développement, le renforcement des capacités, l'éducation et la sensibilisation du public et la mobilisation de ressources financières.

5.5.6 Bonnes pratiques pour la gestion durable des terres (GDT)

La GDT est l'ensemble des stratégies et des pratiques qui nous permettent d'utiliser les ressources terrestres (forêts, sols, etc.) aujourd'hui de manière à ce que les générations futures puissent également les utiliser pleinement. Les exemples sont l'agriculture de conservation, l'agroforesterie et la foresterie communautaire, etc.

L'augmentation des stocks de carbone organique du sol (COS) est la clé de la plupart des pratiques de GDT, et fournit des synergies pour traiter la DDSS (désertification, dégradation des terres et sécheresse), l'adaptation au changement climatique et la réduction des émissions de gaz à effet de serre et d'atténuation. En plus de contribuer à l'atténuation du changement climatique en éliminant le CO_2 de l'atmosphère, l'augmentation du carbone organique dans les sols améliore la santé et la fertilité des sols, la capacité de rétention de l'eau et des nutriments, le potentiel de production alimentaire et la résilience à la sécheresse (Holt-Giménez, 2002). Le potentiel et l'ampleur de chacun de ces avantages dépendront des conditions de base ainsi que des conditions environnementales, socio-économiques et culturelles locales.

Les pratiques de GDT ont un fort potentiel d'amélioration de la séquestration des COS, bien que les estimations de ce potentiel doivent tenir compte de l'ensemble du bilan des GES, y compris des interactions possibles entre les cycles du carbone et de l'azote qui pourraient affecter le potentiel net d'atténuation du changement climatique des pratiques appliquées.

Les bonnes pratiques pour la gestion durable des terres comprennent :
- L'inventaire et la promotion des bonnes pratiques endogènes de gestion des terres ;
- Le transfert, l'acquisition, l'adaptation et le développement de la technologie
- La gestion intégrée des sols et de l'eau.

Étude de cas 1 : Réhabilitation de mines à ciel ouvert (Afrique du Sud)

Description : Réhabilitation des zones dégradées par l'exploitation minière à ciel ouvert, par la restitution de la terre arable stockée et la transplantation d'espèces indigènes, afin de favoriser la revégétation.

Étude de cas 2 : Fermeture de sites et reboisement avec l'Acacia (Tunisie)

Description : Protection et reforestation des terres arides dégradées en Tunisie pré-saharienne. Protection et reboisement des terres arides dégradées dans le Centre et le Sud de la Tunisie (région de Bled Talah) avec l'espèce d'arbre Acacia tortilis subsp. Raddiana, qui est une espèce d'arbre indigène capable de tolérer des sécheresses extrêmes et de persister en bordure du désert du Sahara. Les plantations d'acacias sont établies selon un quadrillage de 3m x 3m. Les semis sont plantés au fond de fosses d'infiltration construites pour la collecte des eaux de pluie. La protection de la zone de plantation est établie au moyen d'une clôture.

Étude de cas 3 : Régénération assistée du chêne-liège (Maroc) Takhlf Madoum Elghaba

Description : Aide à la régénération du chêne-liège dans la forêt de Sehoul, par l'ensemencement de glands et la plantation de jeunes plants (issus d'une pépinière), impliquant un élevage soigné et une protection contre le pâturage.

Résumé

Les conventions des Nations Unies sur l'environnement jouent un rôle important pour garantir que l'environnement est bien entretenu et protégé contre les actions humaines. Une «convention» est un accord formel entre Etats. Les conventions sont normalement ouvertes à la participation de la communauté internationale dans son ensemble, ou d'un grand nombre d'États.

La CCNUCC se concentre sur la réduction des concentrations atmosphériques de GES dans le but de « prévenir les interférences anthropiques dangereuses avec le système climatique terrestre «. La CCNUCC a des objectifs, des principes et des engagements bien définis en matière de réduction de la concentration des GES. La Convention-cadre des Nations Unies sur la conservation de la diversité biologique (CNUDB) vise à assurer la conservation de la biodiversité et l'utilisation durable de ses composantes. La Convention-cadre des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD) vise à lutter contre la désertification et à atténuer les effets de la sécheresse dans les pays gravement touchés par ce phénomène et/ou la désertification, en particulier en Afrique.

Bibliographie

Balmford, A., L. Bennun, B. ten Brink, D. Cooper, I.M. Côté, P. Crane & R.D. Gregory, 2005. The convention on biological diversity's 2010 target. Science 307(5707):212-213.

Bodansky, D., 1993. The United Nations framework convention on climate change: a commentary. Yale J. Int'l l., 18:451.

Boden, T.A., G. Marland, & R.J. Andres, 2009. Global, Regional and National Fossil-Fuel CO_2 Emissions

Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, U.S.A.

Chardonnet, F., 2009. Typology of agro-pastoral farms of the rural community of Téssékré, in order to show the diversity, in the importance of the role of livestock breeding to the reduction of vulnerability.

Hansen, M.C., S.V. Stehman & P.V. Potapov, 2010. Quantification of global gross forest cover loss. Proceed- ings of the National Academy of Sciences 107(19):8650-8655.

Holt-Giménez, E., 2002. Measuring farmers' agroecological resistance after Hurricane Mitch in Nicaragua: a case study in participatory, sustainable land management impact monitoring. Agriculture, Ecosystems & Environment 93(1-3):87-105.

IPCC, 2007. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II Contribution to the IPCC Fourth Assessment Report. Cambridge University Press, New York, USA.

Langner, A., F. Achard & G. Grassi, 2014. Can recent pan-tropical biomass maps be used to derive alterna- tive Tier 1 values for reporting REDD+ activities under UNFCCC? Environmental Research Letters 9(12).

Morgan, J. & D. Waskow, 2014. A new look at climate equity in the UNFCCC. Climate Policy 14(1):

Protocol, K., 1997. United Nations framework convention on climate change. Kyoto Protocol, Kyoto,

19. Stirling, A., 2001. On science and precaution in the management of technological risk.

UNCCD and UNFCCC, 2004. In Final Report on the Workshop on forest and forest ecosystems: Promoting synergy in the three Rio conventions (pp. 5-7).

UNCCD, 2012. United Nations Convention to Combat Desertification.

Annexe 1

Tableau 3 : Matrice de mise en œuvre

Contenu	Délai de livraison	Méthodologie de livraison	Matériel / ressources
Le concept de vulnérabilité	1 heure	Conférences interactives; discussions de groupe ;	projecteur LCD, ordinateur portable, tableau à feuilles mobiles, papier et marqueur
Changements de la météo et du climat; variabilité et évolution du climat ;	1 heure	Conférences interactives; discussions de groupes;	
Réchauffement climatique, GES ; sources et puits et leurs effets	1 heure	Conférences interactives; discussions de groupes;	
Réchauffement climatique et GES ; Sources de GES	1 heure	Conférences interactives; discussions de groupes;	
Les facteurs externes du changement climatique	1 heure	Conférences interactives; discussions de groupes;	
Les facteurs externes du changement climatique	1 heure	Conférences interactives; discussions de groupes;	
Les facteurs anthropiques du changement climatique	1 heure	Conférences interactives ; discussions de groupe ; sujets de questions et réponses ; remue-méninges et étude de cas	
Gestion des facteurs anthropiques du changement climatique	1 heure	Conférences interactives; discussions de groupe ; remue-méninges.	
Indicateurs de perturbation des écosystèmes ; Indicateurs liés au climat; Indicateurs liés à la couverture végétale et à la qualité de l'air ;	1 heure	Conférences interactives; discussions de groupes	
Indicateurs liés au sol ; Indicateurs liés à la qualité de l'eau ; Indicateurs liés aux rendements agricoles	1 heure	Conférences interactives ; discussions de groupe ; sujets de questions et réponses ; remue-méninges et étude de cas	
Les défis et les opportunités du changement climatique sur les écosystèmes ;	1 heure	Conférences interactives; discussions de groupes;	

Tableau 4 : Matrice de mise en œuvre

Contenu	Délai de livraison	Méthodologie de livraison	Matériel / ressources
Le concept de vulnérabilité	1 heure	Conférences interactives; discussions de groupe ;	projecteur LCD, ordinateur portable, tableau à feuilles mobiles, papier et marqueur
Gestion des risques liés au changement climatique	1 heure	Conférences interactives ; discussions de groupe ; questions et réponses ; brainstorming et activité de cas	
CCNUCC: Définitions des concepts ; objectifs de la Convention ; principes	1 heure	Conférences interactives ; discussions de groupe ; et remue-méninges	
CCNUCC : engagements ; mécanismes de mise en œuvre ; bonnes pratiques de lutte contre le changement climatique ; changement climatique et développement durable	1 heure	Conférences interactives ; discussions de groupe ; et remue-méninges.	
Négociations relatives au climat ; atténuation et adaptation à diverses échelles	1 heure	Conférences interactives ; discussions de groupe ; et remue-méninges	
Convention-cadre des Nations Unies sur la conservation de la diversité biologique ; définition des concepts	1 heure	Conférences interactives ; discussions de groupe ; et remue-méninges.	

Principaux auteurs

Prof. Alfred Opere
Chairman Department of Meteorology, College of Biological and Physical Sciences, University of NairobiP.O. Box 30197-00100, GPO, Nairobi, Kenya Email: aopere@uonbi.ac.ke

Prof. Dan Lansana Kourouma
Centre d'Etudes et de Recherche en Environnement. Université de Conakry, République de Guinée;
Email: dan_lansana@yahoo.fr

Liste des autres contributeurs

Name and Institution of affiliation

Dr. Abasse Tougiani
Senior Research Scientist; National Institute for Agricultural Research of Nige r (INRAN)
BP 429, Niamey, Niger; Tel: +227 96970886;
Email: abasse.tougiani@gmail.com

Dr. Bayen Philippe
Lecturer; University of Dédougou; Private Bag Burkina Faso;
Cel: 226-705-73-601;
Email: phbayen@yahoo.fr

Prof. Busuyi Olasina Agbeja
University of Ibadan, Nigeria; Department of Social and Environmental Forestry
Faculty of Renewable Natural Resources;
13, Ijoma Street, University of Ibadan, Nigeria;
Email: olasinagbeja@yahoo.com; bo.agbeja@mail.ui.edu.ng

Prof. Adjima Thiombiano
Université de Ouagadougou, Laboratoire de Biologie et Ecologie Végétales ;
03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso
Tel. +226 70 238261; Email: adjima_thiombiano@yahoo.fr

Dr. Bamba Syalla
Head of Research Cluster: Climate Change and Climate Variability, West African Science Service Center on Climate Change and Adapted Landuse (WASCAL); WASCAL Competence Center, Ouagadougou, Burkina Faso;
Tel: Office: (+226) 25 37 54 23/29/39;
Cell: (+226) 76 76 53 85 (+226) 76 89 66 70,
E-mail: sylla.b@wascal.org; syllabamba@yahoo.fr

Mrs. Beatrice Kolie
Assistant Lecturer ; Centre d'Etudes et de Recherche en Environnement; Université de Conakry;
Private Bag; Conakry, République de Guinée

Dr. Daud Kachamba;
Lecturer; Lilongwe University of Agriculture and Natural Resources (LUANAR);
Private Bag, Lilongwe; Tel: +265 993 605154;
Email: dkachamba@gmail.com

Dr. Dan Guimbo Iro
Senior Lecturer; Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni (Niger);
Tel: (+227)96461038/90525602 ; Email: danguimbo@yahoo.fr

Dr. Darlington Chima Uzoma
Senior Lecturer; University of Port Harcourt;
Department of Forestry and Wildlife; Choba, P. M. B 5323; Nigeria;
Email: uzoma.chima@uniport.edu.ng

Dr. Dickson Makanji
Lecturer, Egerton University, Njoro Campus, Department of Natural Resources;
P.O Box 536 Egerton 20115 , Kenya;
Mobile: +254. 0702115860; Email: lmakanji@hotmail.com , lmakanji@yahoo.co.uk

Dr. Doris Mutta
Senior Programme Officer; African Forest Forum (AFF);
C/o World Agroforestry Center (ICRAF), United Nations Avenue; P.O. Box 30677-00100, Nairobi, Kenya;

Tel: +254 020 7224485;
Fax: +254 020 7224001;
Email: D.mutta@cgiar.org

Dr. Godfrey Hampwaye
Senior Lecturer, The University of Zambia, Dept of Geography and Environmental Studies;
Great East road, P.O Box 32379, Lusaka, Zambia; Tel: +260 211 290 603,
Mobile:. +260-977 806 063;
Email. ghampwaye@unza.zm; hampwaye@yahoo. co.uk

Prof. Godwin Kowero
Executive Secretary; African Forest Forum (AFF);
C/o World Agroforestry Center (ICRAF), United Nations Avenue; P. O. Box 30677 – 00100, Nairobi, Kenya;
Phone: +254207224203;
Email: G.kowero@cgiar.org

Prof. Eliakimu Zahabu
Department of Mensuration and Management ; Sokoine University and Agriculture, Faculty of Forestry and Nature Conservation;
P.O. Box 3013 Chuo, Kikuu, Morogoro, Tanzania; Email: zahabue@yahoo.com; zahabue@suanet. ac.tz

Mr. Emmanuel Seck
Programme Manager; ENDA - Energy Environment Development ;
Complexe SICAP Point E Bâtiment B; 1er étage Avenue Cheikh Anta Diop X Canal IV; Dakar, Senegal;
Tél : (221) 33 869 99 48/49;
Fax : (221) 33 860 51 33;
Email : se@endatiersmonde.org ; ssombel@yahoo.fr

Dr. Emannuel Acheampong
Senior Lecturer, Department of Silviculture and Forest Management, Faculty of Renewable Resources, Kwame Nkrumah University of Science and Technology (KNUST)
Private Mail Bag, KNUST, Kumasi, Ghana
Tel: 0243412179; Email: ekachie@yahoo.com; eacheampong.irnr@knust.edu.gh

Dr. Eyob Tesfamariam
Lecturer; University of Pretoria; RM 5-15, Plant Sciences Complex;
Corner of Lynwood Rd & Roper St.; Hatfield 0028; South Africa;
Mobile:. +27-724597140;
Email: eyob.tesfamariam@up.ac.za

Dr. Franklin Joseph Opijah
Senior Lecturer; University of Nairobi; Chiromo Campus; Department of Meteorology;
P.O Box 30197-00100 ; Nairobi, Kenya;
Email: fopija@uonbi.ac.ke; fopijah@gmail.com; fopijah@yahoo.com

Prof. Jacob Mwitwa
University of Copper belt, School of Natural Resources, Zambia;
Cell: +260 977 848 462;
Email: Jacob.mwitwa@gmail.com

Prof. John Nzioka Muthama
Deputy Director; Wangari Maathai Institute for Peace and Environmental Studies; University of Nairobi, College of Biological and Physical Sciences; Head of Climate Change; Department of Meteorology;
P.O. Box 15160-00100, GPO, Nairobi Kenya;
Email: jmuthama@uonbi.ac.ke; jnmuthama@gmail.com

Dr. Joshua Ngaina
Chairman, Meteorology Department, South Eastern Kenya University (SEKU), Department of Meteorology;
P.O. Box 170-90200 , Kitui, Kenya; Email: jngaina@gmail.com

Dr. Joyce Lepetu
Senior Lecture (Forest Sciences); Director, Centre of In Service and Continuing Education (CICE), Botswana University of Agriculture and Natural Resources (BUAN);
PB 0027; Gaborone, Botswana; Tel: +267 3650396; +267 3650100;
Cell: (00267) 75168163 ;
Email: jlepetu@bca.bw; jlepetu@yahoo.com

Dr. Jules Bayala
Principal Scientist - Sahel Ecosystems; World Agroforestry Centre (ICRAF) ; West and Central Africa Regional Office - Sahel Node;
BP E5118, Bamako, Mali;
Tel: +223 20 70 92 20; Mobile: +223 77 71 41 90;
Email: J.Bayala@cgiar.org
Prof. Kokou Kouami

Director of the Master of Climate and Human Security, West African Science Service Centre on Climate Change and Adapted Land Use (WASCAL), University of Lome, Faculté des Sciences;
BP 1515, Lomé, Domicile BP 80825 Lomé, Togo; Tel (00) 228 90 02 04 11/
Dom. (00) 228 22 71 33 44 ;
Email: kokoukouami@hotmail.com

Prof. Kokutse Adzo Dzifa, Epse Kokou University of Lomé; Department of Botany; BP 80825;
Lomé Togo;
Tel: 0022890865207;
Email: mimidam@hotmail.com

Dr. Kossi Adjonou
Université de Ouagadougou, Laboratoire de Biologie et Ecologie Végétales ;
03 BP 7021, Ouagadougou 03, Burkina Faso;
Tél: +226 70 23 82 61;
Email: adjima_thiombiano@yahoo.fr

Prof. Larwanou Mahamane
Senior Programme Officer and Head of Programmes Management Unit; African Forest Forum (AFF);
C/o World Agroforestry Center (ICRAF); United Nations Avenue; P.O. Box 30677–00100, Nairobi, Kenya;
Phone: +254207224624;
Email: M.larwanou@cgiar.org

Dr. Lizzie Mujuru
Senior Lecturer; Department of Environmental Science, Bindura University;
Private Bag 1020, Bindura, Zimbabwe ; Tel/Fax: +263 271-6505, cell:+263 712 220 651/263 730 352279/+263 735302279
Email: mujuru2004@yahoo.co.uk

Dr. Louis Sawadogo
Directeur de Recherche en Biologie et Ecologie Vegetales; CNRST/INERA;
03 BP 7047, Ouagadougou 03, Burkina Faso;
Tel: 70255877; Email: sawadogo_ls@hotmail.com

Prof. Louis Zapfack
University of Yaounde 1, Faculty of Science, Department of Plant Biology;
P.O. Box 812, Yaounde, Cameroon;
Tel: +237-99-3396; Email: lzapfack@yahoo.fr

Mr. Macarthy Afolabi Oyebo
Chair, Governing Council, African Forest Forum;
No. 3 Daniel Arap Moi Close; Off Maitama Sule Street, Asokoro; Abuja, Nigeria;
Email: fola31@gmail.com

Dr. Massaoudou Moussa
Research Scientist, National Institute for Agricultural Research of Niger;
BP 240, Maradi, Niger;
Email : massaoudmoussa@yahoo.fr

Pr. Nacro H. Bismark
University Nazi Boni of Bobo Dioulasso;
Tel: 70247825;
Email: nacrohb@yahoo.fr

Prof. Paxie Chirwa
University of Pretoria; SAFCOL Forest Chair & Director, Postgraduate Forest Programme;
RM 5-15, Plant Sciences Complex; Corner of Lynwood Rd & Roper St; Hatfield 0028; South Africa;
Tel +27(0)12 420 3213/3177;
Cell +27(0)82 852 3386;
Email: paxie.chirwa@up.ac.za
Alt Email: forestscience@up.ac.za; Extraordinary Prof of Forest Science, Stellenbosch University

Dr. Paul Donfack
Programme Officer; African Forest Forum (AFF);
C/o World Agroforestry Center (ICRAF), United Nations Avenue; P.O. Box 30677-00100, Nairobi, Kenya;
Tel: +254 020 7224485;
Email: p.donfack@cgiar.org

Dr. Ouédraogo Issaka
Lecturer; Université de Ouagadougou; Laboratoire de Biologie et Ecologie Végétales; 03 BP 7021, Ouagadougou 03, Burkina; Email: sonrenoma@yahoo.fr

Dr. Ouédraogo Amadé
Lecturer, Université de Ouagadougou; Laboratoire de Biologie et Ecologie Végétales; 3 BP 7021, Ouagadougou 03, Burkina Faso; Email: o_amade@yahoo.fr

Prof. Rajoelison Lalanirina Gabrielle
Head Department of Water and Forestry; School of Agronomy; University of Antananarivo; BP 175, Antananarivo, Madagascar; Tel. +261 32 46 060 16;
Email: g.rajoelison@yahoo.fr

Mr. Richard Banda
Principal, Zambia Forestry College; Ministry of Lands, Natural Resources and Environmental Protection
Private Bag 1, Mwekera; Kitwe, Zambia; Tel. +260-212-252459; +260-212-251 460;
Mobile: +260-966 845 945;
Email: rbinda4@yahoo.com

Dr. Rodrigue Castro Gredomon
Head of Unit; Forest and People Livelihood Research Unit; Laboratoire de Bio-mathématiques et d'Estimations Forestières; University of Abomey- Calavi; Faculty of Agronomic Sciences;
4 P O. Box 1525, Cotonou, Benin; Email: castro.gbedomon@fsa.uac.bj; gbedomon@gmail.com

Dr. Shem Kuyah
Lecturer, Botany Department; Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology,
.O. Box 62000-00200 Nairobi, Kenya; Mob. +254-721-590-198;
Email: kshem@jkuat.ac.ke, kuyashem@gmail.com

Dr. Salamatou I. Abdourahamane Senior
Lecturer; University of Diffa; BP 78 Diffa, Niger;
Tel: (00227) 90316959/ 96978635;
Email: assalamat2@yahoo.com

Dr. Tajudeen Okekunle Amusa
Lecturer; University of Ilorin; Fac,. of Agriculture; Dept.of Forest Resources Management;
P.M.B 1515, Ilorin; Kwara State, Nigeria; Tel: 08051750289; 07033831616;
Email: amusa.to@unilorin.edu.ng; teejayui@gmail. com

Dr. Vincent Onguso Oeba
Programme Officer; African Forest Forum (AFF) ; C/o World Agroforestry Center (ICRAF), United Nations Avenue;
P.O. Box 30677–00100; Nairobi, Kenya; Phone: +254207224000 Ext 4048;
Email: v.oeba@cgiar.org; vongusoeba@gmail.com

Dr. Wilson Kasolo
Executive Secretary; ANAFE; c/o World Agroforestry Centre (ICRAF); P.O. Box 30677-00100, Nairobi, Kenya;
Email: W.KASOLO@cgiar.org

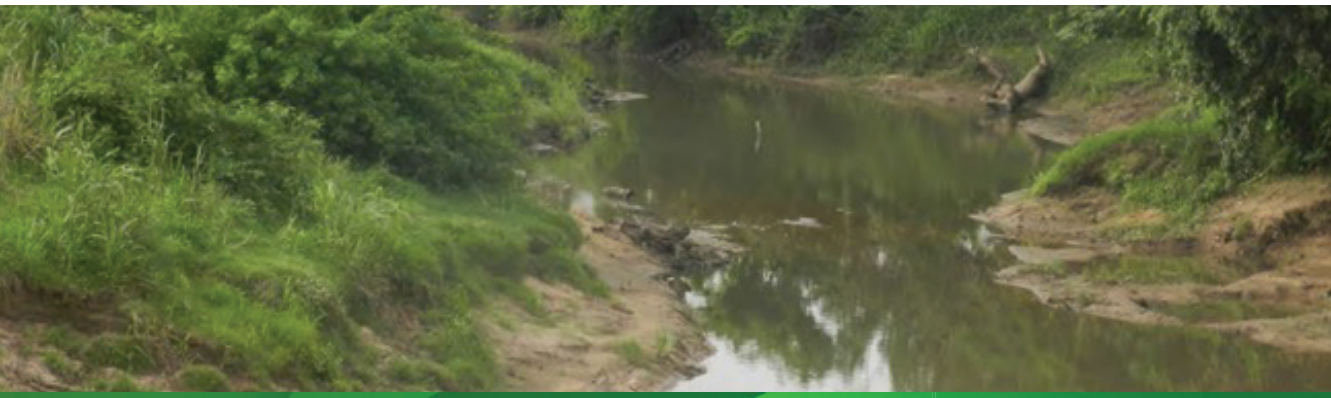
Prof. Winston J. Akala
Dean School of Education, College of Education and External Studies, University of Nairobi;
P.O Box 30197-00100, Nairobi, Kenya, Tel: 066-32117/32020/29,
ΩCell: +254723432546,
Email: akala@uonbi.ac.ke; akalajumba@yahoo.com

Prof. Zac Tchoundjeu
Higher Institute of Environmental Sciences;
P.O Box 35460; Yaounde, Cameroon; Phone: +237-677 707582;
Email: z.tchoundjeu@cgiar.org

Notes

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