

Article :

Langue : Français

Publiée : 15 08 2023

Droits d'auteur : cette publication a été publiée en libre accès selon les termes et conditions de la licence Creative Commons Attribution (CC BY) <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



Changement climatique. Essai pédagogique sur le contenu de la matière à enseigner

Mohamed Abdoulaye Diarra

E-mail : diarraabdoulay@gmail.com

Résumé :

Ce travail de recherche porte sur le changement climatique. Il part d'un constat : une tempête d'opinions sur ce phénomène ambigu, qualifié tantôt de "diable", tantôt de "fantôme", trouble le débat scientifique et soulève ainsi un problème quant au contenu de la matière à enseigner pour ce nouvel objet d'étude de la climatologie. L'université a la lourde responsabilité de diffuser des notions claires sur ce phénomène à des fins pédagogiques. C'est précisément l'objet de cette recherche. Nous y ressortons les notions de base sur le temps, le climat et le système climatique. Ensuite, nous abordons l'histoire du climat d'une planète aux caractéristiques singulières : la Terre. Enfin, "on fait de la science avec des faits, comme on fait une maison avec des pierres..." (Poincaré). Nous présentons quelques faits avérés du changement climatique dans le monde, en Afrique et en République Démocratique du Congo. Il est judicieux de rester circonspect car le discours scientifique, souvent effrayant, n'est pas exempt d'arrière-plans financiers.

Mots clés : temps ; climat ; système climatique ; changement climatique ; effet de serre ; forçage radiatif.

INTRODUCTION.

Le changement climatique et ses conséquences pratiques constituent aujourd'hui un nouvel objet de la climatologie fondamentale. Les objets traditionnels étant :

- la description détaillée des climats répartis à la surface du globe et,
- l'explication complète et approfondie du climat.

Sur le terrain de l'enseignement, un problème se pose sur le contenu de la matière à enseigner.

En effet, « Changement climatique », « réchauffement climatique », sous ce thème, diable ou fantôme de bien des discours, se cache une diversité de théories trop complexes pour être restituées simplement.

La détermination du contenu de la matière à enseigner constitue un problème didactique majeur dans le programme de l'enseignement supérieur et universitaire où la liberté académique fait de l'enseignant le maître absolu de son auditoire.

Il administre les épreuves comme il le veut. Il choisit la matière, le chapitre, la forme de questions, le moment de passation de l'interrogation, sa durée quelquefois, son importance sur la note définitive, les critères et les normes qui déterminent son jugement professoral. Cette attitude est une tradition de longue date.

Une matière peut être enseignée au niveau des faits, des concepts et des théories. Pour déterminer le niveau du contenu à partir de ces éléments, l'enseignant devra distinguer d'une part, les concepts et les théories qu'il devra enseigner, et d'autre part, les faits réels observés.

Ensuite, il doit décider pour chaque notion, le niveau qui conviendrait le mieux. Cependant, comment choisir les concepts à enseigner ? Quel contenu leur conférer ? Les livres répondent rarement de manière précise et satisfaisante à cette nécessité.

A l'heure où l'intérêt et les préoccupations d'une partie croissante de la communauté scientifique et de la société en général se portent sur les problèmes

liés à l'évolution de l'environnement et au changement climatique, une large opinion - non spécialiste bien entendu – comprend encore vaguement ce concept.

Elle a des idées imparfaitement élucidées sur ce phénomène environnemental majeur de la fin du vingtième siècle. Cela, en dépit de l'engouement médiatique avec des discours voués par déformation professionnelle au raccourci racoleur.

Il est vrai, le souci de médias est d'exposer de manière résumée les constats sur les effets du changement climatique, ce dont ils s'acquittent peu correctement.

Néanmoins, ils participent d'une manière ou d'une autre, à la fois, à la prise de conscience minimale du phénomène par l'opinion publique, et à la création d'une vague ambiance d'inquiétudes pour l'avenir.

Ce thème fait l'objet d'une production scientifique surabondante, témoignage des inquiétudes actuelles que l'expression recouvre. Cependant, beaucoup de discours à ce sujet relèvent plus souvent de l'essai que de la construction scientifique.

Le sujet n'est peut-être pas entièrement nouveau. Dans son livre intitulé « Climat, mensonge et propagande », **Hacène AREZKI (2010)** souligne la guerre entre d'un côté des climatologues alarmistes qui affirment que la terre se réchauffe par la faute des activités humaines.

Par exemple, dans son 4^{ème} rapport de février 2007, le **GIEC** (Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat, mis en place en 1988 par l'Organisation Météorologique Mondiale et le Programme des Nations Unies pour l'environnement) stipule dans l'une de ses conclusions que : « le réchauffement du système climatique est sans équivoque. La responsabilité humaine aussi ; l'effet moyen global des activités humaines depuis 1750 a été un effet de réchauffement ».

De l'autre côté, les climatologues septiques pour qui le réchauffement a des causes naturelles. Qui croire ? Qui suivre ?

D'aucun pense même qu'il s'agit d'une théorie scientifique non vérifiée. Les modèles climatiques mêmes les plus élaborés sont encore loin d'une réalité dont la complexité pose tout un défi à notre soif de connaissance et de certitude.

En fait, la lutte contre le réchauffement climatique global est devenu une croisade, une obsession qui s'ajoute à la confusion et tue le débat scientifique.

Toutefois, en cette période qui voit l'implantation définitive du développement des études environnementales et climatiques, notre tâche immédiate consiste à améliorer la compréhension sur le changement climatique par cette synthèse essentielle à enseigner. L'ignorance tue dit-on !

Au-delà des débats interminables, il est question que les recherches scientifiques répondent aux questionnements sur l'ampleur réelle du réchauffement climatique, sur ses causes et ses conséquences immédiates et ultérieures.

En d'autres termes, hormis les activités humaines, quelles autres hypothèses sérieuses peuvent expliquer ce phénomène ? Faut-il s'en alarmer ? Ou faut-il prendre conscience et agir ?

Nous pensons que l'université, les organisations non-gouvernementales et l'ensemble de mass-médias ont la lourde responsabilité de diffuser des études sérieuses, des notions claires sur ce phénomène pour un usage didactique.

La sensibilisation est le préalable de toute action avisée. Concrètement, il est difficile d'agir au sujet du changement climatique actuel sans assurer la sensibilisation, la compréhension et l'appui du public. Le partage du savoir devient ainsi un élément indispensable.

La science est indispensable à une meilleure connaissance des interrelations complexes entre systèmes naturels, populations, systèmes et changements techniques.

En définitive, la structure scientifique de la discipline (climatologie) et la dynamique culturelle mondiale nous pousse à entreprendre une démarche à la fois théorique et didactique qui doit être simplement considérée comme une piste de réflexion, un moteur de prise de conscience.

Concrètement, les savoirs de base présentés dans ces lignes permettront à notre lectorat de se familiariser avec le climat et son dérèglement actuel dénommée « changement climatique », d'analyser de manière fine et exacte certains grands enjeux climatiques du monde contemporain.

Il s'agit de dévoiler les faits significatifs de ce phénomène alarmant et énoncer clairement ses conséquences pour l'éveil de la conscience collective.

Les questions liées au changement et à la variabilité climatiques étant aujourd'hui au cœur de problématiques sociales, de risques et du développement durable ; l'objectif initial et concret de ces lignes est à la fois :

- D'apporter un bagage minimal en climatologie en mettant l'accent sur l'articulation entre la variabilité du climat (dans le temps et dans l'espace) et la question du changement climatique, cette dernière devenant ainsi un nouvel objet de la climatologie fondamentale ;
- D'aborder les questions liées à la gestion du risque climatique par les sociétés actuelles sous différentes formes et à diverses échelles.

CHAPITRE Ier : LE CLIMAT ET LE SYSTME CLIMATIQUE.

I.1. INTRODUCTION.

Une confusion difficile à dissiper complètement règne encore entre le temps qu'il fera (décrit par le service de la météorologie) et le climat. Pour mieux appréhender le changement climatique, il est souhaitable d'avoir d'abord une idée précisément claire sur le temps, le climat et le système climatique terrestre.

I.2.LE TEMPS

Depuis des milliers d'années, philosophes, hommes de religions, mathématiciens, physiciens, géographes, géologues, astronomes et bien d'autres, s'efforcent de définir le temps. Ils n'ont pu se mettre d'accord.

Saint Augustin : qu'est ce que le temps ? Si personne ne me le demande, je sais la réponse, mais si on me le demande, je ne le sais plus.

Aristote, un des plus grands savants et philosophes grecs dit : le temps est un élément continu, il n'a ni commencement ni fin.

Pour Albert Einstein : « Le temps comme tel – le temps absolu, sans aucune relation avec quoi que ce soit – n'existe pas. Tant qu'il y a du mouvement, il y a du temps et on peut le mesurer.

Exemple : Tant qu'une horloge fait « tic-tac » ou qu'un cœur bat, ou que les saisons se succèdent, on peut mesurer le temps.

Constatons ensemble que le temps n'a pas la même signification en mathématiques, en physique, en chimie, en biologie, en histoire et dans notre esprit.

Toutefois, chacun perçoit le temps qu'il fait et peut le qualifier de beau, doux, frais, pluvieux, humide... Nous sommes parfaitement compris de notre entourage. Cependant, notre langage n'a aucune rigueur scientifique.

Les météorologistes procèdent méthodiquement à l'analyse du temps : ils prélèvent les températures grâce au thermomètre à maxima-minima, mesurent la pluviométrie à l'aide d'un pluviomètre, la pression atmosphérique en utilisant le baromètre, la direction (par la girouette) et la vitesse du vent (par l'anémomètre), le degré hygrométrique de l'air (humidité de l'air) à l'aide de l'hygromètre ou humidimètre, etc.

C'est l'action combinée (la synergie) de tous ces éléments qui donne l'ambiance que nous ressentons et qui constitue le temps.

Le mot temps a double sens :

Dans son premier sens, il désigne l'enchaînement chronologique des moments successifs. Ne dit-on pas par exemple : après la pluie vient le beau temps ? Ceci décrit deux moments successifs.

Dans son second sens, le temps qu'il fait est l'état de l'atmosphère à un instant précis. C'est une sorte d'instantané des conditions atmosphériques en un lieu géographique donné. C'est un élément variable de notre environnement.

Cet état peut être donc décomposé en éléments : température, pluviométrie, humidité, vitesse et direction du vent, couverture nuageuse, insolation, teneur en polluants...

L'observation montre qu'il s'établit des cycles de changements de temps en correspondance avec les saisons, si bien que d'une année à une autre, le retour de mêmes saisons entraîne le retour de mêmes types de temps.

En effet, les valeurs et les combinaisons des éléments du climat d'une part, les types de circulations et les types de masses d'air d'autre part, permettent de définir le type de temps vécu.

Au total, le type de temps permet d'une part de décrire la combinaison des éléments du climat qui crée l'ambiance atmosphérique que l'on ressent. C'est la description.

D'autre part, elle permet de définir les types de circulations et de masses d'air tant dans les basses couches qu'en altitude. C'est l'explication de mécanismes qui engendrent ce type de temps. Le climat correspond au film de la succession des types de temps en ce lieu.

I.3. LE CLIMAT

Le climat est défini comme l'état moyen (décrit statistiquement grâce aux moyennes annuelles de température, au total annuel des précipitations, à

l'insolation ou à la nébulosité moyenne, aux vents dominants, à la pression atmosphérique, à la capacité hygrométrique de l'air, ...) de l'atmosphère sur une période de temps donnée (la normale est de 30 ans) en un lieu géographique particulier.

Aussi, on préfère généralement présenter le climat comme la succession habituelle des météores en un lieu donné. C'est l'ensemble des caractères de température, de pluviosité et de circulation atmosphérique ainsi que le rythme saisonnier de ces éléments.

Le climat n'est donc pas perçu instantanément. Sa description repose sur l'observation de relevés statistiques des éléments du climat.

Les éléments du climat sont des paramètres (grandeurs/données) météorologiques mesurables. Les principaux sont :

- la température,
- la hauteur de précipitations,
- la pression atmosphérique,
- la durée de l'insolation et,
- la vitesse et la direction des vents.

L'analyse de ces paramètres météorologiques mesurables consiste à des traitements statistiques à partir de séries de relevés réalisés dans les stations météorologiques qui forment un réseau d'observations au sol, complété actuellement par des satellites.

Par ailleurs, l'étude de types de temps et de leurs mécanismes constitue la météorologie. Tandis que l'étude des constantes relatives et des répétitions de situations analogues constitue la climatologie.

La météorologie est une branche de la physique (la thermodynamique). La climatologie qui permet de préciser certains caractères des espaces terrestres est une branche de la géographie. Les deux disciplines sont liées.

I.4. LE SYSTEME CLIMATIQUE.

Le système climatique terrestre comprend l'atmosphère (enveloppe gazeuse entourant la Terre), l'hydrosphère (océans et mers), les terres émergées

(continents et îles), la cryosphère (neige et glace) et la biosphère (genre humain et tous les autres organismes vivants).

Des processus ont lieu au sein de chaque sous-système et entre eux. Ainsi, des relations diverses existent entre ces composantes du système à telle enseigne que d'éventuels changements dans l'une des composantes entraînent ipso facto des répercussions sur les autres, se révélant lourds de conséquences sur les êtres vivants, donc la biodiversité ou la diversité biologique.

En d'autres termes, le système climatique est une combinaison dynamique, en équilibre instable sous l'influence des forces multiples qui concourent à son élaboration et à son évolution.

Par ailleurs, on ne peut comprendre les phénomènes atmosphériques et saisir le moteur qui les déclenchent sans avoir à l'esprit que la Terre notre planète n'est pas un astre isolé et indépendant. Elle appartient bel et bien au système solaire (parmi les neuf ou dix planètes gravitant autour d'une étoile appelée soleil).

En fait, de nombreux phénomènes trouvent leur explication dans cette appartenance de la terre au système solaire en l'occurrence : l'alternance du jour et de la nuit, la succession des saisons soit thermiques soit pluviométriques, le système de vents dit circulation atmosphérique générale, ...

I.5. LA SINGULARITE DE LA PLANETE TERRE.

Qu'est-ce qui fait l'originalité de la terre si on la compare aux autres planètes du système solaire et en particulier avec ses plus proches voisines ?

La terre présente de l'extérieur vers l'intérieur plusieurs enveloppes : atmosphère, hydrosphère, lithosphère, biosphère.

La terre bénéficie des conditions physiques et climatiques exceptionnelles par rapport aux autres planètes du système solaire, conditions permettant l'existence de la vie.

Du fait de sa situation privilégiée dans le système solaire, ni trop près ni trop loin du soleil, la terre bénéficie d'un rayonnement solaire lui permettant des températures au sol favorables à la vie. La terre est presque localisée dans la « banlieue » du système solaire.

L'atmosphère terrestre est un autre facteur favorable. Sa composition permet l'existence d'un effet de serre modéré ; de la vapeur d'eau et relativement peu de gaz carbonique (CO_2). Cela contribue à l'existence de la température favorable à la vie.

L'ozone (O_3) qu'elle possède lui protège des rayons ultraviolets émis par le soleil. Le dioxyde de carbone est indispensable à la production de la matière organique des êtres vivants (biomasse).

L'hydrosphère (sphère liquide essentiellement constituée par l'eau de mer soit 97%) est très développé sur la terre et, c'est la seule planète (jusqu'à l'état actuel de la recherche scientifique) où l'eau existe sous trois (3) états : liquide, solide (glace) et gazeux (vapeur d'eau). La terre se distingue des autres planètes par la présence de grandes quantités d'eau, indispensables à toute forme de vie.

Elle est appelée « planète bleue » pour sa superficie dominée par l'étendue des océans qui recouvre environ 72 % de la surface terrestre. En supposant une répartition uniforme de l'hydrosphère, chaque centimètre carré de la surface terrestre dispose de 273 litres d'eau dont : 268,45 litres d'eau de mer, 0,1 litre d'eau douce, 4,5 litres de glace et 0,003 litre de vapeur.

L'océan occupe environ 72 % de la surface de la Terre, soit environ 360 millions de km^2 pour un volume de 1 320 millions de km^3 . Océans et continents sont inégalement répartis dans les deux hémisphères.

L'hémisphère Nord contient les deux tiers des terres émergées : on parle souvent de l'hémisphère continental comparé à l'hémisphère Sud plus océanique. Toutefois, malgré cela, la surface des mers (155 millions de km^2) y est supérieure à celle des continents (100 millions de km^2).

Ainsi, non seulement la terre est la seule planète à posséder de l'eau liquide mais aussi la seule planète du système solaire à abriter des êtres vivants (la biodiversité).

Les deux faits, bien entendu, sont liés : l'eau liquide est indispensable à la vie. « L'eau, c'est la vie ». Elle seule remplit les conditions nécessaires à la naissance et au développement de la vie.

De tout ce qui précède, nous disons que :

La présence d'une enveloppe gazeuse, l'atmosphère, n'est pas une particularité de la planète Terre. Seule Mercure n'en possède pas parmi les planètes du système solaire.

La présence d'une enveloppe liquide discontinue, l'hydrosphère, est plus originale. Cela conduit parfois à qualifier la planète Terre de « Planète Bleue ».

Le développement de la vie sur Terre est très étroitement lié à l'évolution de ces deux enveloppes dont l'homme commence à évaluer la fragilité et tente de mettre en place les moyens de gérer au mieux leurs protections dans le cadre du développement industriel.

Ces enveloppes, en réaction directe aux modifications du bilan thermique de la planète, sont le siège de circulations (atmosphériques et océaniques) qui jouent un rôle capital dans la définition et la régulation du climat.

Elles ont aussi une importance primordiale dans le processus d'altération et de sédimentation dont elles constituent les vecteurs (eaux et vents) mis en jeu par l'énergie solaire et la gravité.

CHAPITRE II : LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ET LA VARIABILITE DU CLIMAT.

II.1. L'HISTOIRE DU CLIMAT.

De tout le temps, le climat n'a jamais été statique. Il est sujet à des variations dues à des causes naturelles (on parle de forçage climatique naturel) et à des causes liées aux activités humaines (il y a là le forçage climatique anthropique).

Concrètement, des variations minimales de température (1°C à 5°C) se développent sur des temps très courts. Elles correspondent aux cycles d'activité du soleil, aux éruptions volcaniques, aux oscillations océaniques, aux impacts des météorites et aux activités humaines.

En nous référant à l'histoire de la terre, à des ères géologiques, aux fossiles (animaux et végétaux) et, à certains sédiments et leurs répartitions géographiques, il convient d'affirmer que des nombreuses variations climatiques ont affecté la terre depuis sa formation.

Les renseignements apportés par la flore et la faune le sont par référence aux espèces vivantes dans une des zones climatiques actuelles (uniformitarisme).

Ainsi, par exemple, les fougères arborescentes ne se rencontrant qu'en climat tropical, on n'en déduit que le climat de la forêt houillère au carbonifère, était lui aussi chaud et humide.

Ci-dessous, nous présentons un draft de l'évolution climatique au cours des ères géologiques.

II.1.1. A l'ère primaire, les climats furent variés et changeants. Synthétiquement, retenons ce qui suit :

1. Climats relativement chauds au primaire inférieur (prouvé par la présence de coraux constructeurs de récifs depuis la Sibérie et le Spitzberg dans l'hémisphère Nord jusqu'à l'Australie dans l'hémisphère Sud).
2. Climats désertiques (au moins sur le continent Nord Atlantique) au primaire moyen.
3. Climats chauds et humides sans saisons, au carbonifère, époque de la houille.
4. Climats désertiques dans l'hémisphère Nord, froids et humides dans l'hémisphère Sud à la fin du primaire.

II.1.2. Au secondaire :

1. Au Trias, le climat désertique de la fin du primaire sur l'hémisphère Nord persiste. L'Europe triasique apparaît comme vaste désert parsemé de lagunes.
2. Au Jurassique puis au Crétacé, on distingue :
 - a. Une zone boréale tempérée avec pins et sapins, limitée au Sud à l'emplacement actuel de l'Angleterre, du Danemark et de la mer Caspienne.
 - b. Une zone équatoriale chaude.
 - c. Une zone australe tempérée.

Dans l'ensemble, le climat reste plus chaud qu'actuellement : au Groenland, croissent des conifères, des chênes, des figuiers. Cependant, le refroidissement gagne peu à peu vers le Sud (signalé par le recul graduel de récifs coralliens). L'apparition de cercles concentriques dans les bois des conifères et d'arbres à feuilles caduques suppose l'existence nouvelle des saisons.

Notons aussi que : le début du XIV^{ème} siècle fut particulièrement froid. Ainsi, les Vikings abandonnèrent leurs colonies de Groenland, jusque là couvert de pâturages verdoyants.

II.1.3. Au tertiaire :

1. Les zones boréales et australes se refroidissent
2. Des zones tempérées s'intercalent entre elles et,
3. La zone équatoriale se rétrécit.

Dans l'ensemble, la température est encore nettement supérieure à celle d'aujourd'hui, mais s'abaisse progressivement.

II.1.4. Au quaternaire :

Rappelons d'abord que la géographie du globe à la fin du tertiaire, rappelle beaucoup celle d'aujourd'hui. L'océan Atlantique coupe le continent Nord Atlantique et sépare l'Amérique de l'Europe et de l'Afrique. Le continent indomalgache est morcelé : Indes et Madagascar ne communiquent plus. Aussi, l'ère quaternaire fut marquée par diverses glaciations.

En outre, on peut distinguer quatre associations de faunes et de flores caractéristiques de différents climats.

1. Des forêts immenses avec éléphants, rhinocéros, hippopotames, lions et hyènes de cavernes, ... analogues aux espèces tropicales actuelles, caractéristiques d'un climat chaud et humide.
2. Une végétation naine et clairsemée avec rhinocéros laineux, ours de cavernes, tous les animaux à toison très épaisse, caractéristiques d'un climat froid et humide.
3. Une végétation rabougrie avec renne, élan, bison, loup, ... animaux de la toundra, caractéristiques d'un climat froid et sec.
4. Un retour de la forêt avec cerf, sanglier, écureuil, ... caractéristiques d'un climat tempéré.

Par ailleurs, nombreuses études anthropologiques ont mis en relief certains changements climatiques passés :

- Des fossiles en Egypte ont mis à jour des os d'éléphants et autres animaux disparus de ces contrées actuellement désertiques;
- Dans le Nord du Mali, près du tropique de Cancer, de nombreuses dépressions étaient occupées, entre – 9300 ans et – 4500 ans, par des lacs d'eau douce (comme en témoignent les dépôts carbonatés blancs riches en coquilles de mollusques d'eau douce).
- Des peintures rupestres découvertes dans le Sahara (aujourd'hui désert) représentent des animaux ayant survécus dans ce milieu non désertique jadis, bien arrosée et couverte de végétation.

L'ensemble du Sahara actuel était alors occupé par des marécages, des steppes sahéliennes parcourues par des troupeaux de grands mammifères qui vivent aujourd'hui 600 Kms plus au Sud.

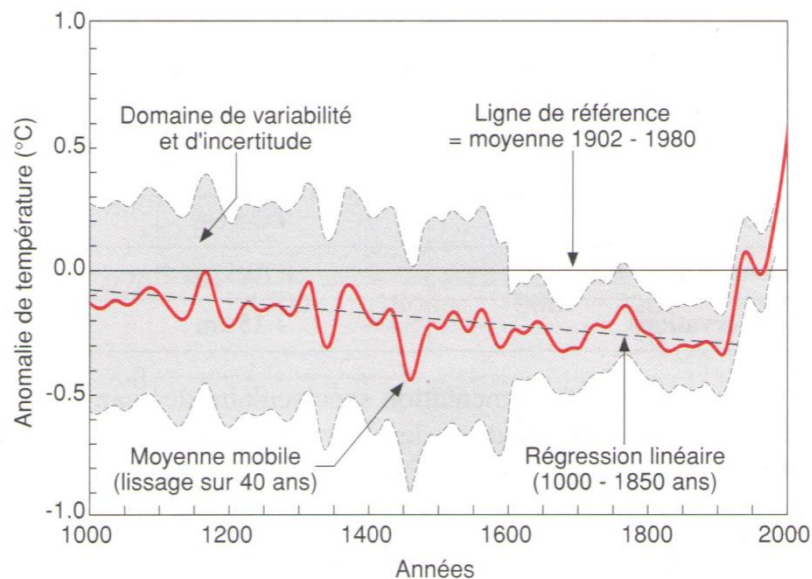
Concrètement, prenons en exemple les périodes glaciaires ayant connu un climat terrestre beaucoup plus froid qu'actuellement et, les périodes interglaciaires plus chaudes.

Les différentes synthèses de l'évolution des températures au cours du dernier millénaire s'accordent pour mettre en évidence une augmentation conséquente des températures au cours du vingtième siècle.

Ainsi, les travaux de **Mann et al. (1999)** cités par **Charles Pomerol et al. (2006)** montrent d'abord un refroidissement progressif et graduel entre les années 1000 et 1900, de l'ordre de $-0,3^{\circ}\text{C}$ par rapport à la période 1961-1990 prise comme référence.

On peut l'observer à travers la figure suivante.

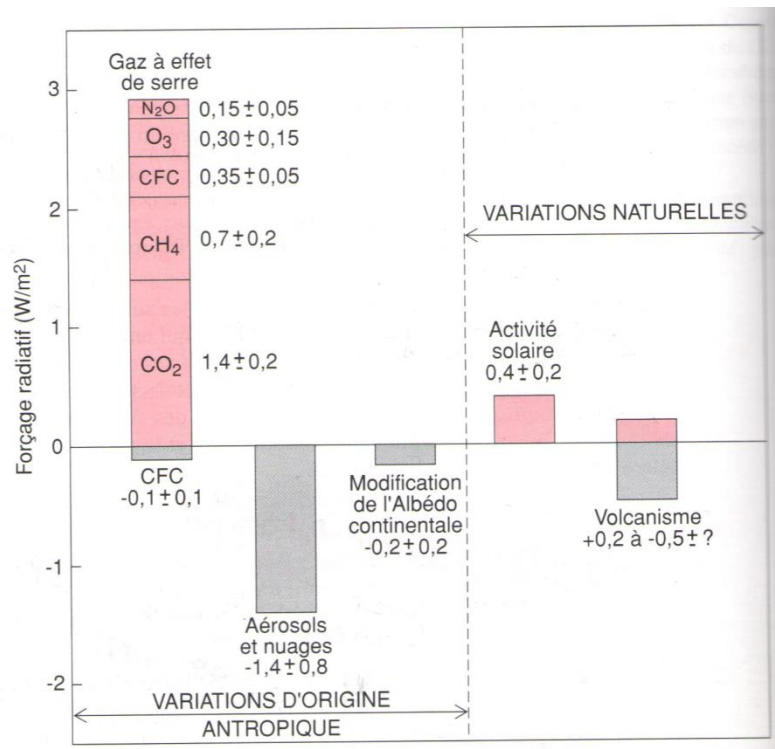
FIGURE N° 1 : Evolution de températures historiques d'après Mann et al. 1999



On observe ensuite une augmentation brutale des températures, soit $0,6^{\circ}\text{C}$ de variation, au cours du vingtième siècle où les températures atteignent un niveau jamais observé au cours du millénaire.

Toutes ces variabilités du climat semblent avoir été acceptées par la société humaine comme des malheureux accidents du destin. De nombreux facteurs interviennent dans le contrôle du climat terrestre et de ses fluctuations. On peut cependant les classer en quatre groupes en fonction de l'amplitude des variations de température qu'ils sont susceptibles de provoquer et de la durée de leur cycle d'action tel que repris dans la figure ci-dessous.

FIGURE N° 2 : Différents facteurs de contrôle du climat terrestre.



Les inquiétudes actuelles, par contre, ont été suscitées par l'influence des activités humaines partant de la révolution industrielle ayant ainsi accéléré le changement climatique par la modification de la composition chimique de l'atmosphère.

Ce changement de composition chimique influe donc sur le climat mondial. Les changements dans l'environnement dus à l'homme peuvent transformer un événement normal en catastrophe.

Finalement, c'est la combinaison de conséquences de la variabilité naturelle et de forçage climatique anthropique qui conduit au changement climatique actuel.

Toutefois, au regard de fluctuations observées depuis 1850, des paramètres d'origine anthropique susceptibles de modifier le climat sont d'un ordre de grandeur supérieur à celle de variations naturelles.

Le danger réside dans la forte accélération du changement climatique qui semble imminente. Les chercheurs sont unanimes et pensent que le rythme actuel du changement climatique dépasse complètement la variabilité naturelle du climat terrestre. Le changement climatique a donc pris un tel rythme qu'il ne peut être enrayeré. On ne peut que le ralentir.

II.2. LES CAUSES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE.

Au regard de ce qui précède, il est intéressant de remarquer que le changement climatique est façonné par l'action conjuguée de l'homme et de la nature.

Corroborons avec **Pierre GOUROU (1971)**, qui souligne « qu'il n'y a pas de crise dans l'usage de la nature qui ne soit une crise dans le mode de vie de l'homme ».

Concrètement, la dégradation du « milieu naturel » peut résulter tout autant de modifications négatives des composantes « naturelles » que des changements qui affectent la société en question (augmentation de la population par exemple) et les moyens qu'elle met en œuvre pour satisfaire ses besoins.

En d'autres termes, un changement radical de la géographie physique du globe ne peut qu'entraîner des changements dans la géographie humaine et, vice-versa.

Bien entendu, dans la plupart des études environnementales, l'être humain est trop souvent perçu comme un agent ahistorique (c'est-à-dire une variable statique) et unique destructeur ayant commis tous les péchés environnementaux. La population mondiale constitue, aux yeux de beaucoup, le problème écologique majeur.

Néanmoins, il sied de souligner que les activités humaines ne sont pas toujours nuisibles à l'environnement ; que le type d'interactions entre l'homme et l'environnement varie selon les époques et les contextes socio-économiques. Par ailleurs, la nature est aussi un agent actif du changement climatique.

II.2.1. LES CAUSES NATURELLES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE.

Plusieurs facteurs naturels influent sur le climat parmi lesquels nous citons :

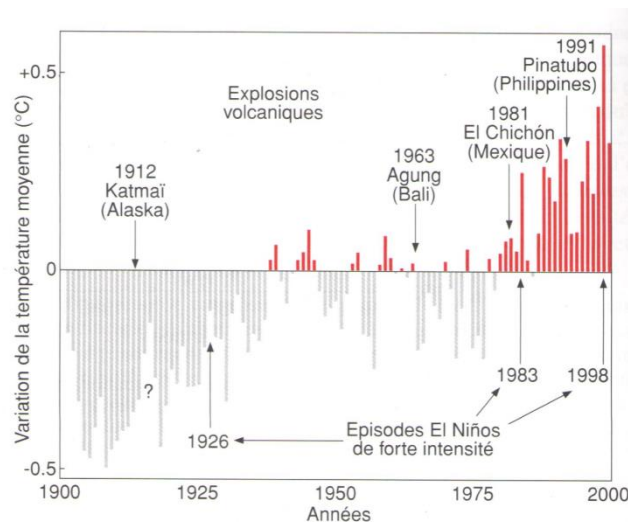
- Les éruptions volcaniques et les modifications de la répartition des aérosols atmosphériques d'origine naturelle,
- Le cycle solaire et l'orbite terrestre ;
- Les oscillations océaniques ;
- Les impacts de météorites.

II.2.1.1. LES REJETS DES ERUPTIONS VOLCANIQUES.

Lors d'une éruption volcanique, il y a rejet de grandes quantités de particules et de gaz dans l'atmosphère. Ces particules transportées ensuite par les vents troposphériques et stratosphériques au dessus des vastes régions de la terre, empêchent la pénétration d'une partie du rayonnement solaire incident par diffusion, par absorption sélective ou par réflexion.

Or, toute variation du rayonnement, modifie la régularité, le régime et l'emplacement des mouvements ascendants (convection) et descendants (subsidence) de l'air. Cela entraîne des changements du climat existant, essentiellement la température. Les éruptions volcaniques provoquent des fluctuations climatiques d'échelle annuelle comme le révèle la figure ci-dessous.

FIGURE N° 3 : Impacts de grandes éruptions explosives volcaniques



Outre cette modification du régime de température, l'éruption volcanique détruit l'ozone troposphérique.

Par exemple, « en 1991, l'éruption du **Mont PINATUBO**, aux Philippines, a provoqué une diminution de 15% de la concentration d'ozone pendant plusieurs années, et il semble qu'elle ait été à l'origine d'une extension du trou d'ozone au dessus de l'Antarctique » (O.M.M., 2003).

Les éruptions volcaniques provoquent donc des fluctuations climatiques d'échelle annuelle. En effet, lors de fortes éruptions explosives, outre les poussières émises dans l'atmosphère, du SO₂ est éjecté dans la stratosphère où il se transforme en particules de sulfate qui bloquent une partie du rayonnement

solaire. En d'autres termes, l'absorption par ces poussières d'une fraction du rayonnement solaire direct expliquerait le déficit des radiations atteignant le sol.

Il en résulte un refroidissement du climat dans l'année qui suit l'éruption.

- Pour le cas de **Pinatubo**, la température de l'été suivant a été plus basse de $-0,6^{\circ}\text{C}$, conduisant à un refroidissement annuel de $-0,3^{\circ}\text{C}$.
- En 1883, l'éruption du **Krakatoa** (en Indonésie) a induit une baisse des températures qui n'a été résorbée qu'au bout de 4 à 5 années.
- Après éruption du volcan **Tambora** (en Indonésie) en 1815, la température moyenne de l'hémisphère Nord s'abaisse d'environ 1°C et, l'année 1816 fut « une année sans été » (givre et neige en juin et juillet) accompagnée de mauvaises récoltes en Europe et Amérique du Nord.

II.2.1.2. LES OSCILLATIONS OCEANIQUES.

La plus connue, l'oscillation El Nino ou ENSO (El Nino Southern Oscillation) peut provoquer dans le Pacifique Central des augmentations de la température des eaux de surface de l'ordre de 2 à 5°C . Il en résulte des augmentations des températures moyennes mondiales de l'ordre de $+0,1^{\circ}\text{C}$. Les épisodes El Nino de fortes intensités (1926, 1983, 1998) sont particulièrement bien enregistrés mais n'influent pas sur l'évolution à moyen terme du climat.

II.2.1.3. LE CYCLE SOLAIRE ET L'ORBITE DE LA TERRE.

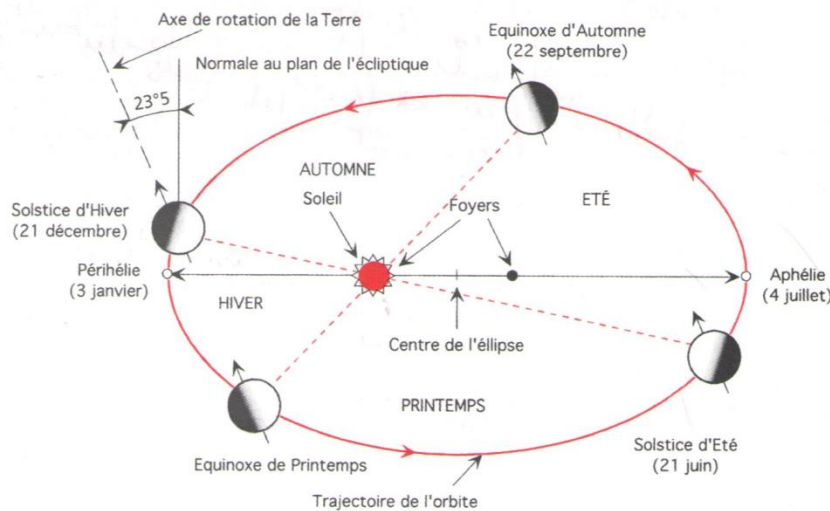
Le rayonnement émis par le soleil est la source première d'énergie qui régit le système climatique. En d'autres termes, le point d'entrée du système climatique est le soleil (facteur cosmique) qui fournit de l'énergie.

Les fluctuations du rayonnement solaire sont en phase avec la fréquence des tâches solaires à la surface de l'étoile. Toutefois, la quantité d'énergie solaire qui arrive sur Terre dépend plus de paramètres de l'orbite terrestre que du fonctionnement solaire.

La terre, du fait de son orbite elliptique, reçoit des quantités différentes de rayonnement solaire selon qu'elle est éloignée (aphélie) ou rapprochée (périhélie) par rapport au soleil. En d'autres termes, du fait de l'excentricité de l'orbite, le flux solaire passe de 1410 W. m^{-2} au périhélie (le 3 janvier actuellement) à seulement 1320 W. m^{-2} à l'aphélie (4 juillet). L'excentricité correspond à

l'aplatissement de l'ellipse que décrit la Terre dans l'espace. La figure ci-après est illustrative à ce sujet.

FIGURE N° 4 : La position de la Terre au cours de différentes saisons.



Notons qu'au cours des âges, il y a des fluctuations périodiques de la forme de l'orbite terrestre et de l'inclinaison de l'axe de rotation de la terre. Les mesures satellitaires développées à partir de 1978 ont montré des fluctuations de l'ordre de $2w/m^2$ du rayonnement solaire au sommet de l'atmosphère selon un cycle de 11 ans (cycle solaire).

Donc, l'axe de rotation de la terre sur elle-même change d'inclinaison par rapport aux rayons solaires au cours de l'année. C'est l'origine de saisons. Ainsi, les variations saisonnières sont dues aux fluctuations de l'insolation liées surtout à l'inclinaison de l'axe de rotation de la planète.

Les paramètres orbitaux de la Terre présentent des fluctuations périodiques à des différents ordres de fréquences, dont les plus basses paraissent expliquer les variations climatiques à moyen et long terme : c'est la théorie astronomique des paléoclimats dite théorie de Milankovitch.

Cette théorie postule que le climat est avant tout commandé par les variations de l'insolation. Cependant, il ne s'agit pas de l'insolation globale annuelle de la planète qu'il faut prendre en compte mais celle reçue l'été, aux hautes latitudes (60°) de l'hémisphère Nord (où se trouve la majorité de continents).

La forme et les mouvements de la terre entraînent que l'énergie solaire reçue par la terre soit variable suivant les saisons. En effet, la chaleur d'un point de la surface terrestre dépend de l'angle d'incidence des rayons solaires. Plus l'angle d'incidence des rayons solaires est aigu, moins la quantité de chaleur reçue est importante.

Bref, la planète terre (facteur planétaire), par sa sphéricité, impose une répartition différentielle de l'énergie, avec déficits polaire et tempéré, et excédents intertropicaux. Cette répartition valable à l'interface, le demeure au sommet de l'atmosphère.

Pour que le climat reste stable, il faut que l'énergie solaire atteignant le substratum et le rayonnement sortant soient en équilibre.

Tout changement du rayonnement solaire incident peut profondément modifier le temps et le climat. La répartition de l'énergie dans l'atmosphère et son effet sur le climat dépendent de facteurs tels :

- L'albédo ou la capacité de réflexion,
- La nébulosité, c'est-à-dire le système de nuages,
- La proportion d'aérosols et de gaz.

Or, certains de ces facteurs subissent l'influence humaine ou constituent la conséquence de l'activité humaine.

II.2.2. LES CAUSES HUMAINES OU ANTHROPIQUES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE.

II.2.2.1. LES GAZ A EFFET DE SERRE (GES) ET LE RECHAUFFEMENT DE LA PLANETE.

Ce point se veut de répondre à certaines questions légitimes qui peuvent être posées :

- Qu'est-ce que l'effet de serre ?
- Comment fonctionne ce processus de réchauffement de la planète ?
- Quels sont les gaz incriminés ?
- Ces gaz sont-ils réellement à l'origine de l'effet de serre ?
- Qui sont les pollueurs ?
- Quelles en sont les conséquences ?

L'effet de serre, un phénomène de réchauffement dû à l'action de l'atmosphère, est un mécanisme naturel. Un certain nombre de gaz atmosphériques dits « gaz à effet de serre » piègent en absorbant une partie de radiations infrarouges émises par la terre comme le font les vitres d'une serre (en agriculture) et renvoient vers le sol une énergie estimée à 150 watts/m².

L'effet de serre, réchauffement terrestre dû au dégagement de certains gaz perturbant la réflexion du rayonnement solaire, est un des problèmes majeurs de ce début du 21^{ème} siècle. Cependant, les experts et les Etats s'opposent sur la réalité de ce phénomène et surtout sur ses conséquences

C'est donc un comportement particulier de l'atmosphère qui fait que la surface terrestre reçoit, en plus du rayonnement solaire direct (domaine visible et proche infrarouge) qui a franchi l'atmosphère et les nuages, un flux infrarouge réémis par les basses couches de l'atmosphère.

Les gaz à effet de serre incluent n'importe quel gaz de l'atmosphère qui est capable en raison de sa structure moléculaire particulière, d'absorber le rayonnement infrarouge ou chaleur.

Les gaz à effet de serre sont ainsi appelés parce qu'ils se comportent comme le verre dans une serre, permettant à la lumière du soleil de passer à travers mais emprisonnant la chaleur formé et l'empêchant de s'échapper, causant de ce fait une élévation de la température de l'atmosphère inférieure et de la surface de la terre en contact avec elle.

Les GES contribuent avec la vapeur d'eau au réchauffement de la surface par effet de serre bien entendu, et entretiennent ainsi sur notre planète une température superficielle moyenne réelle de 15°C (288°K).

Sans cet effet de serre, la température à la surface du globe serait de l'ordre de -18°C (255°K. température effective) d'après la loi de Planck et la vie y serait pénible voire impossible.

Parmi les gaz à effet de serre présents dans la nature, nous citons :

- La vapeur d'eau ;
- Le dioxyde de carbone ou gaz carbonique (CO₂) ;
- L'oxyde nitreux ou hémioxyde d'azote (N₂O) ;
- Le méthane (CH₄) ;

- L'ozone (O_3).

Depuis le début du 20^{ème} siècle, les activités humaines (telles que organisées dans nos sociétés urbaines et industrialo-informatiques) liées au développement industriel, agricole, de transport, de chauffage, de climatisation, ... ont cependant pour effet, d'une part d'augmenter la concentration de la plupart de ces gaz existant naturellement ; d'autre part d'introduire d'autres gaz à effet de serre qui n'existaient pas, notamment :

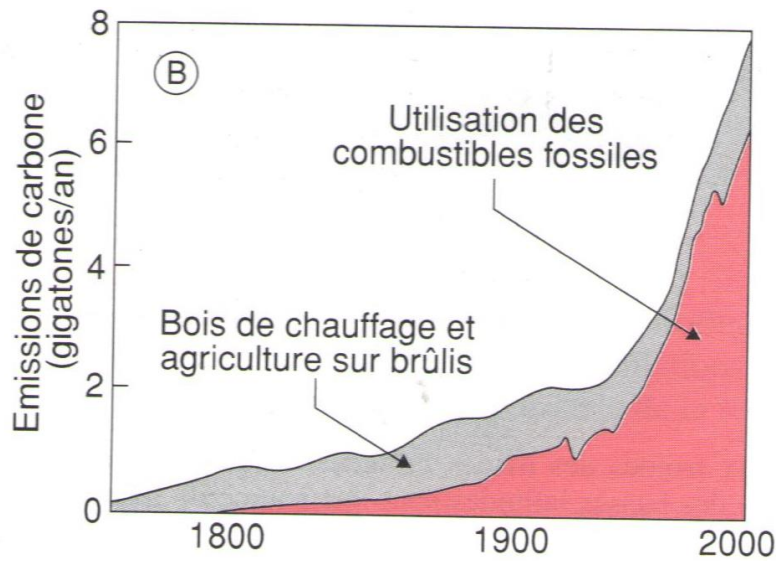
- Les chlorofluorocarbones (CFC) ;
- Les hydrocarbures perfluorés (PFC) ;
- L'hexafluorure de soufre (SF_6) ;
- ...

L'effet de ces sources « additionnelles » apparaît clairement car les concentrations relatives de ces espèces augmentent à des rythmes annuels de 0,5% pour le CO_2 , 1% pour le CH_4 , 0,4% pour le N_2O et, entre 5% et 10% pour les constituants chlorés.

Ces gaz incriminés, d'origine industrielle et domestique sont principalement le fait de grandes puissances industrielles et des pays très peuplés.

L'augmentation anthropique du CO_2 résulte principalement du développement de l'agriculture et de l'utilisation des combustibles fossiles. Leur évolution au cours de temps est ressortie dans la figure ci-après.

FIGURE N°4 : Augmentation d'origine anthropique de la teneur en CO_2 de l'atmosphère (deux principales activités humaines responsables).



Pendant tout le 18^{ème} et une grande partie du 19^{ème} siècle, la source principale des émissions de carbone est le développement du chauffage au bois et au charbon de bois et l'intensification de l'agriculture sur brûlis. A partir du 20^{ème} siècle, l'utilisation des combustibles fossiles devient le facteur prépondérant.

On admet que seulement environ 55 % du CO₂ anthropique sont relâchés durablement dans l'atmosphère, 15 à 20% sont piégés dans la biosphère via la photosynthèse et, 25 à 30 % dans la partie superficielle (100 m) de l'océan.

L'allure de la courbe de l'augmentation anthropique du CH₄ est pratiquement superposable à celle du CO₂ avec des teneurs de l'ordre de 800ppb avant 1850 et une augmentation exponentielle cours du 20^{ème} siècle jusqu'à la valeur actuelle de 1700 ppb.

La production annuelle de CH₄ estimée à 530 gt, serait pour 30% d'origine naturelle et, pour 70% d'origine anthropique.

La production naturelle provient principalement des marécages (160 gt), de l'activité des termites (115 gt) et de l'océan (10 gt). Les autres sources naturelles ne représentent que 15 gt.

Parmi les sources anthropiques citons : les fossiles (100 gt), les rizières (80 gt), le développement intensif de l'élevage ou le bétail, les ruminants étant une source importante de CH₄ (60 gt), les cultures sur brûlis (40 gt), les décharges urbaines (40 gt), les déchets animaux (25 gt) et les eaux usées (25 gt).

Une autre contamination industrielle concerne les rejets de sulfates en aérosols qui stagnent dans la basse atmosphère et peuvent provoquer un refroidissement régional et même global du climat.

La production naturelle de SO₂ est de 20 à 34 gt par an en fonction de l'importance des éruptions volcaniques. Tandis que la production anthropique a atteint 80 gt en 2000.

L'importance du refroidissement provoqué par les sulfates est encore débattue car les aérosols favorisent la condensation des nuages qui ont un effet inverse. Néanmoins, on s'accorde pour admettre que les émissions de sulfates ont limité et retardé le réchauffement provoqué par l'augmentation des gaz à effet de serre au cours du 20^{ème} siècle.

L'accroissement (provenant à la fois de la composante anthropique que la composante naturelle) de leur concentration entraîne une amplification ou une intensification de l'effet de serre ou forçage radiatif, évalué à 2,7 watt/m² entre 1970 et 1990.

D'où une élévation de la température de surface et de la variation du bilan radiatif du système couplé océan-atmosphère conduisant à une modification des équilibres climatiques.

Le réchauffement climatique est un fait majeur admis par tous. La Terre est soumise à l'heure actuelle à un régime de climats contrastés qui correspond à une période interglaciaire. La modification du climat, et la prépondérance de l'origine anthropique de ce que nous observons, fait maintenant l'unanimité parmi les décideurs et dans l'opinion publique ; même si, il y a loin de ce consensus, l'accord sur les actions à entreprendre.

Toutefois, il faut mettre à l'esprit que la recherche continue et qu'elle n'aboutit jusque là qu'à des conclusions essentiellement qualitatives, beaucoup d'incertitudes subsistent. En effet, il existe des voix marginales qui, aujourd'hui, semblent se rassembler autour de l'idée que l'évolution du climat reste et/ou restera inconnaissable.

Alors que le réchauffement climatique est progressivement accepté, la réalité des « changements brutaux » fait et/ou fera toujours l'objet de polémiques passionnés.

Des recherches supplémentaires visant à combler les lacunes dans les connaissances actuelles permettraient de réduire les incertitudes et faciliteraient par conséquent la prise de décisions liée au changement climatique.

Le phénomène d'effet de serre est bien connu et reste vital pour la planète entière. Le sujet reste polémique et du domaine des suppositions. Son accentuation supposée risque de poser des problèmes en entraînant un réchauffement excessif sur la Terre.

La régulation des émissions de gaz à effet de serre est loin d'être décidée à l'échelle planétaire. Pour l'heure, chaque nation poursuit une politique personnelle. En exemple, la France parle de « principe de précaution ».

II.2.2.2. LES AÉROSOLS.

Les aérosols sont des particules de poussières en suspension dans l'air, résultant principalement de réactions chimiques entre les polluants atmosphériques gazeux, le sable soulevé par le vent ou les embruns marins et les substances dégagées par les incendies de forêts, les activités agricoles ou industrielles et les pots d'échappement des véhicules.

En raison de leur taille (quelques dizaines de microns), les aérosols (particules solides en suspension) modifient la radiation solaire de trois façons principales : par diffusion, par absorption et par réflexion.

Les aérosols sont des agents particulièrement efficaces de diffusion de la lumière solaire. Le résultat est l'éparpillement de la lumière solaire dans toutes les directions et l'éclaircissement de l'atmosphère même quand le soleil est masqué (par les nuages par exemple).

Certains aérosols absorbent la lumière. Plus ils accumulent la lumière, plus l'atmosphère se réchauffe et moins la radiation solaire peut atteindre le substratum. Cela contribue ainsi à abaisser la température des couches inférieures de l'atmosphère et, provoquer un refroidissement du climat.

Les aérosols ont également la capacité d'accroître la nébulosité. Ce sont de véritables noyaux de condensation.

Les aérosols ont une durée de vie beaucoup plus courte que celle de gaz à effet de serre car ils sont rapidement éliminés par les précipitations. En outre, leur influence est beaucoup plus localisée que celle de gaz à effet de serre.

II.2.2.3. LES DEGATS CAUSES A LA COUCHE D'OZONE.

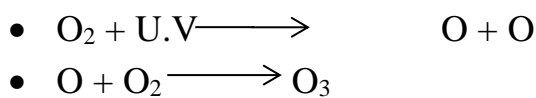
Le soleil émet des rayons ultraviolets (U.V.) selon différentes longueurs d'ondes. Ces rayons ultraviolets sont nocifs pour les hommes, les animaux et les plantes (bref, les êtres vivants ou la biodiversité).

L'ozone (O₃), forme d'oxygène composée de trois atomes, est le seul gaz de l'atmosphère qui évite que les rayonnements ultraviolets biocides du soleil n'atteignent la surface de la terre.

Sa plus grande masse (90%) se localise dans la stratosphère à des altitudes comprises entre 12 et 25 Kms ; le reste (10%) se situe dans la troposphère. Comment l'ozone se forme-t-il dans l'atmosphère ?

Sous l'action du rayonnement ultraviolet aux basses latitudes surtout (en effet, la lumière solaire reconstitue sans cesse l'ozone au-dessus des tropiques et la circulation mondiale de l'air le transporte vers les pôles), une fraction de l'oxygène moléculaire (O₂) est constamment photo dissociée et photo ionisée vers 35 à 40 Kms d'altitude.

Une partie des atomes issus de cette dissociation diffusent en direction de la haute atmosphère (hétérosphère) ; certains se recombinent presque aussitôt entre eux ; d'autres enfin se combinent à des molécules d'oxygène pour former un gaz triatomique, l'ozone (O₃). Schématiquement, nous pouvons illustrer de la manière suivante :



Etant donné sa masse moléculaire supérieure, l'ozone ainsi formé se propage vers le bas et se concentre entre 12 et 25 Kms d'altitude où il trouve son équilibre.

L'ozone formé est en réalité un gaz instable : formé constamment, il est également continuellement détruit par la photo dissociation. Il n'est donc pas un filtre statique.

Au-delà de ce cycle naturel, des inquiétudes se font sentir sur la préservation de cette couche par des scientifiques, le gouvernement mondial et chacun de nous.

En effet, à mesure que la couche d'ozone – bouclier essentiel à la vie – s'amenuise dans l'atmosphère, il y a insuffisance de filtrage et d'absorption en altitude des radiations U.V., la terre reçoit plus des rayons ultraviolets. On parle ainsi de trou ou de l'érosion de la couche d'ozone.

Les dangers potentiels découlent d'une augmentation d'intensité du rayonnement ultraviolet incident. Cette intensité accrue du rayonnement ultraviolet à la surface du globe aurait un certain nombre d'effets directs. Les risques encourus par les écosystèmes aquatiques, et par la santé humaine sont énormes :

- L'accroissement de cas de cancers de la peau (une peau tannée, ridée et dure comme du cuir surtout pour la race blanche et les personnes au teint pâle et qui vivent le plus près de l'équateur) et les cataractes (troubles visuels et des plastiques cassants) ;
- « Le mélanome qui est une forme de cancer de la peau plus mortelle frappe déjà 26.000 américains par an et en fait mourir 8000. Il ne représente que 4% de tous les cancers de la peau, mais il est responsable de 65% de tous les décès dus à ce type de cancer » ;
- Les chercheurs médicaux craignent l'affaiblissement du système immunitaire des hommes réduisant la résistance du corps au développement de tumeurs, le rendant plus vulnérable à certaines maladies infectieuses, telles que l'herpès. Il se peut que cela diminue également l'efficacité de certains programmes de vaccination comme ceux visant la diphtérie et la tuberculose. Dans les pays en développement situés proche de l'équateur, les infections parasitaires pourraient devenir plus fréquentes. Les « sidatiques » courent les risques plus importants en raison de l'addition des effets ;
- Les botanistes s'inquiètent du fait que les variétés de plantes les plus résistantes aux rayons seraient les seules à prospérer, et ce ne serait pas forcément les variétés ayant la plus grande valeur économique ou le plus fort contenu nutritif.

Les écosystèmes terrestres et aquatiques sont donc touchés. Ces derniers sont les plus menacés de tous. Le phytoplancton, fait d'organismes monocellulaires microscopiques se nourrissant par photosynthèse à mesure qu'ils dérivent à la surface de l'océan, est l'épine dorsale du système alimentaire de la faune marine.

Une destruction importante de phytoplancton et sa décomposition ultérieure entrainera la montée de la teneur en CO₂, accélérant ainsi le réchauffement de l'atmosphère.

- La population de poissons commercialisables, déjà menacées par une pêche excessive, ne pourront se reconstituer convenablement.
- Les études réalisées sur des animaux suggèrent qu'une exposition chronique à l'ozone entraîne des dommages permanents aux poumons et leur vieillissement prématuré. Au niveau du sol, l'ozone est un polluant.

Les principes scientifiques de la destruction de la couche d'ozone sont connus. Les composés qui contiennent du chlore et du brome et qui sont dégagés par les processus et les produits industriels, pour ensuite gagner lentement la haute atmosphère, sont considérés comme les principaux coupables.

La plus grande partie du chlore provient de CFC (Chlorofluorocarbone) qui représente 15 à 20% du total. Le brome émane des halons utilisés dans les extincteurs d'incendie.

Merveilles chimiques, fléaux atmosphériques, les CFC sont des produits chimiques ni toxiques ni inflammables au niveau du sol, comme l'a démontré en 1930 celui qui les a découverts, Thomas MIDGLEY.

Les CFC, matière de base dans l'industrie de la réfrigération, est un réfrigérant universel commercialisé sous la marque de **Fréon**. Il a servi de propulseurs d'aérosol pendant la seconde guerre mondiale.

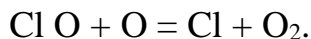
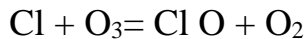
Ils servent également d'agent de gonflement pour les mousses isolantes. Ils sont aussi combinés au CO₂ pour fabriquer de rembourrages de sièges d'ameublement, de support de moquettes et de sièges de voiture plus moelleux.

Il existe toute une famille de CFC : CFC₁₁, CFC₁₂, CFC₁₃, ... Ce dernier sert de solvant (dans l'industrie informatique) pour enlever la colle, la graisse et les résidus de soudure afin de laisser une surface sèche et propre.

Ce sont des produits chimiques polyvalents utilisés aussi bien pour les métaux que pour les plastiques et/ou pour le nettoyage à sec des vêtements. Ils remplacent valablement les solvants chlorés plus toxiques.

Cependant, les CFC ne se décomposent pas dans la troposphère mais plutôt dans la stratosphère. Une fois atteint cette couche, ils se décomposent en éléments qui détruisent l'ozone et dont la durée de survie peut aller jusqu'à cent ans et plus.

Suite à cette longue durée de vie, chaque atome de chlore libéré par la décomposition d'une molécule de CFC peut détruire des dizaines de milliers de molécules d'ozone avant de disparaître définitivement dans l'atmosphère.



Les halons sont également inerte au sol. Néanmoins, ils contiennent du brome, agent destructeur de l'ozone plus efficace que le chlore, ayant également une longue durée de vie dans l'atmosphère.

Ils servent dans la lutte contre les incendies. Le Halon 1211 est utilisé dans les extincteurs à main tandis que le Halon 1301, dans les systèmes d'inondations totale conçus pour des endroits fermés contenant des biens de grande valeur comme les salles d'ordinateurs, les centraux téléphoniques, les musées et les coffres de banques...

L'ozone ne fait pas de différence entre les sources émettrices de chlore et de brome et/ou des autres.

Bien que les CFC et les Halons remplissent des fonctions meilleures, ils détruisent insidieusement et inexorablement la couche d'ozone protectrice de la planète. Les effets nocifs sont déjà ressentis par les systèmes biologiques.

Les pays en développement sont un pan important de la stratégie de lutte à cause de l'ampleur et de la rapidité de leur croissance démographique et urbaine, surtout de la vitesse avec laquelle l'utilisation de CFC y augmente au nom de la modernité.

L'activité humaine joue ainsi un rôle prépondérant vis-à-vis des concentrations atmosphériques de l'ozone. Aussi, l'augmentation de la teneur atmosphérique en CFC, composés utilisés dans les systèmes réfrigérants, les installations d'air conditionné et les bombes aérosols (propulsant) a rendu responsable de la réduction de la couche d'ozone qui protège la planète des radiations ultraviolets.

En détruisant la couche d'ozone, les CFC limitent l'effet de serre mais les CFC ont un potentiel d'absorptions propres du rayonnement infrarouge 10 000 fois plus fort que celui du CO². Leur impact sur le réchauffement peut donc être très conséquent.

II.2.2.4. LES CHANGEMENTS D'AFECTATION DES TERRES.

La double croissance mondiale, à la fois économique et démographique, est mise en cause dans la dégradation des sols.

En effet, l'accroissement de la population mondiale entraîne la multiplication de pressions exercées par la mise en culture de nouveaux sols.

Ainsi, l'agriculture intensive, le pâturage et la surexploitation des eaux souterraines à des fins d'irrigation ont contribué à la dégradation des sols dans plusieurs régions (le cas du Sahel Africain). La dégradation des sols à ses conséquences : l'aggravation des sécheresses et des inondations, la famine, la baisse de niveau de vie, le gonflement du nombre de réfugiés de l'environnement et/ou réfugiés climatiques, bref, la détérioration de la relation entre les individus et la terre qui les fait vivre.

Les changements d'affectation des terres influent, à l'échelle locale et régionale, sur les paramètres climatiques notamment la température et l'humidité. Cela se répercute sur le climat mondial.

Depuis la révolution industrielle, sur l'ensemble du globe, les forêts denses sempervirentes essentiellement concentrées dans les ceintures des pluies tropicales, ont été défrichées pour les cultures commerciales et industrielles.

Des indices, qui montrent le processus du réchauffement du globe en cours, soulignent toute l'importance qu'il faut accorder au destin des forêts du monde.

La forêt est un immense accumulateur de CO₂ et l'un des régulateurs de la teneur en CO₂. La destruction de la forêt diminue ce pouvoir régulateur et, contribue à augmenter la teneur en CO₂ de l'atmosphère et la température de surface. La déforestation serait responsable de 18 à 20% des émissions de gaz à effet de serre.

Concrètement, la végétation et les sols contiennent une masse de carbone égale à environ le triple de celle qui est retenue dans l'atmosphère. Quand les forêts sont défrichées ou brûlées, elles rejettent une bonne partie de leur carbone,

contribuant à augmenter le CO₂ présent dans l'atmosphère et à accélérer le réchauffement du globe par effet de serre.

II.3.2.5. L'URBANISATION.

La modernité urbaine assurée par la croissance continue de l'industrie – malgré ses aspects positifs indéniables – a des effets globaux sur l'atmosphère, les océans, les rivières et les lacs, les nappes phréatiques, les forêts, la vie végétale et animale.

L'urbanisation contribue au réchauffement climatique par la concentration des activités et des émissions, modifiant ainsi la circulation régionale, et par voie de conséquence, sur la circulation mondiale ou générale de l'air.

Concrètement, à l'aube du 21^{ème} siècle, les urbains représentent près de la moitié de la population mondiale. Or, suivant certaines estimations, une ville d'un million de citoyens produit 25.000 tonnes de CO₂ par jour et 300.000 tonnes d'eaux usées.

Cela entraîne une concentration énorme de gaz carbonique au dessus de centres urbains par effet additionnel de gaz carbonique d'origine naturelle et humaine dans l'atmosphère. Par conséquent, une augmentation du pouvoir de l'effet de serre.

Par ailleurs, les zones urbaines sont généralement plus chaudes que les zones rurales en raison du pouvoir de conservation de la chaleur de bâtiments et des rues revêtues (effet de la modernité).

Rappelons en passant que les microparticules dues à la circulation automobile (intense en milieu urbain) ont une incidence sur les températures, la nébulosité (ennuage) et les précipitations.

CHAPITRE III : LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES REELLEMENT OBSERVES.

III.1. A L'ECHELLE PLANETAIRE.

Le changement climatique a déjà des effets mesurables sur de nombreux systèmes naturels et humains. Les manifestations du changement climatique sont d'ampleur variable selon les latitudes.

Les preuves témoignant d'un changement climatique en cours s'observent actuellement sur les modifications des caractéristiques physiques de l'atmosphère et, sur l'évolution de la flore et de la faune, bref sur la biodiversité. Il s'agit notamment :

1. L'élévation de 0,6°C à 0,8°C de la température moyenne à la surface du globe durant le XX^{ème} siècle.
2. Les mesures de la température réalisées en surface et en altitude (grâce aux ballons sondes et satellites) démontrent que la troposphère et la surface du globe se sont réchauffées, tandis que la stratosphère s'est refroidie.

La décennie 90 est la plus chaude du millénaire dans l'hémisphère Nord (à majorité plus industrialisé) avec l'année 1998 déclarée la plus chaude. L'année 2001 est la plus chaude du début du XXI^{ème} siècle.

3. La nébulosité a augmenté d'environ 2% depuis le début du XX^{ème} siècle sur les continents situés aux moyennes et hautes latitudes de l'hémisphère Nord.

La hauteur des précipitations annuelles tombées sur les terres émergées (continents et îles) de la même région citée ci-haut (sauf en Asie Orientale) a continué à augmenter.

Des inondations se sont même produites dans des régions où les pluies sont rares et/ou irrégulières. Les épisodes de précipitations fortes ou très fortes ont nettement augmenté de fréquence.

4. Au XX^{ème} siècle, le niveau de la mer à l'échelle du globe s'est élevé en moyenne de un à deux mm/an, donc supérieure à dix fois l'élévation moyenne pour les trois derniers millénaires selon certains relevés.
5. Divers systèmes naturels, sensibles au changement climatique, tels que les glaciers, les récifs coralliens, les atolls, les forêts boréales et tropicales, les

mangroves à palétuviers, les écosystèmes polaires et alpins, les zones humides prairiales et les prairies naturelles connaissent des changements considérables et irréversibles.

II.2. LES EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE EN AFRIQUE.

II.2.1. GENERALITES

Faire l'inventaire des effets du changement climatique sur le continent africain est un exercice difficile. En effet, l'Afrique présente des disparités énormes à la fois sur le plan environnemental que socio-économique.

Il y a lieu de noter qu'en termes d'environnement physique, l'Afrique est connue comme un continent des extrêmes :

- L'altitude va de 134m au-dessous du niveau de la mer à presque 6100 m (au mont Kilimandjaro, au Kenya) au-dessus du niveau de la mer avec des hauts sommets ainsi que des montagnes volcaniques qui contrastent fortement avec des plaines et des plateaux onduleux.
- Le plus grand désert du monde et le plus chaud de la planète Terre, le Sahara (9,2 millions de km²), se localise sur ce continent. En même temps, il existe des endroits en Afrique, notamment aux alentours du mont Cameroun, où les hauteurs annuels de pluies avoisinent les 10 000 mm.
Par ailleurs, quand bien même l'Afrique reste le continent le plus chaud, elle abrite des sommets neigeux : région des Atlas dans le Maghreb, non loin de la mer Méditerranée; ainsi qu'en Afrique de Grands Lacs : haut sommet de Kilimandjaro, mont Kenya et mont Ruwenzori (en RD Congo).
- La végétation du continent africain varie de forêts tropicales humides à la savane, puis à la steppe et aux écosystèmes montagneux. La majeure partie du désert de Sahara est le siège de dunes et ergs sans végétation.
- A propos de cours d'eau, le continent est particulièrement bien doté de systèmes fluviaux en occurrence : le Nil (le plus long du continent), le fleuve Congo (le second au monde en débit), le fleuve Niger, le Zambèze et le fleuve Orange.
- Du point de vue climatique, l'absence de longues chaînes de montagnes en Afrique permet à l'air de circuler librement au-dessus du continent.

Par conséquent, le climat varie graduellement d'un endroit à un autre. C'est essentiellement la latitude qui est le facteur déterminant.

De ce fait, de part et d'autre de l'équateur s'aligne : le climat équatorial, le climat tropical humide, le climat tropical sec, le climat sahélien, le climat désertique chaud et le climat subtropical (méditerranéen). Par ailleurs, le relief entraîne, à certains endroits, un effet modérateur sur les températures.

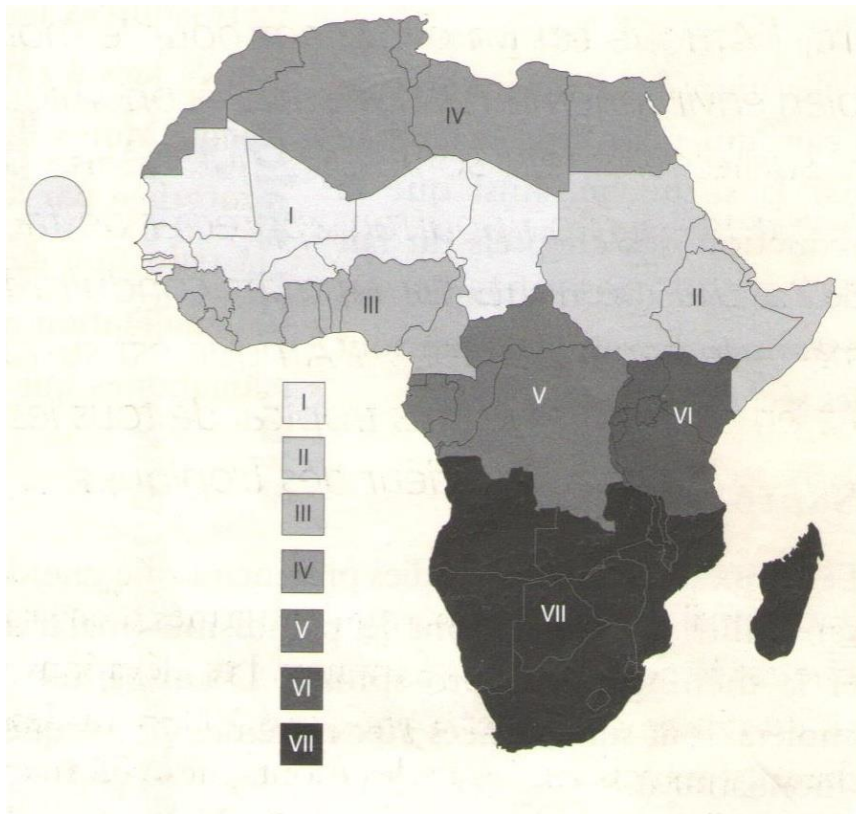
Outre ces exceptions, les régions climatiques s'étalent et s'apparentent à des bandes zonales à l'intérieur desquelles l'influence du climat se fait sentir aussi bien sur les sols que sur la végétation, et au total, sur tous les écosystèmes susceptibles d'être perturbés par le changement climatique en Afrique.

Donc, en Afrique, la question du changement climatique doit aussi être perçue comme reliée à d'autres dégradations de l'environnement telles que l'appauvrissement de la biodiversité (suite à la déforestation) et la progression des déserts.

L'Afrique demeure un des continents les plus vulnérables à la variabilité et au changement climatique à cause de multiples pressions et de la faible capacité d'adaptation.

Les variations et les diversités sur le continent ont conduit **Abdelkrim Ben Mohamed (2007)** à définir des sous-régions éco-géographiques où l'on pourrait mieux apprécier les impacts des changements climatiques en évitant des simples généralisations. Il en distingue sept (7) telles que reprises sur la figure ci-dessous:

FIGURE N° 5 : Les sous-régions éco-géographiques en Afrique



- I. **La première** : composée des zones arides et semi-arides, dans lesquelles la population est concentrée dans les parties semi-arides, les vallées de cours d'eau et les oasis. La pluviométrie moyenne annuelle est globalement basse, avec forte variabilité interannuelle. C'est le Sahel (zone subdésertique ou zone proche du désert).
- II. **La seconde** : formée de zones relativement sèches, excepté le Sud Soudan et les hautes terres éthiopiennes. C'est en fait l'extension de la zone sahélienne.
- III. **La troisième** : à l'intérieur de laquelle les conditions environnementales varient énormément, à telle enseigne qu'il est possible de distinguer deux sous-zones :
 - L'une humide, celle de forêts et d'espaces côtiers,
 - L'autre, celle de savanes.
- IV. **La quatrième** : au sein de laquelle les conditions environnementales restent sensiblement les mêmes dans un espace plutôt aride, où les populations se concentrent en bordure de la Méditerranée, dans quelques oasis et autour de grandes vallées fluviales à l'instar de celle du fleuve Nil.

- V. **La cinquième** : est dominée par le bassin du fleuve Congo (environ 220 millions d'hectares). Les conditions environnementales de ce deuxième poumon écologique mondial (après celui de l'Amazonie en Amérique du Sud) sont globalement similaires à l'intérieur de ladite zone, avec parfois quelques légères variations en certains endroits.
- VI. **La sixième** : est une région dominée par des plateaux et de hautes terres avec par conséquent des variations spatiales assez remarquables tant du point de vue climatique qu'écologique.
- VII. **La septième** : est celle à l'intérieur de laquelle les conditions environnementales varient énormément, passant d'un climat humide sur la façade orientale à un climat aride sur la façade occidentale.

Du point de vue de changement climatique :

- La sous-région **IV** est la plus vulnérable en termes de disponibilité de ressources en eau renouvelable.
- Plus de la moitié du continent, soit les sous-régions **I, II, VI et VII**, sont en proie à l'insécurité alimentaire. Concrètement, la production agricole et l'accès à la nourriture de ces zones sont déjà sévèrement compromis par la variabilité climatique. Le changement climatique pourra aggraver la situation du fait des réductions des surfaces propres à l'agriculture, de la longueur de la période végétative et du potentiel de production, essentiellement en marge de zones semi-arides et arides. Par ailleurs, il faut ajouter la décroissance des ressources halieutiques dans les grands lacs à cause de l'élévation des températures de l'eau, exacerbée par la surpêche, ainsi que la réduction des cheptels suite à l'augmentation attendue des extrêmes climatiques que sont les sécheresses.
- Deux principales maladies présentent une grande sensibilité au climat : le paludisme (malaria) et la méningite cérébro-spinale. Le choléra par contre, est surtout lié aux extrêmes climatiques (inondations). En Afrique, toutes les sous-régions précitées sont affectées par le paludisme sauf la quatrième et la partie sud de la septième. L'ensemble des sous-régions **I et II** constitue la ceinture méningococcique.
- En Afrique, les forêts couvrent 5 millions de km², soit 1/6^e de la zone terrestre du continent. Il a été estimé qu'environ 5 millions d'hectares de forêts sont perdus par an, soit approximativement la taille de

république du Togo (Afrique de l'Ouest). C'est le taux le plus élevé du monde (PNUE, 2002).

Bois de feu et charbon de bois sont de loin les premières sources d'énergie en Afrique, soit 70% de besoins énergétiques nationaux. L'exportation de bois de construction, de noix, de fruits, de gomme et autres produits forestiers génère 6% du produit économique des pays africains (FAO, 1999).

Si l'on admet que les bois-énergie occupent et occuperont une place prépondérante dans les économies africaines, les sous-régions 3 et 5 restent et resteront les plus touchées par les impacts négatifs des changements climatiques, quand bien même l'ensemble des sous-régions reste concerné par la déforestation et la perte de certaines espèces.

- Parmi les facteurs d'élévation du niveau de la mer, la dilatation thermique apparaît comme étant le plus important en termes d'impact sur la vitesse d'élévation.

Cette hausse touche les îles et zones côtières et aggrave l'inondation, l'effet des tempêtes, l'érosion et d'autres risques côtiers menaçant ainsi l'infrastructure, l'habitat et les installations qui constituent les moyens de subsistance des communautés insulaires avec des conséquences supplémentaires sur la pêche et le tourisme.

Les sous-régions **I**, **III** et **VII** sont déjà dans cette situation.

Au total, le problème le plus crucial de l'Afrique reste celui des ressources en eau qui conditionne la production agricole et donc la sécurité alimentaire. La demande de l'eau du Tchad à la République Démocratique du Congo est une illustration. La guerre de l'eau est imminente et le fond bleu pour le bassin du Congo est une urgence. Le développement durable y reste lié.

II.2.2. EVOLUTIONS CLIMATIQUES ANCIENNES ET ACTUELLES.

Les régions arides et semi-arides représentent actuellement plus du tiers du continent africain. Les zones bioclimatiques y traduisent mieux qu'ailleurs le bilan annuel de précipitations. On peut y distinguer :

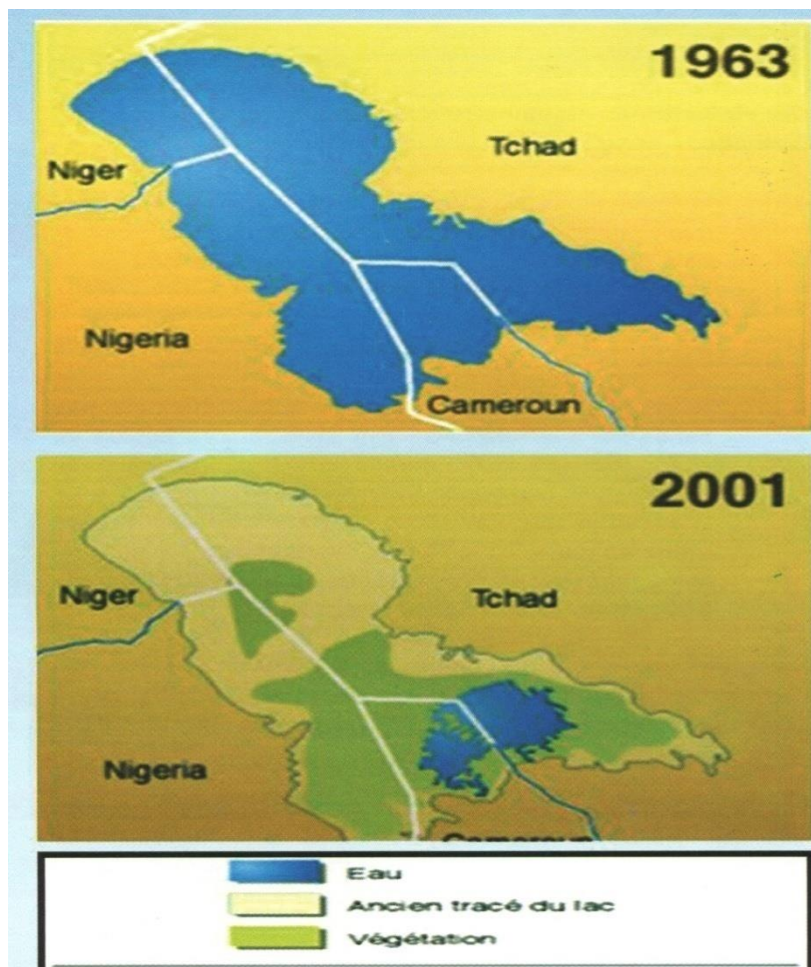
- La zone saharienne avec moins de 200 mm de pluies par an,

- La zone sahélo-saharienne où les pluies sont comprises entre 200 et 250 mm/an,
- Le Sahel où le bilan annuel oscille entre 250 à 350 mm/an,
- Les régions sahélo-soudaniennes : 350 à 650 mm/an,
- Les régions soudaniennes : 600 à 800 mm/an, et enfin,
- Les régions soudano-guinéennes avec plus de 800 mm/an.

En Afrique de l'Ouest, la zone sahéline se développe dans sept (7) pays : la Mauritanie, la Gambie, le Sénégal, le Mali, le Burkina Faso, le Niger et le Tchad.

Par ailleurs, en Afrique, l'assèchement ou l'abaissement progressif du niveau des eaux du lac Tchad, jadis appelé « La Mer intérieure de l'Afrique » est un cas concret incontestable qui a été suivi et mesuré depuis 1963 et doit servir de leçon. Voici donc son évolution élucidée par la figure ci-après:

FIGURE N°6 : Disparition du lac Tchad en Afrique (SOURCE : NASA 2010).



Le bassin
géographique ou le
bassin

hydrographique du lac Tchad est compris entre les 6° et 24° de latitude Nord et les 8° et 24° de longitude Est. Il couvre l'Algérie, le Cameroun, la République Centrafricaine, la Libye, le Niger, le Nigeria, le Soudan et le Tchad ; sur une superficie de 2 397 423 km² dont 1 035 000 km² de partie active contribuant à l'alimentation du lac.

La population est estimée à plus de 30 millions habitants avec pour principales activités économiques : la pêche, l'élevage, l'agriculture et le commerce.

Les ressources en eau du lac Tchad, perturbées par la très faible pluviométrie, les taux élevés d'évaporation (effet désert) et la grande capacité d'infiltration, proviennent principalement des fleuves Chari et Logone au Tchad et Komadougou-Yobé au Niger.

L'évolution de l'assèchement du lac Tchad est le cliché des vicissitudes pluviométriques et des activités anthropiques avec :

- La forte diminution de la pluviométrie moyenne annuelle dans le bassin géographique du lac Tchad et surtout dans son bassin conventionnel ;
- Les importants déficits pluviométriques des années 1939 à 1949 ;
- Les excédents pluviométriques des années 1955 à 1961, période la plus humide ;
- Le décalage considérable dans la configuration des pluies vers le Sud avec des valeurs très faibles en 1972, 1984 et 1987, comparées à la moyenne de 271 mm pour la période 1932-1989 ;
- L'utilisation non contrôlée des eaux du lac et ses affluents pour l'irrigation et l'agriculture ;
- La régression des moyennes pluviométriques de 342 mm en 1932 à 130 mm en 1989.

Selon les prévisions climatiques de la NASA et d'autres études concordantes, si le niveau de l'eau continue de baisser à son rythme actuel (fin octobre 2010), le lac disparaîtra dans une vingtaine d'années.

En effet, sa superficie est passée de 25.000 Km² (soit environ 105 milliards de m³ d'eau) en 1963 à 7 800 km² en 1973 (soit 26 milliards de m³ d'eau) et à 2.500 Km² (soit 8,5 milliards de m³ d'eau) à nos jours.

Cette menace réelle de la disparition progressive du lac Tchad constitue une catastrophe écologique, tout d'abord pour les êtres humains et cheptels qui vivent dans les bassins des fleuves Logone et Chari, principaux affluents du Lac Tchad ; ensuite pour la faune et la flore.

Les impacts environnementaux et socio-économiques, ces signes tangibles de l'assèchement du lac Tchad (baisse drastique de la superficie et du volume de ce lac) et des effets pervers des changements climatiques se ressentent dans tout le bassin du lac Tchad. Ils peuvent se résumer à travers :

- La destruction du couvert végétal (réduction et par endroits disparition générale des grands arbres et des espèces ligneuses, disparition de plantes pérennes des couches de surface) ;
- La dégradation de la biodiversité sur l'ensemble de la région (disparition ou menace de disparition de certaines espèces floristiques, fauniques et halieutiques) ;
- L'apparition et la prolifération des espèces envahissantes ;
- Les pollutions en raison de pressions de plus en plus fortes sur les ressources naturelles et de la croissance démographique dans le bassin géographique ;
- L'apparition des îles nouvelles nées du phénomène d'assèchement accéléré ;
- Les difficultés d'accès local à l'eau ;
- La baisse de la salinité du sol et par conséquent, le déficit des récoltes ;
- La ruine du cheptel, avec la menace de disparition de certaines espèces bovines telles le bœuf « Kouri », espèce emblématique ;
- L'effondrement des pêcheries et la diminution des activités de pêche ;
- La multiplication des conflits agriculteurs-éleveurs auxquels s'ajoutent des tensions avec les pêcheurs, etc.

Au cours de l'histoire, les climats de l'Afrique et de l'Australie ont commencé à devenir plus arides vers 8000 av.j.c. , le maximum d'aridité fut atteint vers 4000 av.j.c.

Au cours de l'époque antérieure, la plus grande partie de l'actuel Sahara portait des paysages de savane et de formations buissonneuses abritant une faune importante et diversifiée comme démontrées par les peintures rupestres dans le massif de Tibesti.

Par ailleurs, outre les caprices météorologiques cycliques, il semble bien qu'il faille incriminer également un certain nombre de conditions socio-économiques, comme les modalités de mise en valeur des terres, et des situations politico-administratives comme les conflits, les perturbations et désorganisations des circuits commerciaux ou encore la spéculation.

Pour une bonne part, la vulnérabilité actuelle des écosystèmes et leur régénération plus aléatoire lors d'un régime pluviométrique normal résultent d'une surexploitation des ressources consécutives à la croissance démographique rapide.

La coupe inconsidérée de la végétation arbustive et arborescente pour le bois de feu et la supercoration réduisent systématiquement et de manière parfois irréversible le couvert végétal et modifient donc le biotope avec un accroissement notable de l'albédo et du rayonnement terrestre.

Cette désertification réduit de manière considérable l'évapotranspiration et donc, l'humidité de l'air. Les précipitations deviennent donc encore plus rares et, le niveau de nappes phréatiques s'abaisse davantage. Aussi, l'oxydation plus rapide de rares matières humiques réduit la capacité de rétention d'eau des sols.

Il ne faut donc pas sous-estimer la responsabilité humaine dans cette dégradation écologique. Il existe en effet une synergie, une interaction positive entre conditions climatiques et facteurs anthropiques. Le désert se nourrit du désert. Si la forêt précède l'homme, c'est le désert qui le suit.

II.3. LES SIGNES LOCAUX DU CHANGEMENT CLIMATIQUE EN R.D. CONGO.

Ressortir les indices révélateurs du changement climatique au niveau local de la R.D. Congo n'est pas chose aisée au regard de la situation dégradante du réseau des stations météorologiques sur l'ensemble du territoire national liée au manque d'un budget conséquent alloué à l'INERA (Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomique) et/ou à la recherche scientifique en général.

En effet, la détection du changement climatique nécessite de longues séries chronologiques de données fiables dont le champ spatio-temporel doit être d'une large échelle.

Les modèles climatiques mêmes les plus élaborées sont encore loin d'une réalité dont la complexité pose tout un défi à notre soif de connaissance et de certitude.

Concrètement, il y a nécessité d'une base de données sur la situation présente et passée proche. De ce fait, il s'avère indispensable de réhabiliter le réseau de stations météorologiques existantes voire en ajouter des nouvelles pour couvrir le territoire national.

Rappelons que la caractérisation des climats de la R.D. Congo a été mise au point il y a plus de 90 ans par Koppen. Elle s'appuie sur les résultats de 600 stations pluviométriques parmi lesquelles 110 ont fonctionné continuellement de 1930 à 1940 et, 490 de 1940 à 1946. Une cinquantaine de stations thermométriques ont été utilisées.

Généralement, le climat de la R.D. Congo se caractérise par une pluviosité abondante (entre 2400 mm/an et 900 mm/an selon les zones) et une température moyenne annuelle qui varie entre 24°C et 26°C. Les tendances observées ces dernières décennies montrent un léger réchauffement des températures, confirmé par les projections qui anticipent, pour les décennies à venir, une légère augmentation des précipitations et une montée progressive des températures.

Ce climat qui est favorable à l'agriculture, commence néanmoins à enregistrer des événements météorologiques extrêmes tels que :

- Les jours de chaleur et les vagues de chaleur augmentent ;
- Les vicissitudes pluviométriques avec l'augmentation de la fréquence de pluies de fortes intensité endommageant l'espace habité par les inondations, les érosions, les éboulements, les glissements de terrain, ... ;
- La savanisation et l'éloignement de la forêt surtout autour de grands centres urbains conduit à l'effet désert;
- L'assèchement révélé par l'étiage prononcé. En effet, la baisse saisonnière du niveau d'eau du fleuve Congo perturbe la fourniture de l'énergie hydroélectrique et engendre le système dit « délestage » dans la fourniture du courant électrique par la SNEL (Société Nationale d'Electricité).

De ce fait, une attention particulière doit être portée à l'analyse de ces développements climatiques récents et au renforcement des capacités en vue d'une meilleure adaptation de l'économie, des infrastructures et des populations à ces phénomènes.

CONCLUSION

Il ne se passe pas de mois sans qu'une émission de radio, de télévision, un journal ou un livre ne titrent sur un scénario catastrophe, à plus ou moins court terme, de réchauffement drastique de la planète lié aux activités anthropiques que nous venons d'évoquer.

L'accroissement récent des aléas climatiques interpelle les scientifiques. La forte croissance de la population mondiale, la diversité des activités économiques, l'importance croissante des aménagements seraient-elles responsables de ces variations climatiques ? Celles-ci auraient-elles comme conséquences une augmentation des inondations, de la sécheresse, du niveau marin, préjudiciables à l'homme ?

La question doit-être restituée dans l'histoire de la Terre. A l'échelle des temps géologiques, les climats changent. On peut en déduire les faits suivants :

- A un instant donné (exemple : époque actuelle), il existe dans le monde une mosaïque d'espaces qui subissent chacun l'empreinte de leur climat,
- Dans un espace donné, il a existé, dans le temps, une succession d'empreintes correspondant à la chronologie des climats,
- L'empreinte d'une époque efface rarement celle des époques passées.

En dehors de toute intervention humaine, les climats évoluent en cycles. Ces derniers dépendent de divers facteurs parmi lesquels les variations de l'activité solaire et les émissions de poussières de diverses origines (volcaniques, industrielles...).

A l'échelle des temps géologiques, les preuves de l'existence de ces cycles existent. C'est le cas par exemple de glaciation quaternaire.

A l'échelle historique, des variations climatiques ont été observées, cas de « petit âge glaciaire » au 17^{ème} siècle ayant provoqué des famines.

Actuellement, les observations faites par les scientifiques montrent des fluctuations thermiques et pluviométriques importantes. Le 20^{ème} siècle a été le plus chaud du millénaire (avec un réchauffement d'environ 0,6°C à 0,8°C) et les années 1990 de loin les plus douces. Des signes en attestent : fonte des glaciers de montagne, amincissement de la banquise arctique en été.

Peut-on prévoir l'évolution future du climat et ses conséquences ?

Quel est le niveau certain du savoir humain actuel sur le climat ?

Les causes d'un éventuel réchauffement climatique sont discutées mais les conséquences pour les hommes sont d'ores et déjà sensibles : désertification, submersion de zones deltaïques et de certains archipels.

Deux faits majeurs sont indispensables :

1. Il y a beaucoup plus de dioxyde de carbone (CO₂) dans l'atmosphère qu'il y a deux décennies ;
2. L'effet de serre s'accroît quand la concentration en CO₂ de l'atmosphère s'accroît. Donc, si le rejet de gaz à effet de serre augmente, il y a risque de réchauffement de la planète. Risque et non pas réchauffement car les phénomènes sont complexes.

Les prévisions sont encore incertaines. Concrètement, les chercheurs travaillent à des modèles climatiques en se livrant à des simulations sur ordinateur. Cependant, les modèles ne peuvent prévoir précisément le climat car les interactions sont complexes.

Il est logique d'envisager une amplification de l'effet de serre amenant un réchauffement climatique. Ces gaz peuvent aussi détruire l'ozone très instable. Personne ne sait aujourd'hui quelles peuvent être les conséquences de ces modifications de notre environnement atmosphérique. On ignore la sensibilité de la terre, son temps de réponse.

Les prévisions scientifiques quant à l'avenir des climats dans les prochaines décennies sont extrêmement variables. Machine complexe, le système climatique ne fonctionne pas comme une horloge. Les changements de climat s'avèrent souvent stabilisateurs et déstabilisateurs.

Il s'agit bien évidemment de prospectives décennales ou séculaires voire millénaires et non pas de l'échelle météorologique de la prévision du temps.

L'imbrication des différents ordres de fluctuations des climats rend très délicate l'explication d'une tendance observée sur quelques années et son extrapolation sur des durées plus longues.

Par ailleurs, il convient donc de rester circonspect car le discours scientifique n'est pas exempt d'arrière plans financiers. Concrètement, un discours pessimiste sur l'avenir climatique incitera les autorités politiques à augmenter les crédits de recherche (là où ils existent) pour la climatologie.

Au total nous disons que :

Les éruptions volcaniques et les oscillations océaniques ne peuvent pas rendre compte de la tendance générale à l'augmentation des températures observées au cours du 20^{ème} siècle.

La fluctuation de l'activité solaire est sans doute responsable d'une partie du réchauffement mais la plus grande part semble revenir à l'homme.

Globalement, les fluctuations observées depuis 1850, des paramètres d'origine anthropique susceptibles de modifier le climat sont d'un ordre de grandeur supérieur à celles des variations naturelles.

La viabilité de l'environnement demeure un enjeu crucial. Les aléas climatiques qui provoquent des catastrophes sont les plus souvent soudains et localisés. Entre 1994 et 2004, ces aléas ont été directement responsables de 71% des désastres naturels.

Les latitudes tempérées subissent le passage de tornades et de tempêtes océaniques (Europe Occidentale, décembre, 1999). Les cyclones, spécifiques aux latitudes tropicales, s'accompagnent de précipitations violentes, entraînant souvent des inondations (surtout dans les zones littorales et deltaïques de l'Asie des moussons et de l'Amérique centrale). Les inondations liées à des crues exceptionnelles représentent 1/3 de catastrophes naturelles et sont responsables des 3/4 des pertes humaines.

D'autres excès climatiques, telles que les vagues de froid (Nord-est des USA, décembre 2000), les canicules (Grèce, été 2000 ; Europe Occidentale, été 2003) ont des conséquences graves. Les sécheresses qui ont représenté 15% des catastrophes naturelles entre 1994 et 2004, déclenchent parfois d'importants incendies ou accroissent la pression sur les ressources.

Les incidences du changement climatique (du moins là où il a été prouvé) sur le long terme se font d'ores et déjà sentir en Afrique.

- Le régime des précipitations est bouleversé,
- Certaines cultures atteignent les limites de leur tolérance thermique,
- Les éleveurs (sahéliens surtout) trouvent moins facilement des points d'eau et des pâturages.

Les incursions des éleveurs « Mbororo » en Province Orientale de la République Démocratique du Congo et à l'Est de la R.C.A. est une expression tangible de la multiplication des conflits agriculteurs-éleveurs liés aux réfugiés climatiques.

Face à ce phénomène, il faut consentir d'urgence des investissements pour assurer la viabilité climatique. Nous devons modifier notre culture environnementale pour ne pas mettre en péril le climat de demain.

L'ensemble de phénomènes décrit à travers ces lignes nous montre la complexité mais aussi la fragilité du système climatique terrestre. Sans tomber dans un catastrophisme exacerbé et, en relativisant les variations envisagées à travers une intégration dans le contexte global de l'histoire de la Terre, il est évident que l'homme doit maîtriser au mieux le progrès industriel afin de pouvoir répondre aux demandes légitimes de droit au développement et au bien-être des populations essentiellement dans le Tiers-monde et les pays émergents tout en préservant le futur de la planète. Cela nécessite une vision humaniste de l'économie, un courage politique et surtout un soutien de l'innovation technologique.

ORIENTATION DE LECTURE

1. Charles Pomerol et al. (2006) -Eléments de la géologie-, Dunod, Paris, 748p.
2. Estienne, P. et Godard, A. (1970) -La climatologie-, Armand Colin, Paris.
3. Foucault, A. (1993), - Climat, histoire et avenir du milieu terrestre-, Fayard, Paris, 328p.

4. Frecaut, R. et Pagney, P. (1983) – Dynamique des climats et de l'écoulement fluvial -, Masson, Paris.
5. IEPF (2007), Changements climatiques : Vers l'an 2012, in Liaison Energie – Francophonie n°75, Québec, Canada, 99p.
6. O.M.M. (2003) – Le climat de demain -, O.M.M., Genève, 26p.
7. Pédelaborde (1982), - Introduction à l'étude scientifique du climat -, SEDES, Paris.