

# SHS - Climat 2019

## 1 Définitions

*Climat* : Description statistique des grandeurs pertinentes, état du système climatique. **Différent de la météo** qui décrit le temps qu'il fait, les *échelles temporelles* sont différentes. La météo dépend des conditions initiales, le climat des conditions limites.

*Système climatique* :

- Atmosphère, hydrosphère, cryosphère, lithosphère, biosphère
- Influencé par la *dynamique propre* et les *forçages externes* (soleil, etc.)

*Atmosphère* : Enveloppe gazeuse qui entoure la Terre (78% N<sub>2</sub>, 21% O<sub>2</sub>, 0.04% CO<sub>2</sub>)

*Hydrosphère* : Partie liquide de l'eau terrestre, océans, lacs, rivières, eaux souterraines.

*Cryosphère* : Toutes les régions qui contiennent de l'eau sous forme solide (calotte polaire, banquise, Pergélisol, etc.)

*Lithosphère* : Couche de la croûte terrestre et partie supérieure du manteau, se comporte de manière élastique. Responsable majeure des variations de l'albedo (pourcentage du rayonnement solaire réfléchi à la surface), qui influence le climat à la surface ainsi que le taux d'humidité.

*Biosphère* : Somme de tous les écosystèmes sur Terre (atmosphériques et océaniques) et matière organique morte. Incidence sur l'albedo et la rugosité de la surface.

*Anthroposphère* : Aujourd'hui les effets de l'Homme sur son environnement sont comparables aux forces telluriques, on parle d'ère *anthropocène*.

*Thermoalène* : Ensemble des courants océaniques dus aux gradients de densité dans les océans

## 2 Modèles climatiques et projections

**Définition : modèle climatique** :

Ensemble d'équations différentielles aux dérivées partielles décrivant le système climatique

- Résolu numériquement pas analytiquement
- Processus parfois paramétrés mais pas directement représentés

**Différents modèles** :

*Modèles globaux :*

- Modèles récents comme **AOGCM ESM**, qui incluent des représentations de divers cycles biogéochimiques (carbone, soufre)
- Les plus avancées aujourd'hui
- Résolution typique : **200km**

*Modèles régionaux :*

- Aire limitée
- **RCM LAM**
- Représentation semblable aux modèles globaux (mais pas interaction banquise, océan, etc.)
- Désagrégation des simulations
- résolution typique : 50km
- Plus fin mais pour une région donnée
- **Pas un modèle global !**

## 2.1 Incertitudes

- Incertitudes dans les *modèles*, imperfection des modèles, simplification
- Incertitudes dans le *forçage*, émissions, volcanisme, etc.
- Incertitude de la *variabilité naturelle* du système climatique
- Fourni une enveloppe statistique, incertitudes plus importantes au plus on s'éloigne
- On constate une réduction des incertitudes avec l'amélioration des modèles
- Temps court forte influence des conditions initiales, variabilité naturelle domine
- Après 20 ans, les erreurs dans les modèles génèrent le plus d'erreur dans les prévisions climatiques
- Après 40 ans c'est le forçage (encore une fois relatif à la région, et la variable considérée)

## 3 Changements climatiques actuels et futurs

Le **GCOS** a défini **50** variables climatiques essentielles (atmosphère, océan, surface terrestre, etc.)

- Observation à la *surface* : station météorologique e.g. MCH à Aigle, réseau Suisse MCH
- Observation de l'*atmosphère* : radiosondage, ballon munit d'une sonde qui effectue des mesures pendant son ascension
- 30 min explose à 20km d'altitude, mesure toute la troposphère
- Réseau mondial, densité de stations inégale, océans moins observés que la surface
- Satellites pour observer la Terre depuis l'espace, ils offrent une surveillance globale, océan et surface, c'est pourquoi ils sont de plus en plus utilisés

### 3.1 Changements climatiques actuels

- Augmentation en surface et au niveau de la troposphère
- Mesures, pas modèles
- Réchauffement **non uniforme** (spatialement et saisonnièrement)
- Réchauffement moyen de 0.87°C sur 2006-2015 / 1850-1900
- Les continents se réchauffent plus que les océans, surtout l'hiver dans l'hémisphère Nord

- 1951-2010 principalement du aux activités humaines (forçage naturel négligeable)
- Augmentation de la concentration des gaz à effet de serre
- Augmentation des précipitations dans l'hémisphère Nord
- Plus d'incertitude que pour la température (observation et mesures plus difficiles)
- Tendances peu fiables dans les autres régions
- Changements dans les extrêmes : plus de jours chauds, sécheresse, canicule, précipitations intenses, crues, etc.

### 3.2 Changements climatiques futurs

- Besoin de scénarios pour les forçages, notamment humains
- SRES / RCP (on fixe seulement la concentration)

## 4 Eléments de Biogéographie

**Définition :** *Ecozone* ou *Realm* :

Plus large division biogéographique sur Terre. Délimite un vaste espace géographique dans lequel les organismes ont évolué de manière isolée.

- similarité floristique et faunistique
- intègre des facteurs historiques (isolation géographique passée)
- "barrière" naturelle (océan, plaques tectoniques)
- très large zone
- 6/11 régions biogéographiques
- Les biomes (différence écozone) : ensemble d'écosystèmes majeurs caractéristiques d'une aire biogéographique nommé à partir de la végétation
- adaptation des espèces prédominantes
- 9 à connaître

**Définition :** *Biogéographie* :

Etude de la distribution des espèces végétales et animales dans les écosystèmes

### Chronologie

- 1761 Buffon constate différences entre mammifères ancien et nouveau monde
- 1816 von Humboldt étend la loi de Buffon aux oiseaux, reptiles et plantes à fleurs
- 1820 de Candolle formalise le premier système mondial de régions biogéographiques
- 1858 Scudder et Engler définissent 6 grandes régions biogéographiques
- 1820, 1876 Wallace confirme ces travaux
- 2012 Holt et al. améliorent la précision des zones avec à l'appui l'outil génétique
- Température / précipitation / saisonnalité influencent les biomes (e.g. mousson)
- Topographie, le sol, feu, herbivorie sont des facteurs secondaires

**Biomes** 9 biomes selon Robert Whittaker / 9 zones climatiques de Heinrich Walter

3 biomes tropicaux :  $> 20^{\circ}\text{C}$

1. Forêt tropicale humide 40-75% biodiversité 13% surface humide et chaud toute l'année
2. Savanes été humide hiver sec
3. Désert subtropical sécheresse et chaleur toute l'année 20% biomes planète

4 biomes tempérés :  $5-20^{\circ}\text{C}$

1. Végétation méditerranéenne 3% biomes mais la plus menacée par le réchauffement climatique
2. Forêt tempérée humide températures fraîches, arbres les plus hauts de la planète
3. Forêt tempérée caducifoliée forte saisonnalité, humide, précipitations abondantes
4. Prairie tempérée / désert froid fort contraste de température, climat sec

2 latitudes polaires et boréales :  $< 5^{\circ}\text{C}$

1. Taïga, forêt boréale : 17% de la surface terrestre
2. Toundra (Arctique et Alpine) fort contraste thermique, hivers longs et froids (6-10 mois et températures négatives)

## 5 Vulnérabilité des biomes face aux changements globaux

### 5.1 Dégradation des biomes

On observe une fragmentation importante des biomes liée aux activités humaines, principalement l'agriculture extensive

**Services biologiques** Définition : *services écologiques* :

Bénéfices que les humains retirent des écosystèmes, ils se séparent en **3** catégories :

- *Approvisionnement* : produits tangibles tirés des écosystèmes
- *Régulation* : avantages intangibles liés au bon fonctionnement des écosystèmes
- *socioculturels* : apports non matériels -i améliore qualité de vie humaine

**MEA** ( $> 1300$  experts et 50 pays) rapporte que **60%** des services écologiques de la planète sont dégradés.

**Services écosystémiques** En EOC et en Asie centrale on observe une baisse des contributions de la nature aux populations ainsi qu'une forte diminution des services de régulation ainsi qu'une tendance positive des services d'approvisionnements liés à l'agriculture intensive. Les services écosystémiques de régulation sont largement affectés par les changements globaux.

### 5.2 Rôle de la biodiversité

**Définition** : *biodiversité* :

Variabilité des organismes vivants, diversité des espèces, finir...

Il existe **3** niveaux de biodiversité :

1. *Ecosystème* : diversité d'écosystèmes dans une surface donnée.
2. *Inter espèce* : Diversité d'espèces au sein d'un écosystème.
3. *Intra espèce* : Variabilité génétique au sein d'une espèce, différents allèles

*La biodiversité est **haute**ment affectée par les différentes composantes du changement global.*

La richesse spécifique des biomes est de plus *inégalement* répartie : moins riche Tundra, plus riche forêts tropicales humides

**Erosion de la biodiversité** On constate sur plus de 50% des terres une perte supérieure à 20% de la biodiversité, notamment des extinctions massives, on parle de "6<sup>e</sup> crise biologique" induite par l'Homme. Ainsi cette perte constitue un *enjeu Majeur du 21<sup>e</sup> siècle*. De plus les tendances se poursuivent et par endroits s'accroissent. Ainsi 28% des espèces menacées d'extinction en Europe et Asie centrale.

## 5 facteurs anthropiques

1. Destruction de l'habitat (Urbanisme, dragage des fonds marins)
2. Changements climatiques (réchauffements, sécheresse)
3. Espèces invasives (liées à la mondialisation ex : frelon asiatique et abeilles)
4. Surexploitation (surpêche, agriculture intensive)
5. Pollution (Nitrates, phosphates, micro plastiques)

### 5.3 Migration des espèces et croissance

Migrations en cours observées chez de nombreuses espèces, souvent liées aux changements climatiques et la recherche du climat d'origine. La vitesse de ces migrations est souvent trop faible.

**Niches climatiques** **Définition :** *niche climatique* :

Les niches climatiques sont des enveloppes climatiques dans lesquelles se développe une espèce particulière. Une niche est ainsi une zone géographique susceptible de se déplacer. On parle aussi de niche fondamentale.

L'étude repose sur une collecte de données (présence, absence) servant à l'élaboration d'un modèle statistique pour prévoir l'évolution de la niche, donnant donc lieu à des prédictions spatiales.

**Perdants** Souvent des espèces sensibles aux changements extrêmes (*hêtres, épicéas, disparition des pins à Viège*) qui entraînent une réduction de leur niche.

**Gagnants** Espèce tirant avantage de ces changements, amenant souvent à une expansion de la niche (*chêne, charme*). En général on constate une progression de la limite sup de la forêt, en Valais par exemple les arbres croissent plus de deux fois plus vite qu'au 19<sup>e</sup>.

### 5.4 Impact sur la phénologie

**Définition :** *phénologie* :

Etude des événements biologiques cycliques en relation avec les variations saisonnières du climat, très bon indicateur du changement climatique.

**Exemple :**

La floraison du cerisier au Japon, pour laquelle on dispose de beaucoup de données, s'observe normalement mi Avril mais depuis le début du 19<sup>e</sup> siècle cette date avance (début Avril fin Mars aujourd'hui).

**Indice du printemps** Indice très parlant, on observe une floraison plus précoce, des hivers moins froids et plus courts. Le printemps avance ainsi d'environ 3 jours par décennie soit une avance environ 15 jours depuis 1975.

Ce décalage provoque un phénomène de *désynchronisation des espèces*, par exemple les oeufs de Mésange ne sont plus pondus pendant les pics d'abondance de larves puisque ces dernières sont sensibles au décalage du printemps.

**Maladies et ravageurs** Les arbres sont également victimes de nombreux parasites comme le bostryche, un coléoptère qui attaque les épicéas affaiblis par la sécheresse. Cette dernière a un double effet puisqu'elle stimule aussi l'insecte, les plus fortes chaleurs accélèrent notamment son cycle de développement, alors 3 fois plus rapide.

Ainsi on estime que 102 millions d'arbres ont été victimes de la sécheresse en 2016. Les arbres qui ne dépérissent pas s'acclimatent : on observe de moins en moins de stomates sur les feuilles de ces derniers.

### **Puits et sources de carbone Définition :**

*Puits* : Réservoirs ou composantes du cycle du carbone qui absorbent plus de carbone qu'elles n'en émettent : on retrouve les océans (2.3 GT), la biomasse (2.6 GT)

*Source* : Composantes du cycle du carbone qui émettent plus qu'elles n'absorbent, par exemple les énergies fossiles (7.8 GT)

Les plantes jouent un rôle majeur dans le cycle du carbone, si elles sont responsables des *oscillations intra annuelles* du CO<sub>2</sub> elles limitent sa présence dans l'atmosphère, qui est de 400ppm actuellement, contre 500ppm estimé sans leur présence.

Les augmentations interannuelles, conséquentes ces dernières années, sont quant à elles dues à l'action de l'Homme.

### **Boucle de rétroaction Définition : boucle de rétroaction :**

Effet de l'évolution du système sur sa propre évolution, elle peut être :

- Positives : les effets de l'action travaillent dans le sens de la réaction
- Négatives : les effets de l'action travaillent contre la réaction

**Remarque :** Les boucles rétroactives sont souvent complexes et présentent des aspects positifs et d'autres plus négatifs. Ainsi par exemple les forêts ont un effet généralement négatif sur le climat, ce qui n'est pas le cas des forêts boréales qui ont un effet rétroactif positif et induisent un réchauffement.

## **5.5 Impact des forêts sur le climat**

Les forêts ont un effet sur la température ambiante, elles accumulent la chaleur jour, pour la relacher la nuit. Elles réduisent également la force des vents et mélangent les masses d'air. Elles augmentent l'ombrage ce qui réduit rayonnement solaire et donc le réchauffement au sol.

L'évapotranspiration joue aussi un rôle important dans la régulation du climat. 95% de l'eau absorbée au niveau des racines est libérée par les stomates, c'est l'*hydrologie*. L'*albedo* a également une grande importance.

Les plantes ont finalement une grande importance dans la régulation de la composition chimique de l'air, elles relâchent de nombreuses *COV* qui entraînent la formation de nuages. Par la photosynthèse elles capturent aussi une grande quantité de CO<sub>2</sub> qui est ensuite stocké dans le sol (principalement les sols arides).

### Changement d'albedo en Arctique

- La taille de la banquise a diminué de 50% en 6 ans
- Le Pergélisol, 24% des terres exposées dans l'hémisphère Nord subit les effets du réchauffement climatique
- A terme on risque une libération massive de méthane et de CO<sub>2</sub> (de l'ordre de 4 fois les émissions humaines)
- Les tourbières sont aussi un danger : 3% surfaces continentales mais 30% du carbone des sols mondiaux (puits de carbone qui devient source)

### Acidification des océans

- En augmentation de 30% depuis la révolution industrielle
- Représente une perte du potentiel de pompage : 70% moins efficace qu'au début de l'ère industrielle

## 6 Négociations internationales, justice climatique

### 6.1 Une question de justice

Au sein du système Terre il y a de nombreux échanges (cycle de l'eau, du carbone, azote, phosphate, etc.)

- feedback, rétrocontrôle
- instabilité du système tout entier

*cf : Global Change and the Earth System (2004)* qui souligne une accélération de *earth system trends* en corrélation avec des phénomènes socio économiques à partir de **1950**, c'est **La Grande Accélération**.

**9** paramètres globaux (dont le changement climatique) définissent les limites planétaires. Aujourd'hui on est dans une situation diamétralement opposée à toute l'histoire de l'humanité. Les activités humaines ont causé la sortie d'une zone de stabilité relative du climat.

Risques :

- pour les écosystèmes et les biomes
- pour les sociétés humaines (augmentation de la zone d'influence de certaines maladies comme la /malaria)
- économiques (fermetures des centrales nucléaires en été)

On constate une répartition inégale des risques climatiques (plus élevé pour les pays moins développés). Vulnérabilité, exposition et aléa sont des facteurs de risque. On a par exemple le nombre de gens exposés à la montée des mers ou encore les rendements agricoles, plus élevé dans le Global North que dans le Global South. On constate des disparités dans les émissions de CO<sub>2</sub>, notamment un facteur de *1500* entre le Qatar et le Burundi pour les émissions CO<sub>2</sub>/habitant, de plus les USA et l'Europe représentent *50%* des émissions cumulées dans l'histoire de l'humanité.

### 6.2 Notion de justice climatique

On distingue différents types de justice :

- *Communitative* : la justice qui règle les échanges, selon le principe de l'égalité arithmétique, entre des personnes elles-mêmes considérées comme égales. Distribution du gâteau autour de la table.
- *Procédurale* : Comment distribue-t-on ce gâteau
- *De reconnaissance* : Chaque personne doit être reconnue autour de la table.

En ce qui concerne le climat :

- Inégalité double vis à vis du ratio émissions/risques
- Notion de budget carbone, comment le distribuer ?
- Coûts de transition énergétique
- Coûts d'adaptation, de répartition, de compensation

Un pays moins développé devrait il avoir droit à une plus grande part du budget carbone ?

*Schuré : The central point of equity is that it is not equitable to ask some people to surrender necessities so that other people can retain luxuries*

luxes  $\neq$  besoins

Ainsi on peut se demander *comment partager les coûts ?*

- Principe du *pollueur-payeur* toutefois les plus gros pollueurs sont déjà morts
- Principe du *bénéficiaire-payeur* qui pose cependant le problème de l'héritage
- Principe de *capacité à payer* : les plus riches payent ce qui reste injuste d'une certaine façon

### 6.3 Négociations internationales sur le climat

Le réchauffement climatique est un problème d'action *collective*. C'est ce qui rend sa résolution difficile, il nous faut une certaine coordination.

*La stratégie des biens communs* (G. Hardin) :

- Une ressource finie et en libre accès
- L'exploitation de cette ressource est virale

Comment réagit un individu rationnel face à cette situation ?

- MEILLEUR : Je continue, les autres diminuent
- MOYEN<sup>+</sup> : Tout le monde (y compris moi) limite son exploitation
- MOYEN<sup>-</sup> : Personne ne fait rien, la ressource s'épuise
- PIRE : Je limite mon exploitation mais personne d'autre n'en fait de même

Dans tous les scénarios les principes de rationalité économique poussent à continuer voir augmenter sa consommation.

#### Chronologie

- 1972 : Stockholm
- 1987 : Rapport Burtland
- 1992 : Rio

**GIEC** : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat qui vise à synthétiser toute la connaissance humaine sur les grandes questions du climat. **1988** 3 grands buts : éléments physiques, vulnérabilité du système, évaluation des coûts.

**CNNUCC** : 1992 à Rio ratifié par chaque pays de la planète. Ces textes juridiques contiennent des notions de justice climatique.

*Protocole de kyoto* : 1<sup>ère</sup> période d'engagement (1997), il a fallu attendre 2005 pour que le nom entre en vigueur (50% des pays l'ont ratifié).



Succès en partie dû à la chute de l'URSS, le second accord de Kyoto reste malgré tout. Accord de Paris : dès 2015, entrée en vigueur en 2016, beaucoup plus souple ils reposent sur trois piliers :

- Atténuation
- Adaptation
- Financement

tragédie des biens communs ressource finie opas essentielle en libre accès et rivale

Climato-scepticisme

On observe 3 types d'opposition (ordre d'apparition chronologique) :

- Rejet de l'existence même du réchauffement climatique
- Rejet de l'origine humaine du réchauffement climatique
- Rejet de la gravité du réchauffement climatique

*Le climat la grande manipulation, C Gerondeau* (Ingénieur Génie Civil)

*L'imposture climatique, Claude Allègre* (Biochimiste)

Ces publications ont un effet considérable sur l'opinion publique, chute dramatique de la conviction envers le réchauffement climatique entre 2008 et 2010 en Amérique liée à des offensives climatosceptiques motivées par un désir de limiter les effets des traités alors en plein débat (50% en 2006 35% deux ans plus tard)

Le mot *scepticisme* relève d'avantage du *négalionisme*, il ne s'agit pas là une aptitude saine ou d'une forme de septicisme scientifique puisque les preuves sont nombreuses et accablantes la conclusion des climato sceptiques est souvent d'abord formulée puis les preuves sont niées.

2 aptitudes se démarquent :

- *Mésinformation* : fonder ses jugements sur un manque d'information ou une information biaisée ou incomplète
- *Désinformation* : Biaisier volontairement l'information, le débat, semer le doute (stratégie la plus importante du septicisme climatique) souvent il s'agit d'une vente de service de la part de scientifiques à des lobbys (amiante, pluies acides, etc.) qualifiés de *marchands de doute* "doubt is our product"

Qui se découpent en 5 caractéristiques **FACTS** :

1. **Faux experts**
  2. **Attentes irréalistes**
  3. **Choix selectif des preuves**
  4. **Théorie du complot**
  5. **Sophisme**
- 
1. Quand 97% scientifiques et des articles s'accordent sur le rôle des gaz à effet de serre certains groupent emploient la stratégie des *faux experts* (souvent spécialisés dans un autre domaine). La désinformation passe aussi par la publication d'articles climatosceptiques *think tank* conservateur dont 90% sont financés majoritairement par Exxon Koch, ou l'industrie pétrolière en général.
  2. Alors que l'on a une confiance très élevée dans le réchauffement climatique, qualifiée *sans équivoque, extrêmement probable* 95 à 100% de confiance, certains mettent l'accent sur les 5% d'incertitude et non pas sur les 95 100%, ne se focalisent pas sur les faits avérés et demandent un 100% de certitude qui **N'EST PAS** scientifique
  3. On dispose de plus de preuves indépendantes les unes des autres du réchauffement climatique comme la fonte des glaciers, l'augmentation de la hauteur des arbres, un réchauffement de la troposphère, des nuits plus chaudes, etc. La stratégie repose sur un choix sélectif des preuves, on ne considère pas l'intégralité des preuves, le résultat est de fait biaisé. Par exemple certains avanceront que depuis 1998

le réchauffement de l'air se serait arrêté, il faut toutefois regarder l'intégralité de la courbe de plus le réchauffement de l'atmosphère est moindre comparé au réchauffement des océans

4. Climate gate

5. Le sophisme repose sur des raisonnements logiques erronés et des conclusions hâtives, comme des fausses dichotomies, l'utilisation de la réciproque qui n'est pas forcément vraie, etc.

Les raisons sont de 2 types :

- Biais idéologiques et culturels (USA Démocrates 84% Républicains 34% croient au phénomène)
- Groupes d'intérêts (économiques)

## 7 Solutions pragmatiques

Le défi : freiner le changement climatique, requiert de réduire les émissions de CO<sub>2</sub>, notamment brûler moins d'énergie fossile

*Adaptation* pour diminuer les conséquences des effets du changement climatique, on a toutefois besoin d'*atténuer* les effets de ce dernier car une adaptation totale est impossible

On considère dans le modèle actuel que les dommages ne dépendent pas des émissions mais plutôt de la concentration de particules, en prenant également en compte l'accumulation (c'est à dire la somme des émissions passées)

D'où viens la **limite des 2°C** ?

On cherche ainsi à minimiser les dommages dus aux émissions ainsi que le coût d'atténuation. On cherche à minimiser une fonction prenant en paramètres les coûts économiques ainsi que les coûts écologiques et humains (plus difficiles à quantifier, liés aux effets des dommages sur l'environnement) il ne s'agit **pas de 100%** d'atténuation on parle d'*d'optimum économique*. Le niveau optimal d'adaptation peut être défini, il n'annule pas nécessairement tous les dommages.

### 7.1 Adaptation

*L'atténuation* coûte pour celui qui réalise les efforts et profite à tous même à ceux qui ne font rien, cela pose un problème dans un contexte de compétition commerciale et de globalisation. Un pays possède de plus un *avantage privé à émettre*, les coûts sont pourtant collectifs, cela encourage encore d'avantage un comportement égoïste vis à vis du réchauffement climatique. Elle incite de plus un *déplacement de la production* vers les pays où les normes sont les plus permissives, ou l'atténuation est plus faible donc, ce qui a un double effet augmentant les émissions dues à un transport qui aurait pu être évité (on parle de *carbon leakage*) et freine la mise en place de mesures climatiques globales (avec l'émergence de véritables *pollution heaven*).

*L'adaptation* peut nuire par contre aux pays voisins (un pays qui canalise les cours d'eau en amont assèche les pays en aval) tout en profitant au pays qui la met en place. Sans coopération entre les pays et dans un contexte compétitif c'est naturellement cette alternative qui serait mise en avant. Afin de minimiser les dommages il faut pourtant un **mélange** des deux.

Consiste en partie en des mesures de protection :

- Occupation du territoire :  
quitter les régions côtières, digues, barrages

- Modification de nos pratiques :
  - agriculture : changer de cultures, réservoirs et irrigation
  - tourisme : réorienter l'offre
- Assurance :
  - diversification de nos activités, partage des risques
  - assurances, weatherderivatives, catbonds

L'accumulation des gaz à effet de serre est d'autant plus grave que la durée de vie de ces derniers est très importante :

le CO<sub>2</sub> 100 ans, le CF<sub>4</sub> 50 000 ans, ce phénomène accentue donc l'effet d'accumulation. Cumulé avec l'inertie du système, notamment les boucles rétroactives et l'irréversibilité des effets, on se retrouve face à un dilemme, on ne peut dépenser des sommes astronomiques pour l'atténuation, mais ce qu'on ne dépense pas aujourd'hui coûtera deux fois plus cher demain.

Un autre facteur rend la résolution de ce problème difficile, ses paramètres sont en constante évolution (croissance démographique, évolutions technologiques, par exemple). On considère donc :

- *Avantages* à retarder les mesures :
  - Laisser le temps à la recherche de trouver des solutions permettant de réduire les émissions à faible coût (progrès technique)
  - Laisser augmenter les revenus pour pouvoir mieux supporter les efforts
- *Désavantages* à retarder les mesures :
  - Si l'on continue de construire des installations durables émettrices de CO<sub>2</sub> (centrales électriques à charbon, nos voitures), il sera plus coûteux d'y renoncer
  - Iniquité, imposer aux suivants de faire les efforts

D'un point de vue **éthique**, il est aussi difficile d'attribuer un montant aux dégradations de l'environnement mais aussi et surtout aux vies humaines et à la qualité de vie quotidienne. Plusieurs solutions se présentent pour la baisse des émissions : une diminution de la population, une baisse de la production et de la consommation, une transition énergétique.

*Progrès technique* : Recherche invention, innovation, il s'agit d'une invention et de sa mise en avant. Le progrès technique n'est pas forcément favorable au climat (par exemple la capacité à puiser toujours plus loin les énergies fossiles, forages pour les gaz de schistes, forages pétroliers en Arctique, mais aussi une hausse de l'utilisation de moteurs donc de la consommation). Certains aspects du progrès lui sont quand même favorables avec notamment le développement de machines à plus faible consommation. Il est aussi favorable à la stabilisation du climat (énergie hydraulique ou nucléaire mises en avant).

Pour que le budget climat soit respecté il faut que tous les moteurs soient remplacés, ce processus devrait d'abord passer par une interruption de la production de tels engins.

La limitation de la mise en place d'alternatives plus vertes n'est pas un manque de savoir (en terme d'innovation) mais de vouloir (rendements plus faibles, coûts plus élevés). L'Etat pourrait jouer un rôle en taxant les alternatives les plus mauvaises pour l'environnement.

*Identité de Kaya* :

$$\text{émissions de CO}_2 = \text{Pop} * \frac{\text{PIB}}{\text{Pop}} * \frac{\text{E}}{\text{PIB}} * \frac{\text{CO}_2}{\text{E}}$$

Entre 2010 et 2015 la population a augmenté de 1.2%, le PIB par habitant de 1.6%, provoquant une hausse de 1.2% des émissions malgré une baisse de 1.4% de l'utilisation d'énergie par le PIB.

Autre exemple, le *transport aérien* : le progrès technique induit une baisse de 60% de la consommation en kérosène mais une augmentation de 250% du nombre de passagers par km. On parle d'**effet rebond** : la baisse de la consommation induit une baisse du prix qui induit elle-même une hausse de

la consommation.

## 7.2 Une approche nationale pragmatique

La politique climatique apparait comme une stratégie win/win, elle présente de nombreuses retombées positives comme une incitation à l'innovation, la création de nouveaux marchés et d'emplois. On parle de *croissance verte*.

En 1990 les émissions de gaz à effet de serre en Suisse sont en majorité dues à la production énergétique, les émissions domestiques et les processus industriels. Le point de départ de la politique climatique Suisse en **1973** : Le pays était dépendant de l'importation d'énergies fossiles depuis des pays instables (pas motivé par climat en premier lieu). Cela se fait par la mise en place de programmes énergétiques : *Energie 2000 Suisse*. *Energie* l'accent est mis sur l'augmentation de l'efficacité énergétique, rien de contraignant, moyens softs comme des recommandations, des conseils, la mise en place d'un budget, des étiquettes énergie (même s'il faut relativiser ce dernier point par exemple un *Randge Rover* très polluant étiqueté A...).

Au niveau des *bâtiments* :

La taxe CO<sub>2</sub> fut introduite dans un second temps, elle est prélevée sur les combustibles (et non les carburants) utilisés à des fins énergétiques au prorata de leur contenu en carbone pour motiver par exemple les particuliers à opter pour un remplacement de chauffage plus écologique (atténuation). Le taux de la taxe triple entre 2008 et 2012, la recette est redistribuée aux contribuables au 2 tiers, le tiers restant est dédié au programme bâtiment qui offre des subventions pour la construction de bâtiments moins gourmands en énergétiments moins gourmands en énergie. Toutefois l'effet dissuasif de la taxe CO<sub>2</sub> est souvent masqué par la variation du prix du brut. Ces mesures sont toutefois vagues et nombreux sont les moyens de les contourner.

Il y a ensuite des mesures dans le domaine des *transports* :

*Ecodrive* pour apprendre à conduire en consommant moins promet une diminution de 10 à 15%, la motivation est aussi économique pour le conducteur. On peut également citer la promotion du *CarSharing* et des transports publics. Il y a aussi une *redevance poids lourds* liée aux prestations. Le *centime climatique* (1.5ct par litre d'essence) versé à une fondation privée subventionne la réduction des émissions est une compensation obligatoire pour les importateurs de carburant. A cela s'ajoute une prescription concernant les voitures de tourisme neuves (imposant un maximum d'émission de 130g de CO<sub>2</sub> par km, ce chiffre sera poussé à 95g en 2023)

La stabilisation des émissions constatée ces dernières années est à nuancer, elle est en partie obtenue en important de plus en plus de produits riches en carbone, émissions dues à la consommation et moins la production.