

## Chapitre III

### Les grandes crises biologiques à travers les époques géologiques

#### Qu'est-ce qu'une crise ?

On associe l'idée de crise à la notion d'extinction des espèces.

Les espèces ont généralement une durée de vie limitée (de 0,5Ma à 5Ma –Million d'années)

Certaines espèces se transforment > disparition relative.

Certaines espèces disparaissent sans descendance > disparition absolue. C'est dans ce second cas qu'on peut parler de véritable extinction.

Les disparitions sont régulières, généralement compensées par des apparitions (processus d'évolution).

A certaines périodes, le taux de disparition est très supérieur au taux d'apparition.

Lorsqu'on a un tel déséquilibre, on parle de crise.

On établit une certaine hiérarchie dans l'importance des crises :

□ **Crise mineure** : disparitions <30% des espèces, parfois de genre, jamais de famille ou d'ordre. Ce type de crise est très fréquent d'un point de vue de l'échelle de temps géologique : on estime qu'il y en a une par million d'années (1/1Ma).

□ **Crise moyenne** : disparitions de 30 à 60% des espèces, quelques genres, des familles voire (rarement) des ordres. Fréquence : 1/10Ma (*pour les crises mineure et moyenne, ces fréquences sont avérées par des observations géologiques/paléontologiques assez précises*).

□ **Crise majeure** : disparition >60% des espèces, et aussi des genres, familles, ordres et même classes. Fréquence : 1/100Ma (*cette estimation étant très exagérée et ne correspondant pas vraiment avec les crises connues*)

Les crises qui nous intéressent sont les crises majeures : (ce sont les plus importantes !)

On en compte 5 dans les derniers 500Ma (alors que la vie existe sur Terre depuis 3,5 Milliards d'années)

1. Crétacé-tertiaire (la plus connue du public – associée à la fin des dinosaures)
2. Fini-triasique
3. Permo-triasique
4. Fini-devonienne
5. Fini-ordovicienne

#### 1 – Crise de l'Ordovicien (dite de l'Ashgill)

Elle survient vers -440Ma

A cette époque, la vie est exclusivement marine (ce qui explique qu'on étudie les crises au travers des extinctions repérées principalement sur la faune marine)

La crise fait disparaître :

- 85% des espèces
- 57% des genres
- 23% des familles

Aucune extinction de groupe majeur.

- Extinction partielle des trilobites (on passe de 38 familles à 14 !)
- Extinction partielle des Conodontes (de 100 à 20 espèces)
- Extinction quasi-totale des Graptolites (2 familles aujourd'hui)
- Extinction partielle des Chitinozoaires (des animaux dont on ne sait pas ce que c'est !). On s'en sert pour dater les couches géologiques car à chaque époque correspond un type précis de chitinozoaires mais on ne sait pas ce que c'est.
- Extinction partielle des coraux...

Hypothèses sur les causes :

De forts indices nous incitent à croire en une hypothèse glaciaire.

A cette époque, calotte glaciaire unique (centrée sur le Sahara actuel) entraînant une régression glacio-eustatique avec une baisse du niveau marin de 150m.

Hors, toute la vie étant marine, toute cette vie étant la maximale (la plus diversifiée) sur les plateaux continentaux (200m), la mer, en baissant de 150m, entraîne une forte disparition d'espèces vivant dans ces eaux "de surface".

## **2 – Crise du Dévonien supérieur** (dite Frasnien-Famennien)

Elle survient vers -370Ma

La crise fait disparaître :

- 75% des espèces
- 50% des genres
- 22% des familles

2 groupes disparaissent totalement (on ne les a plus jamais retrouvés dans les fossiles des époques plus récentes)

- Extinction partielle des trilobites
- Extinction partielle des Brachiopodes (-86% genres !)
- Extinction partielle des conodontes (-89% des espèces)
- Extinction partielle des coraux (-80% des espèces)

□ Extinction quasi-totale des agnathes (poissons sans mâchoire) : 1 seul groupe survivant.

Hypothèses sur les causes :

On a repéré 2 causes qui se sont cumulées.

A - Episode glacio-eustatique (observation de roches en Chine notamment) > la mer baisse...

B – Chute d'une météorite (le cratère, d'un diamètre de 52km, a été identifié en Suède)

**3 – Crise Permo-Trias** (cette crise définit la limite ère primaire/ ère secondaire)

Elle survient vers -250Ma, elle a duré sur plusieurs Millions d'année et c'est la plus grave crise d'extinctions connue.

Cette crise fait disparaître :

□ 96% des espèces

□ 83% des genres

□ 57% des familles

4 majeurs disparaissent totalement :

- Extinction totale des trilobites
- Extinction totale des coraux tabulés et tétra coralliaires
- Extinction de 75% fusulines (foraminifères)
- Extinction totale des goniatites
- Extinction partielle des brachiopodes (-90%)
- Extinction quasi-totale des crinoïdes (1 seul genre traverse la crise )
- Extinction quasi-totale des oursins

Mais pas de crise chez les mollusques !

A Terre (car à cette période, la vie sur Terre s'est développée), l'aridité progressive entraîne la disparition des lagunes et lacs >> Extinction partielle d'animaux terrestre dont la vie est liée à l'eau (ex: les amphibiens).

Au niveau végétal, on assiste à un remplacement de la flore à fougères par des conifères.

Hypothèses sur les causes :

On a repéré 3 causes qui se sont cumulées.

A - Chute d'une météorite (cratère sous-marin, non encore détecté avec certitude)

B – Volcanisme important autour des zones de subduction.

C – Hypothèse tectono-climatique : A cette époque, 1 seul continent (Pangée) > réduction des façades maritimes (rencontre de 2 continents) Le bassin océanique est plus grand, mais le volume d'eau reste le même >> baisse du niveau marin (-200m) Continentalisation du climat :

continent très grand, centre aride soumis à des alternances de chaud et froid > conditions impropres au développement de la vie terrestre.

#### **4 – Crise du Trias supérieur** Elle survient vers -220Ma

Cette crise fait disparaître :

- 76% des espèces
- 47% des genres
- 23% des familles

Et dans le même temps, les Tétrapodes se développent (+22%).

4 extinctions totales et définitives.

- Conodontes
- Orthocères
- Reptiles mammaliens
- Quasi-totale des amphibiens

Hypothèses sur les causes:

A – Volcanisme.

B – Impact d'une météorite.

#### **5 – Crise Crétacé tertiaire = Crise KT**

Elle survient vers -65Ma. C'est la plus connue du public mais la moins importante des crises majeures.

Cette crise fait disparaître :

- 76% des espèces
- 45% des genres
- 15% des familles

En fait les extinctions remarquées sur cette crise sont très progressives et ont commencé bien avant (plusieurs Millions d'années avant) à cause d'un refroidissement des eaux et de la baisse des océans.

Plusieurs espèces se sont éteintes AVANT la crise KT :

- Extinction totale (mais progressive) des ammonites.
- Extinction totale des Inocérames
- Extinction totale des Rudistes

- Extinction partielle des foraminifères planctoniques
- Extinction totale des Reptiles marins (ichtiosaures et plesiosaures)
- Extinction totale des Dinosaures herbivores (tous disparus sans descendants)
- Extinction totale des GRANDS Dinosaures carnivores
- Extinction partielle des PETITS Dinosaures carnivores >> ils ont évolué pour donner les oiseaux

PAS DE CRISE chez les mammifères (plutôt en extension)

PAS DE CRISE chez les reptiles primitifs (crocodiles, tortues, lézards et serpents)

Du côté des plantes : PAS DE CRISE chez les angiospermes (en pleine expansion)

PAS DE CRISE chez les insectes.

Hypothèses sur les causes :

A – Refroidissement >> baisse des océans (irrégulière, avant et après, sur environ 2Ma)

B – Volcanisme >> épanchement, distensions basaltiques (MAIS observé avant et après, sur environ 100 000a)

C – Chute d'une météorite : impact repéré dans l'actuel Yucatan (Golfe du Mexique) : impact instantané, conséquences à long terme.

**Les grandes crises de la biodiversité ont toutes eues des causes identiques :**

- Régression glacio-eustatique
- Volcanisme
- Impact météoritique

Plus ces évènements se sont cumulés, plus les crises ont été intenses.

Il faut bien entendu relativiser les chiffres donnés qui ne sont que des estimations (sous-estimations étant donné que les espèces fossilisées ne représentent qu'une très faible proportion de la biodiversité totale).

Il faut aussi noter qu'entre les crises, la vie s'est de nouveau diversifiée, de nombreuses nouvelles espèces ont vu le jour à partir des "rescapés".

Questions : Aujourd'hui, l'action de l'homme ? (on entend parler de 6<sup>ème</sup> crise d'extinction, dans les médias)

Ce qui est sûr, c'est que, quelque soit les actions négatives que l'homme peut avoir, on n'atteindra jamais la "puissance destructive" d'une glaciation ou d'un impact de météorite.

Il est abusif de parler de crise majeure parce qu'on est en train de compter les espèces qui disparaissent. Une crise majeure d'extinction est un phénomène à l'échelle des temps géologiques (au minimum sur plusieurs milliers d'années).

Cela ne veut pas dire que nos actions actuelles sur la planète ne sont pas graves.

De nombreuses extinctions "actuelles" ont eu lieu avant l'ère industrielle et n'ont rien à voir avec le réchauffement de la planète. Elles ont une origine anthropique avérée (Hipparion, Bison, Loup de tasmanie, éléphant nain, ... centaines de mollusques...)

Les causes sont multiples : chasse, domestication, déforestation, construction, irrigation, assèchement, migration, importation d'espèces invasives... bien avant l'effet de la modification du climat...

Concernant les crises de disparition passées, il faut relativiser les disparitions d'espèces :

Exemple des Coelacanthes : on les croyait disparus jusqu'à ce qu'on trouve des spécimens vivants !

Exemple des Rhinocéphales : cénodonte (lézard à bec) : il reste une espèce.

Exemple des Dipneustes : il reste 4 espèces.

Quand des espèces de ce type disparaissent, c'est tout un plan d'organisation qui disparaît.

Encore une fois, il faut rappeler qu'on ne compte que ce qu'on a trouvé. De nombreuses espèces ne fossilisent pas (on ne connaît fossilisé que 10% de ce qui a existé...).

## Chapitre IV

### Déforestation causes et conséquences

**Les forêts**, sont des formations végétales indispensables à la vie sur Terre qui couvrent environ 30,6 % de la superficie terrestre mondiale (FAO, 2015). En 2015, 93 % de la superficie des forêts du monde est formée de forêts naturelles (forêts primaires et forêts secondaires qui se sont régénérées naturellement). La forêt plantée représente 7 % de la superficie forestière mondiale. Elle a augmenté de plus de 110 millions d'hectares depuis 1990.

Une évaluation menée en 2015 montrait qu'il y avait environ 3 400 milliards d'arbres sur notre planète. Malheureusement, ce nombre est en forte diminution à cause de la déforestation qui se poursuit. Les auteurs de l'étude rappellent qu'environ 15,3 milliards d'arbres sont coupés chaque année, particulièrement dans les zones tropicales, leur berceau. Ainsi, depuis les débuts de l'agriculture, il y a 12 000 ans environ, le nombre d'arbres sur Terre a chuté de 46 % ! Et avec eux, toute une biodiversité, des espèces animales et végétales...

Les forêts apportent des services cruciaux pour la vie sur Terre : sources de nourriture, de refuge, de combustibles, de vêtements et médicaments pour de nombreuses populations. Ainsi, selon la FAO, 60 millions de peuples indigènes dépendent presque entièrement des forêts ; 300 millions de personnes vivent dans ou aux alentours des forêts et plus de 1,6 milliard de personnes dépendent à divers degrés des forêts pour vivre !

De plus, les forêts abritent de nombreux "points chauds" de biodiversité et jouent un rôle prépondérant dans la fixation du CO<sub>2</sub> que nous émettons massivement et qui perturbe dangereusement notre climat : 40% du carbone terrestre est stocké dans la végétation et les sols des forêts.

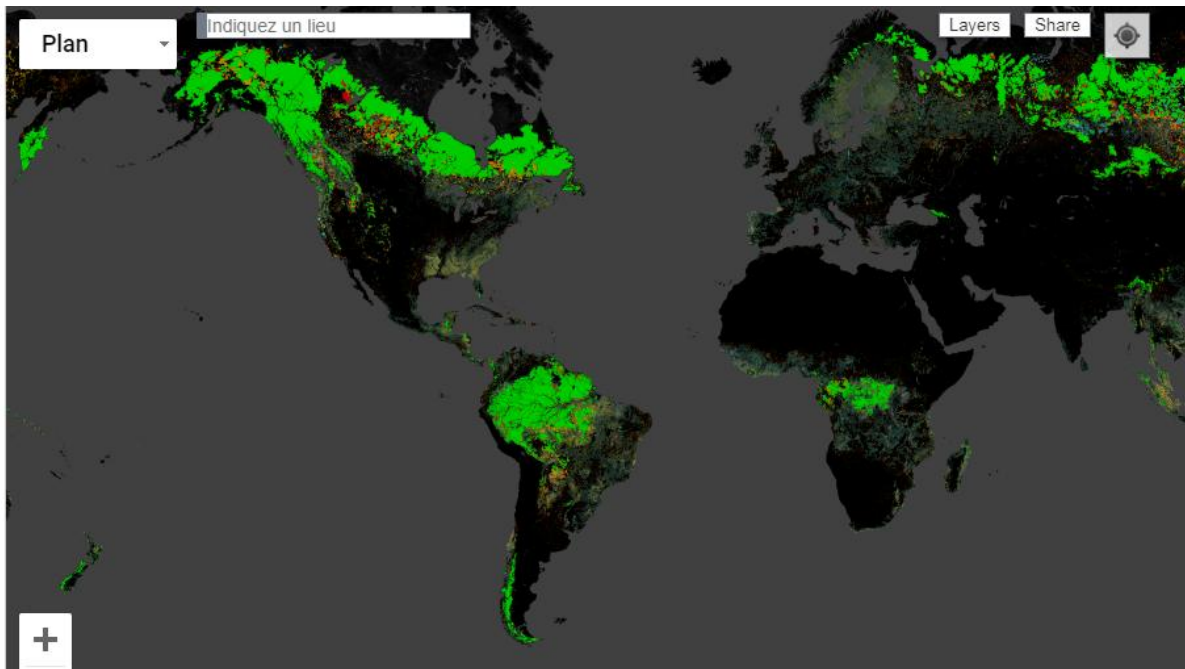
### La déforestation s'accélère dans le monde

Il y a 4 siècles, 66 % des terres étaient recouvertes de forêt, aujourd'hui, seulement un tiers. Alors qu'en 1990 les forêts couvraient environ 4,128 milliards d'hectares ou 31,6 % de la superficie mondiale des terres, en 2015 elles ne couvraient plus que 3,999 milliards d'hectares ou 30,6 pour cent des terres, selon le rapport 2015 de la FAO. Selon le World Resources Institute, 80% de la couverture forestière mondiale originelle à été abattue ou dégradée, essentiellement au cours des 30 dernières années.

De 1990 à 2000, plus de 14,2 millions d'hectares de forêts ont disparu chaque année avec des conséquences quasi irréversibles à notre échelle. Cette tendance s'est alourdie puisque de 2000 à 2012, 23 millions d'hectares de forêts ont été détruits.

Au total, quelque 129 millions d'hectares de forêts - une superficie presque équivalente en taille à l'Afrique du Sud - ont été perdus depuis 1990, selon l'étude exhaustive de la FAO intitulée Evaluation des ressources forestières mondiales 2015.

Le taux annuel net de pertes de forêts s'est ralenti passant de 0,18 % dans les années 1990 à 0,08 % au cours de la période 2010-2015 où il a été enregistré une perte annuelle de 7,6 millions d'ha et un gain annuel (reboisement) de 4,3 millions d'ha, pour une diminution annuelle nette de la superficie forestière de 3,3 millions d'ha.



Cette cartographie exceptionnelle de la déforestation nous permet de mesurer son importance et son évolution depuis l'année 2000. Elle est mise à jour chaque année.

La déforestation se manifeste par des coupes rases mais aussi par d'imposants incendies quasi permanents qui sont visibles depuis les satellites, comme en témoigne la carte mondiale des incendies qui localise bien les foyers d'incendies, là où se trouvent les dernières forêts de la planète...

## **1. Les causes de la déforestation**

- **L'expansion agricole**

L'expansion agricole est la principale cause de déboisement dans le monde : les plantations de palmiers à huile, le développement des cultures pour nourrir les animaux d'élevage, l'exploitation minière de métaux et de minéraux précieux constituent des causes majeures de déboisement.

Beaucoup de petits agriculteurs pauvres et itinérants, participent aussi à la déforestation : ils défrichent et brûlent la forêt pour ensemercer de petites parcelles de terres.



Ainsi, au Brésil, les forêts primaires sont détruites pour cultiver le soja qui alimente notre bétail et la canne à sucre pour produire du bioéthanol, tandis qu'en Indonésie, elles sont rasées pour l'huile de palme qui inonde déjà les produits de nos supermarchés et est incorporée massivement dans le gazole de nos voitures.

L'expansion agricole est également la conséquence de l'accroissement démographique de la population mondiale.

Dans le même temps, les populations autochtones - les meilleurs garants de la biodiversité - sont réprimées violemment et leurs terres sont spoliées par les éleveurs locaux soutenus par les autorités.

- **L'extraction des combustibles fossiles**

L'extraction du pétrole et du gaz affecte également les milieux forestiers, endommagés par les forages et la pose de pipelines, sans parler des fuites régulières de pétrole ou l'exploitation des sables bitumineux...

La forêt française, première forêt d'Europe occidentale en terme de superficie, représente de loin le principal gisement pour la biomasse solide. Ainsi, l'exploitation de la forêt fournit du bois-énergie qui est utilisé par les ménages dans les cheminées individuelles, dans des chaufferies collectives pour le chauffage urbain, pour l'industrie et l'agriculture. Malheureusement, la forêt est alors considérée comme une simple ressource énergétique, sans considération pour sa valeur écologique (biodiversité, rôle contre les risques naturels...).

- **L'exploitation illégale du bois**

L'exploitation illégale du bois joue également un rôle important dans la déforestation. Et l'Europe a une forte responsabilité dans cette dégradation puisque près d'un quart de ses importations de bois sont présumées d'origine illégale. La France quant à elle importerait 39 % de bois tropicaux d'origine illégale selon le WWF. La France est un acteur majeur dans la déforestation tropicale humide primaire notamment en Afrique centrale et en Afrique de l'Ouest (F. Hallé)

Les recherches du PNUE et d'Interpol soulignent qu'entre 50 et 90 pour cent de l'exploitation forestière dans les pays tropicaux clés du bassin de l'Amazone, d'Afrique centrale et d'Asie du Sud-est, est le fait du crime organisé.

## **2. La reforestation permet-elle de compenser la déforestation ?**

---

Bien sûr, ces pertes sont en partie compensées par le reboisement. Malheureusement le déclin s'accélère et **la reforestation ne peut compenser**, dans un temps court, les pertes d'espèces (dont la valeur peut être inestimable) qui vivaient dans les forêts originelles. De plus, le

reboisement volontaire masque trop souvent la plantation d'espèces qui ne sont pas adaptées à leur milieu ou qui ne favorisent pas une biodiversité riche (à cause d'une monoculture).

D'importantes opérations de reforestation sont menées dans certains pays comme l'illustre le record mondial de l'Inde qui a planté 66 millions d'arbres en juillet 2017 !

### **3. Les conséquences de la déforestation**

- **La perte de la biodiversité**

Les forêts hébergent plus de 80 pour cent de la biodiversité terrestre et représentent l'un des derniers refuges pour de très nombreuses espèces animales et végétales. C'est pourquoi, la déforestation est une catastrophe aussi bien pour l'Homme que pour les autres espèces puisque on estime que 27 000 espèces animales et végétales disparaissent chaque année à cause d'elle. Cette perte de biodiversité, qui peut être irréversible, coupe l'humanité de services et ressources inestimables. En effet, les systèmes alimentaires sont fortement dépendants de la biodiversité et une proportion considérable de médicaments est directement ou indirectement d'origine biologique.

Ainsi, les forêts tropicales fournissent une panoplie de plantes médicinales servant aux soins de santé. 80% des habitants des pays en développement dépendent des médicaments traditionnels: 50% d'entre eux proviennent de la forêt. Et plus d'un quart des médicaments modernes sont tirés des plantes forestières tropicales !

- **L'aggravation des maladies**

**Contrairement aux idées reçues, les forêts réduisent les maladies infectieuses.** Les forêts tropicales non perturbées peuvent exercer un effet modérateur sur les maladies provoquées par les insectes et les animaux. Autrement dit, "le déboisement des forêts primaires reste l'une des causes principales de l'apparition de nouveaux agents infectieux et de leur circulation épidémique dans les populations humaines", souligne l'IRD.

40 % de la population mondiale vit dans des régions infestées par le paludisme. Or, dans les zones fortement déboisées, le risque de contracter cette maladie est 300 fois plus élevé que dans les zones de forêt intacte !

72 % des maladies infectieuses émergentes transmises par les animaux à l'homme sont propagés par des animaux sauvages par rapport aux animaux domestiques. Les zones déboisées augmentent le contact entre la faune sauvage et l'homme et influencent la transmission d'agents pathogènes.

- **La disparition des coraux**

Bien que le lien de cause à effet ne soit pas évident de prime abord, la disparition fulgurante des forêts aboutit à une augmentation du transport des sédiments dans les rivières qui finissent

par rejoindre les mers et océans. Cela a un impact sur la turbidité de l'eau et diminue significativement la pénétration de la lumière, affectant directement la photosynthèse des algues, ce qui a une répercussion directe sur la dénutrition des coraux.

- **L'aggravation des catastrophes naturelles**

Les forêts sont indispensables à la structure et la qualité des sols. En effet, le couvert forestier protège de la dégradation des terres et la désertification en stabilisant les sols, en réduisant l'érosion hydrique et éolienne et en maintenant le cycle des nutriments dans les sols.

Un sol dénudé n'apporte plus la protection nécessaire contre les pluies violentes qui vont donc favoriser les glissements de terrain et les inondations dans les vallées.

Ce phénomène s'illustre particulièrement à Haïti où plus de 90 % des arbres y ont été abattus, essentiellement pour faire du charbon de bois. Sans racines ni feuillages, il n'y a rien pour retenir l'eau dans les localités situées au niveau de la mer, qui subissent alors des coulées de boue meurtrières.

Autre exemple : lors de la mousson en Indonésie, d'octobre à avril, les glissements de terrain et inondations sont alors fréquents et parfois très meurtriers. Normalement, la végétation de l'île permettait en partie de contenir ces forts ruissellements, évitant ou diminuant ainsi les inondations et les coulées de boues. Cependant, l'Indonésie est victime d'une déforestation massive et donc d'une érosion de ses sols qui ne parviennent plus à jouer efficacement leur rôle absorbant.

Les forêts de mangroves jouent un rôle de barrière contre les tsunamis, les cyclones et les ouragans.

## Chapitre V

### **Destruction de la couche d'ozone sous l'action de CFC (Chlorofluorocarbones)**

L'ozone est une molécule composée de trois atomes d'oxygène (O<sub>3</sub>). Présente dans l'atmosphère de la Terre en quantité réduite, principalement entre 20 et 50 km d'altitude, cette espèce joue pourtant un rôle essentiel en filtrant de façon significative la radiation solaire ultraviolette nocive pour les cellules des êtres vivants et réduisant la photosynthèse des plantes; l'ozone intervient également dans la stabilisation de la stratosphère en limitant les échanges verticaux dans cette région de l'atmosphère.

On trouve également de l'ozone dans la troposphère. Sa présence est au contraire indésirable dans cette portion de l'atmosphère. En effet, il constitue un polluant des basses couches et présente un danger potentiel pour la santé humaine et la végétation (voir Blin et al. 2007. La pollution photochimique, rapport analytique 2006-2007 sur l'état de l'environnement wallon, 332-341). Il est apparu avec de plus en plus d'évidence au cours des dernières décennies que l'atmosphère de la Terre, qui conditionne et influence au travers de maints processus la vie des organismes présents à sa surface, est loin d'être une entité inaltérable. L'augmentation de la population mondiale et l'industrialisation croissante, particulièrement au cours du XXe siècle, ont en effet eu des impacts importants et dommageables sur l'environnement. Ainsi, bien au-delà de la dégradation de la qualité de l'air résultant de la pollution des zones urbaines, perceptible immédiatement par tout un chacun et ayant un impact défavorable tant sur la qualité de la vie que sur la santé, il faut se préoccuper plus encore de processus conduisant à des changements progressifs subtils et insoupçonnés jusqu'à il y a peu, et dont

Les effets pourraient être irréversibles à l'échelle planétaire. Les exemples en sont nombreux :

- rejet massif de gaz à effet de serre qui conduisent à un réchauffement global et à des perturbations du climat,
- utilisation intensive de produits de synthèse halogénés qui endommagent la couche d'ozone stratosphérique,
- modifications dans l'affectation des sols (déforestation, assèchement de zones marécageuses) qui perturbent elles aussi les équilibres complexes du système climatique,

L'atmosphère terrestre constitue une des composantes de l'écosystème terrestre, aux côtés de la biosphère continentale, marine, des océans,... Des nombreuses interactions qui les lient naît

un équilibre fragile qu'il convient de préserver afin d'assurer la pérennité de chacune de ces entités.

Les CFC sont des dérivés chlorés et fluorés d'hydrocarbures simples comme le méthane.

Les CFC sont de gaz à température et pression normale. Ils sont constitués d'atomes de chlore et de fluor, de carbone et d'hydrogène.

### **Origine**

Les CFC sont des composés produits par l'homme.

Ils sont utilisés comme :

- gaz propulseur dans les aérosols ;
- agent de réfrigération les congélateurs et réfrigérateurs ;
- agent de climatisation dans les climatiseurs ;
- agent gonfleur dans certaines mousses rigides utilisés dans les emballages ;
- isolants

### **Mécanismes**

Les CFC sont impliqués dans deux mécanismes différents qui engendrent deux pollutions différentes et bien connues.

Le premier mécanisme est la destruction de la couche d'ozone.

Le second mécanisme est l'effet de serre.

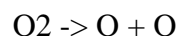
#### **Premier mécanisme : la destruction de la couche d'ozone**

L'ozone stratosphérique ne doit pas être confondu avec l'ozone troposphérique.

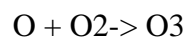
L'ozone stratosphérique est situé à environ 30 km de la surface de la terre, cette couche d'ozone de très haute altitude nous protège de certains rayonnements ultraviolets.

Sa formation se fait à partir du dioxygène sous l'action de la lumière solaire.

1) Sous l'action de la lumière, les molécules de dioxygène se dissocient pour donner deux atomes d'oxygène



2) Ces atomes d'oxygène réagissent avec des molécules de dioxygène pour former des molécules d'ozone

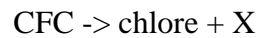


Mécanismes qui mènent à la destruction de la couche d'ozone.

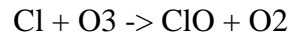
Cette couche d'ozone est dégradée par certaines molécules comme les CFC mais aussi comme les halons (analogues aux CFC mais le chlore est remplacé par le brome) ou le bromure de méthyle.

Les CFC dégagés par les activités humaines montent lentement dans la haute atmosphère. Ils atteignent la stratosphère au bout de 10 ans.

1) Sous l'action de la lumière ils libèrent leurs atomes de chlore



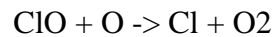
2) Le chlore libéré réagit avec l'ozone pour donner de l'oxyde de chlore et du dioxygène  
chlore + ozone  $\rightarrow$  oxyde de chlore + dioxygène



### **L'ozone disparaît.**

3) Mais le phénomène s'autoentretient, puisque l'oxyde de chlore ainsi dégagé réagit avec l'oxygène pour redonner des atomes de chlore.

oxyde de chlore + oxygène  $\rightarrow$  chlore + dioxygène



Le chlore ainsi dégagé peut réagir avec l'ozone et ainsi entretenir un cycle.

Les CFC agissent comme des catalyseurs de la destruction de la couche d'ozone. Ils activent les réactions.

### **Pollutions dues à la disparition de la couche d'ozone**

La couche d'ozone disparaît peu à peu.

Elle ne peut donc plus filtrer les rayons UV les plus énergétiques (les UVB).

Ceux-ci peuvent déterminer des modifications d'une molécule biologique essentielle : l'ADN (Acide désoxyribonucléique) qui est le support de l'information génétique dans les cellules. Ces modifications peuvent être à l'origine de cancers de la peau. Le nombre de ces cancers a augmenté depuis la découverte d'un trou dans la couche d'ozone au dessus de l'Antartique (pôle sud) en 1985.

Les UVB sont également à l'origine de changements de la réponse immunitaire de l'homme et des animaux. Les individus sont alors plus sensibles aux maladies infectieuses de la peau et sont plus sujets au développement de cancers cutanés notamment de mélanomes.

Les systèmes aquatiques peuvent également être touchés. En effet, la fécondité et le développement des larves des poissons et des crustacés sont perturbés par les rayonnements UVB. La croissance des plantes aquatiques nécessaires à l'alimentation des animaux marins est également perturbée. Il s'en suit un déficit de certaines espèces et donc un déséquilibre dans le réseau trophique (l'écosystème).

## **Second mécanisme : l'effet de serre**

Le mécanisme de l'effet de serre

Le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) est un gaz, dans les conditions normales de température et de pression, les molécules sont constituées d'atomes d'oxygène (O) de carbone (C). Il est indispensable à la vie car il participe au mécanisme de la photosynthèse.

### **Origines**

Le dioxyde de carbone provient de plusieurs sources :

- **Naturelle :**
  - La respiration des êtres vivants;
  - La décomposition de la matière organique morte.
- **Artificielle :** (due aux activités humaines)
  - La combustion des combustibles fossiles (automobiles, centrales thermiques);
  - La déforestation tropicale (s'il y a moins d'arbres, moins de dioxyde de carbone est utilisé pour la photosynthèse).

### **Mécanisme**

Selon certains scientifiques, au delà d'une certaine concentration dans l'atmosphère, le CO<sub>2</sub> participe au mécanisme qui engendre **l'effet de serre:**

Durant la journée, la terre reçoit des rayonnements solaires qui réchauffent le sol et l'atmosphère. Au cours de la nuit, le sol renvoie un rayonnement infrarouge que l'on peut assimiler à un renvoi de la chaleur accumulée le jour. Les gaz à effet de serre présents dans l'atmosphère absorbent ces rayons infrarouges (ils ne peuvent pas s'échapper vers l'espace). La couche de gaz emmagasine ainsi de l'énergie avant de la réémettre sous forme de chaleur qui est piégée dans l'atmosphère.

Les gaz à effet de serre agissent donc comme les vitres d'une serre; l'augmentation de la concentration de ces gaz dans l'atmosphère provoque une augmentation de la température.

L'effet de serre est un phénomène naturel qui permet à la vie de subsister sur terre. En l'absence de ce phénomène, la température à la surface du globe serait de -18°C.

L'augmentation de la concentration de dioxyde de carbone serait responsable de 55% de l'augmentation de l'effet de serre, d'autres gaz sont également responsables de ce dérèglement, comme, la vapeur d'eau (H<sub>2</sub>O), le méthane (CH<sub>4</sub>) ou encore le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O).

### **Pollutions engendrées**

Les problèmes engendrés par une accentuation de l'effet de serre sont:

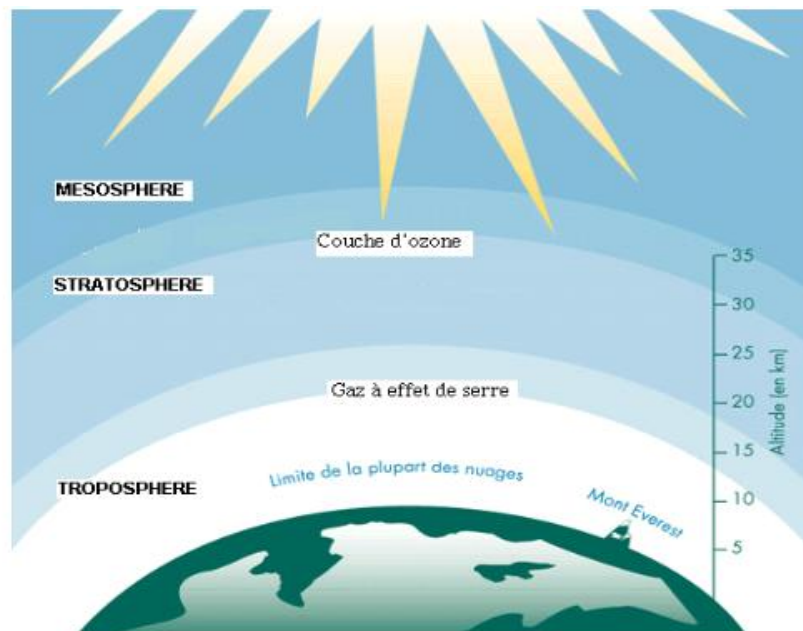
- Le réchauffement de la planète (entre 1,5 et 6°C) avec les risques associés : fonte des calottes glacières, hausse du niveau de la mer. Certaines régions risquent fortement d'être inondées (polders au Pays-Bas par exemple);
- Le bouleversement des climats avec des perturbations du régime des précipitations.

➤ **Différences entre Effet de Serre et Destruction de la Couche d'Ozone**

L'effet de serre et la destruction de la couche d'ozone sont deux problèmes différents.

Les gaz à effet de serre qui en quelque sorte "emprisonnent" la chaleur, se situent dans la troposphère : à environ 10 km de la surface de la Terre.

La couche d'ozone qui nous protège des rayons ultraviolets (UV) se trouve dans la stratosphère : à environ 30 km de la surface de la Terre.



Les gaz à effet de serre et la couche d'ozone ne se situent pas au même endroit dans l'atmosphère terrestre.

**Effet de serre :**

L'effet de serre et la destruction de la couche d'ozone sont donc deux phénomènes très différents qui n'engendrent pas les mêmes pollutions.

Gaz responsables de l'effet de serre :

- La vapeur d'eau
- Le dioxyde de carbone
- Le méthane
- Le protoxyde d'azote
- L'ozone troposphérique



- Les CFC (chlorofluorocarbones)

L'effet de serre engendre une hausse des température qui mène à :

- la fonte des glaces polaires qui engendre une hausse du niveau de la mer ce qui peut entraîner des inondations
- un bouleversement des climats (davantage de régions désertiques...etc.)

### **Destruction de la couche d'ozone :**

Gaz reponsible de la destruction de la couche d'ozone :

- Les CFC (chlorofluorocarbones)
- Les Halons gaz contenant du brome
- Les solvants chlorés

La destruction de la couche d'ozone engendre une augmentation de rayonnement ultraviolets à la surface de la Terre qui mène à :

- une augmentation des cancers de la peau
- une modification de la flore et de la faune sous marine...etc.

### **Mesures de lutte**

Des mesures de restrictions et de substitution des produits dangereux ont été imposées pour sauvegarder la couche d'ozone.

Les CFC ont ainsi été remplacés par les HCFC (substituts de première génération) qui se sont avérés dangereux. Les substituts de deuxième génération les HFC sont aujourd'hui à l'étude.

Les halons et les bromures de méthyle possèdent des produits de remplacement peu satisfaisant et surtout dangereux eux aussi pour la couche d'ozone.

En ce qui concerne le problème de l'effet de serre, il faut également réduire les émissions de gaz tels que le CO<sub>2</sub>, le méthane.