



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



# MEHmed

MEDITERRANEAN ENVIRONMENTAL  
CHANGE MANAGEMENT  
MASTER STUDY & ECOSYSTEM BUILDING

## Les bases scientifiques du climat et du système climatique

Coordinator

Partners



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

info@mastermehmed.com  
www.mastermehmed.com

PROJECT NUMBER: 598826-EPP-1-2018-1-ES-EPPKA2-CBHE-JP





MASTER STUDY & ECOSYSTEM BUILDING



MASTER STUDY & ECOSYSTEM BUILDING

Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



## Dr. CHOURGHAL Nacira

*Enseignante- Chercheuse*

*Faculté SNV-STU, Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi- Bordj Bou Arreridj, Algérie*

*Directrice du LCVRN Laboratoire de recherche Caractérisation et Valorisation des Ressources Naturelles*

*Responsable de l'équipe de recherche Ressources en Eau et Préservation de l'Environnement*

*Experte volontaire- FAO -MENA region en food losses and waste*

*Spécialité:*

*Changements climatiques, impacts et stratégies d'adaptation*

Coordinator



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

info@mastermehmed.com  
www.mastermehmed.com

PROJECT NUMBER: 598826-EPP-1-2018-1-ES-EPPKA2-CBHE-JP

Partners





Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union



# Les bases scientifiques du climat et du système climatique

## Chapitre III

Coordinator

Partners



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

info@mastermehmed.com  
www.mastermehmed.com

PROJECT NUMBER: 598826-EPP-1-2018-1-ES-EPPKA2-CBHE-JP



1.

# Introduction à l'équilibre climatique et radiatif

## Le climat



La distribution statistique des conditions de l'atmosphère terrestre dans une région donnée pendant une période donnée.

## Caractérisation du climat



Mesures statistiques annuelles et mensuelles sur des données atmosphériques locales

*Exp: température, pression atmosphérique, précipitations, ensoleillement, humidité,, vitesse du vent.*

*Sont également pris en compte leur récurrence ainsi que les phénomènes exceptionnels.*

## 2.

# Le rayonnement et la loi de Stefan-Boltzmann

## Loi de Stefan-Boltzmann



Définit la relation entre le rayonnement thermique et la température d'un objet considéré comme un corps noir.

L'émissivité énergétique d'un corps en  $\text{W/m}^2$  est liée à sa température exprimée en Kelvin par la relation :

$$\chi = \sigma \varepsilon T^4$$



où  $\sigma$  est la constante de Stefan-Boltzmann, et où  $\varepsilon$  l'émissivité est un coefficient sans unité, compris entre 0 et 1, et qui est l'unité pour un corps noir.

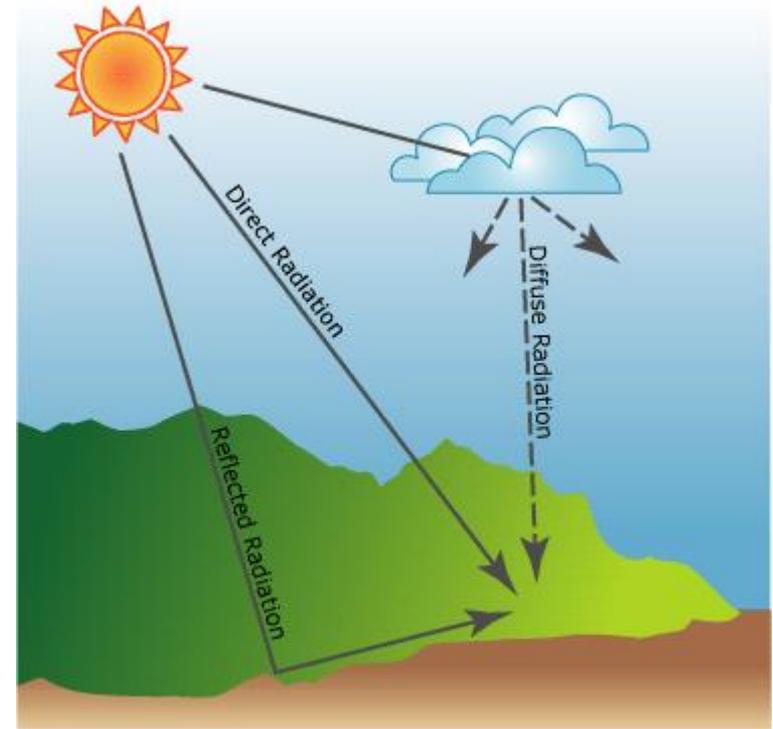
## 3.1.

# Le rayonnement d'origine solaire

Appelé aussi rayonnement global,  **$R_g$** , dont 50% de l'énergie se situent dans **le visible de (0,4 à 0,7)** le reste de cette énergie se situe dans **le proche et moyen infrarouge, de 0,7 à 3 micromètres**, et son rôle est purement calorifique.

Ce rayonnement arrive au sol plus ou moins atténué par l'atmosphère (vapeur d'eau, particules, nuages etc...) sous forme **de rayonnement direct  $I$** , et **d'une partie diffuse  $D$** , liée aux constituants de l'atmosphère et aux nuages.

$$R_g = I \cdot \sin h + D$$

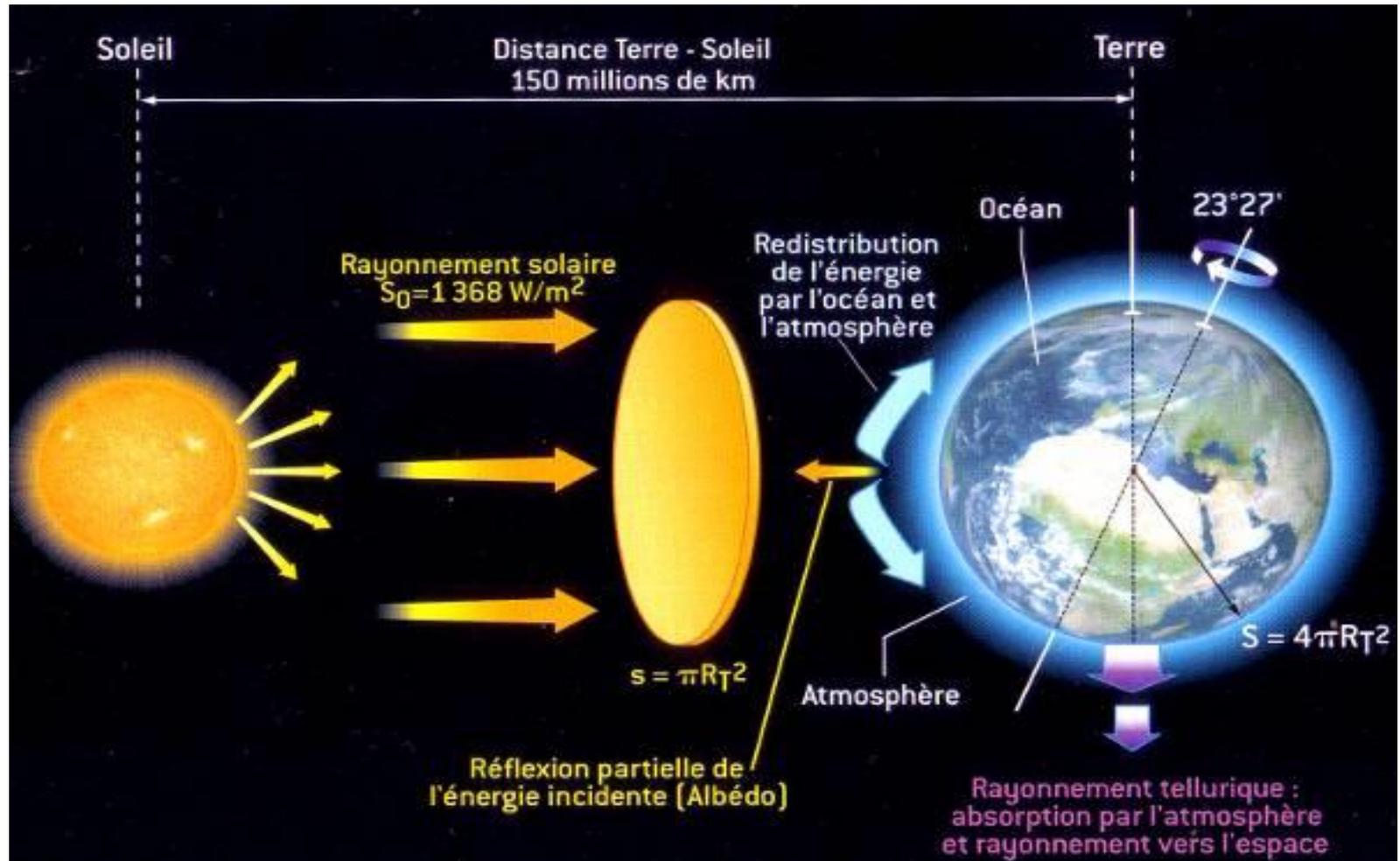


*Ainsi on observe une forte variation de cette énergie solaire en fonction de l'heure de la journée et du moment de l'année*

## 3.2.

# Les rayonnements telluriques

Ce sont ceux qui sont émis par tous les corps ambiants sans exception dont, en particulier, l'atmosphère et les surfaces naturelles (sols, végétations, objets divers, animaux, etc.):



## 3.2.

# Les rayonnements telluriques

*Le rayonnement atmosphérique,  $R_a$ , généralement assez faible car l'atmosphère est toujours un corps assez froid (refroidissement de 1 °C par 100 m dans l'atmosphère) ;*

*le rayonnement des surfaces,  $R_s$ , généralement plus élevé que le précédent car les températures ambiantes sont relativement plus chaudes que l'atmosphère, bien que très variables.*

*Par belle journée, on peut dire que  $R_g$  peut atteindre au moins le double de  $R_s$ , et le triple de  $R_a$ ,*

### 3.3.

## Le Bilan radiatif : le devenir de l'énergie solaire reçue

L'absorption de la partie non réfléchiée du rayonnement solaire (**flèches jaunes**) par l'atmosphère et la surface terrestre réchauffe le système climatique:

Energie absorbée par vapeur d'eau, ozone et poussière (**16%**)

+

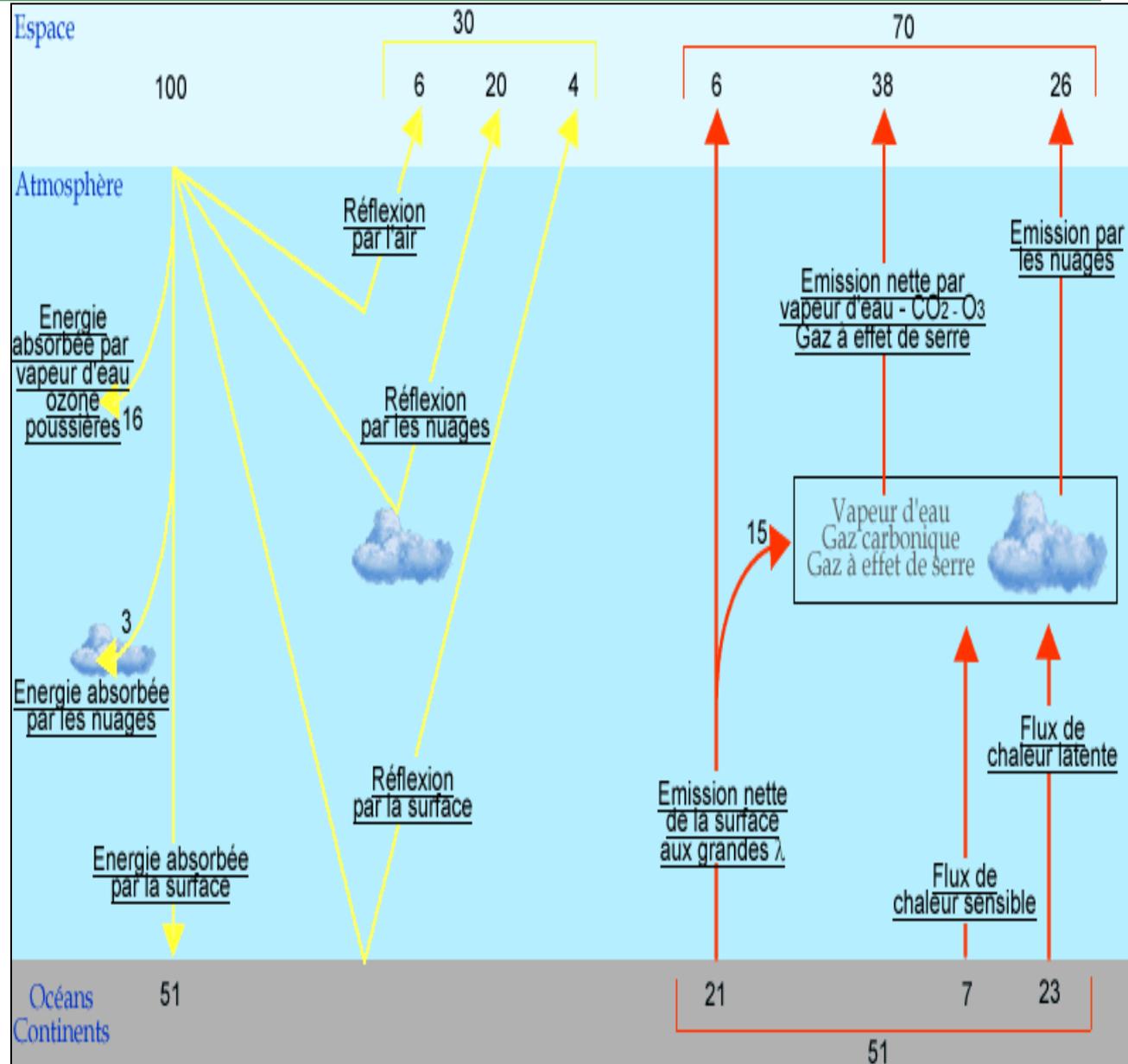
Energie absorbée par les nuages (**3%**)

+

Energie absorbée par la surface (**51%**)

=

**70 %**



Pour se refroidir, ce dernier doit émettre de l'énergie vers l'espace sous forme de rayonnement.

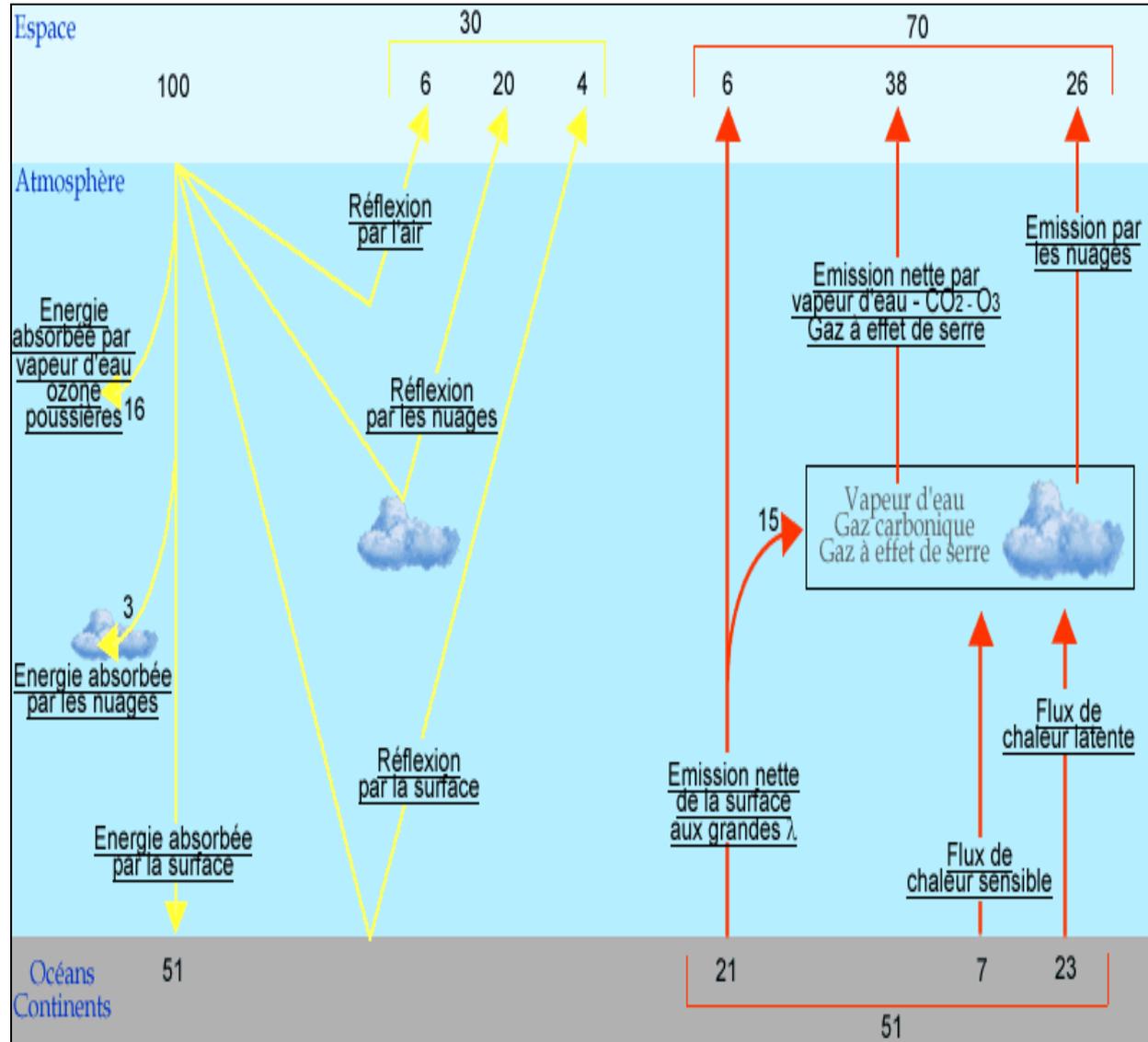
Cette émission provient de la surface elle-même, mais aussi des nuages et de différentes molécules atmosphériques, cette émission s'effectue dans l'infrarouge (**flèches rouges**):

Emission nette de la surface aux grandes  $\lambda$  (**6%**)

+  
Emission nette par vapeur d'eau- CO<sub>2</sub>- O<sub>3</sub>- gaz à effet de serre (**38%**)

+  
Emission par les nuages (**26%**)

**= 70%**



## 3.4.

## 3.3. Bilan radiatif et effet de serre

L'augmentation de la concentration en gaz à effet de serre,

Accentue à la fois l'absorption directe de la lumière infrarouge émise par le Soleil (mais pas forcément l'absorption *globale* Terre-atmosphère)

Forçage radiatif consécutif à l'absorption de l'énergie provenant de la Terre

La quantité d'énergie absorbée par le système Terre/océan-atmosphère devient légèrement supérieure à celle réémise vers l'espace

L'augmentation globale de la température est entraînée par un léger déséquilibre du bilan radiatif

**Le phénomène de réchauffement climatique**

4.

## 4. Circulation atmosphérique

La **circulation atmosphérique** se caractérise par le mouvement à l'échelle planétaire des différentes masses d'air entourant la terre ce qui redistribue l'énergie solaire en conjonction avec la circulation océanique.

Ainsi, comme la **Terre** est un sphéroïde, la radiation **solaire** incidente au sol varie entre un maximum aux régions faisant face directement au Soleil, situé selon les saisons plus ou moins loin de l'équateur, et un minimum à celles très inclinées par rapport à ce dernier proches des Pôles.

La radiation thermique réémise par le sol est proportionnelle à la quantité d'énergie reçue ce qui génère un réchauffement différentiel entre les deux régions

a. zones de circulation des vents entre l'équateur et chaque pôle

**Zone de Hadley**

- **Situation:**

l'équateur et 30 degrés N et S

- **Caractéristiques:**

vents réguliers appelés les **alizés** soufflant du nord-est dans l'hémisphère nord et du sud-est dans celui du sud

**Zone de Ferrel**

- **Situation:**

latitudes moyennes

- **Caractéristiques:**

des systèmes dépressionnaires transitoires sous une circulation d'altitude généralement d'ouest

**Les cellules polaires**

- **Situation:**

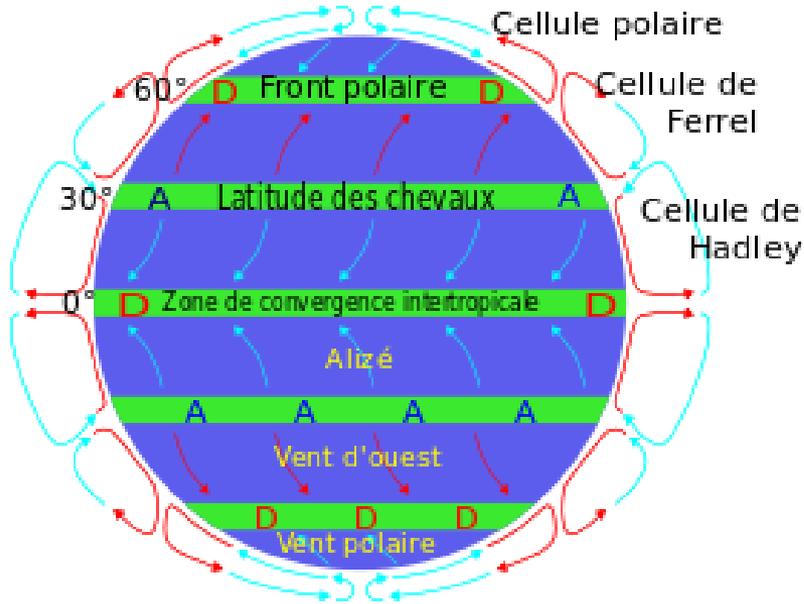
respectivement au nord et au sud des 60<sup>ème</sup> parallèles nord et sud

**Caractéristiques:**

circulation de surface généralement d'est.

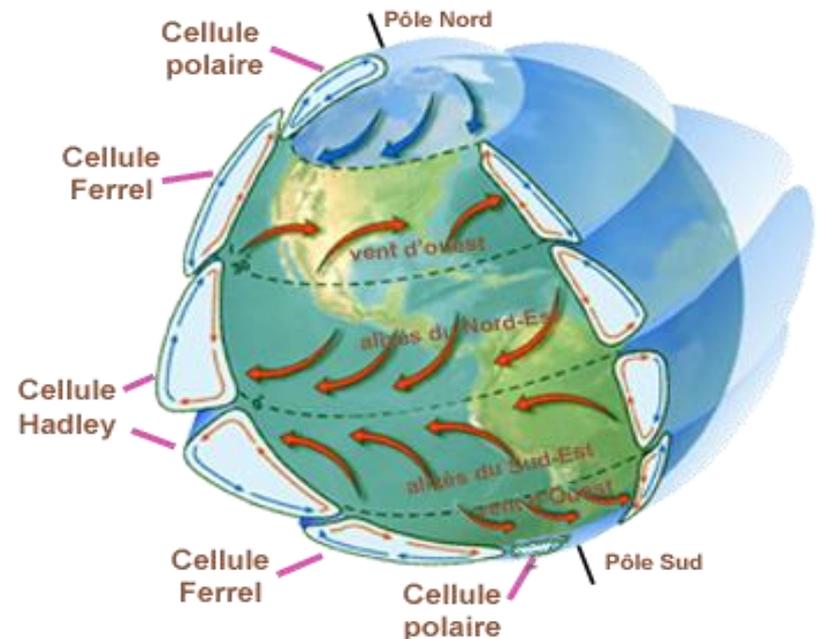
## 4.1.

# Caractéristiques de la circulation selon la latitude



*Ces dernières sont influencées par la différence de friction des surfaces, par la capacité d'absorption et de relâchement différentielle de chaleur entre les océans et la terre, ainsi que par le cycle diurne d'ensoleillement.*

*Les cellules de Hadley, Ferrel et polaire donnent une idée générale de la circulation atmosphérique. Cependant, les effets locaux sont très importants et modulent ces circulations et créent des sous-cellules.*

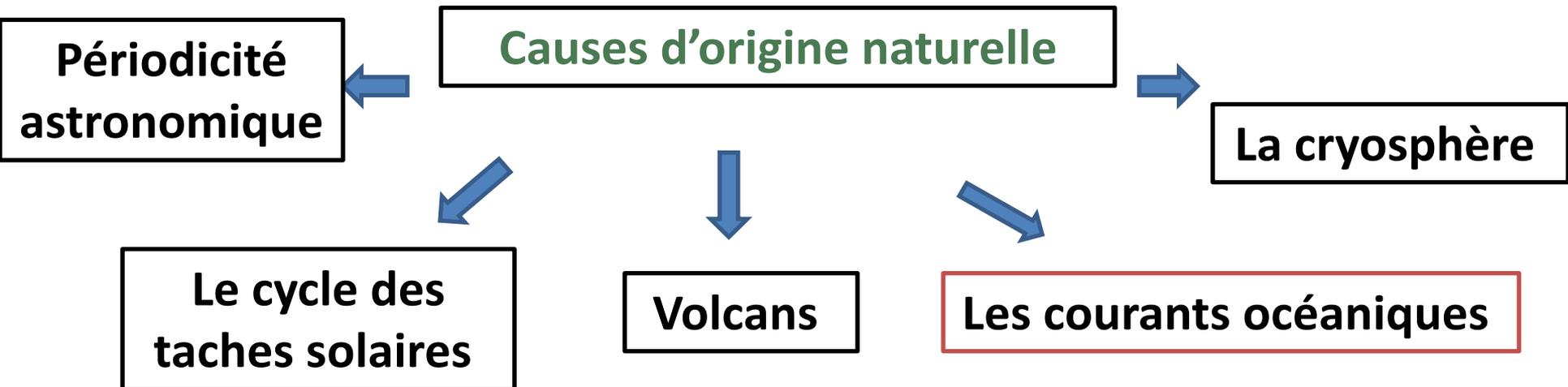


## 5.

# Causes du changement climatique

Le changement climatique est le résultat d'une dynamique entre un ensemble de différents facteurs dont la contribution dépend surtout de l'importance de leurs actions dans le temps.

Les causes du changement climatique peuvent être d'origine **naturelle (externes)** ou **anthropique (internes)**.



- 1. Périodicité astronomique**
- 2. Le cycle des taches solaires**
- 3. Volcans**
- 4. Les courants océaniques**
- 5. La cryosphère**

## 5.1.1. Périodicité astronomique

A long terme, l'orbite de la terre autour du soleil est influencée par l'interaction gravitationnelle de la lune et d'autres planètes à l'origine des « **forces des marées** ».

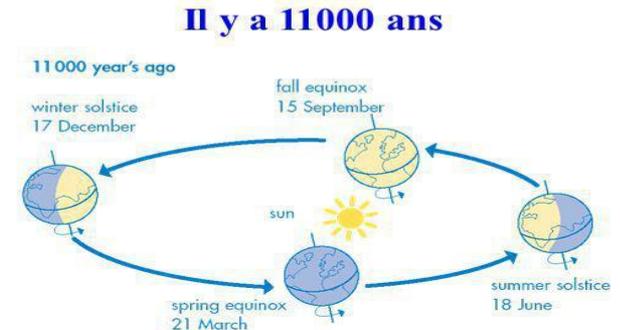
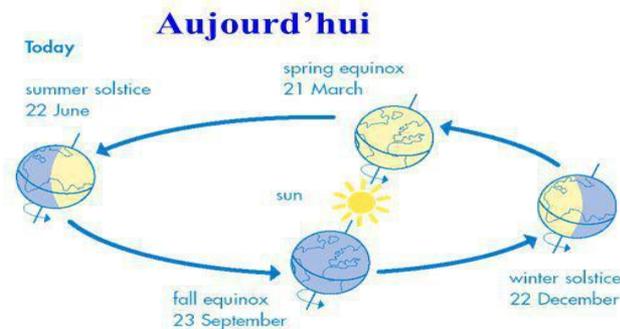
**Une perturbation de l'orbite terrestre est climatiquement très importante car elle contrôle la distribution saisonnière et latitudinale du rayonnement solaire.**

Elle peut entraîner des changements climatiques importants à différentes échelles de temps et est considérée d'après plusieurs études à l'origine de l'âge de .

### Facteurs extérieurs au système climatique: paramètres orbitaux



Paramètre orbital : précession



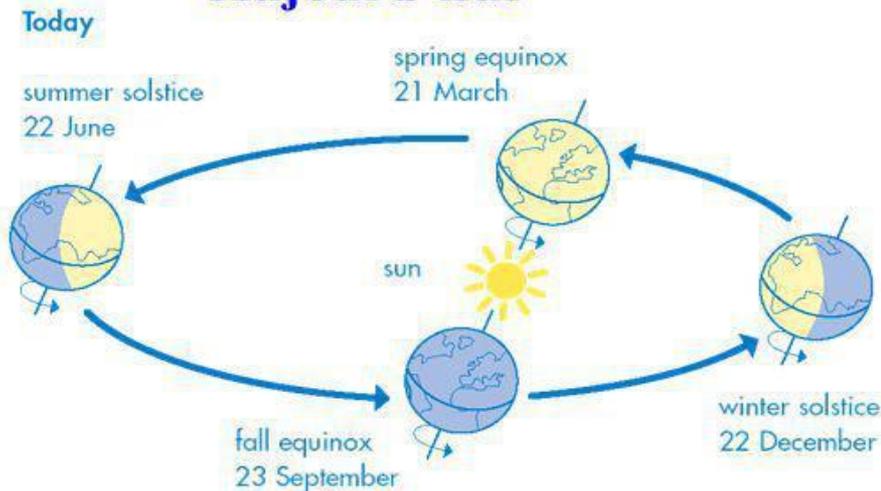
## 5.1.1. Périodicité astronomique

# Facteurs extérieurs au système climatique: paramètres orbitaux

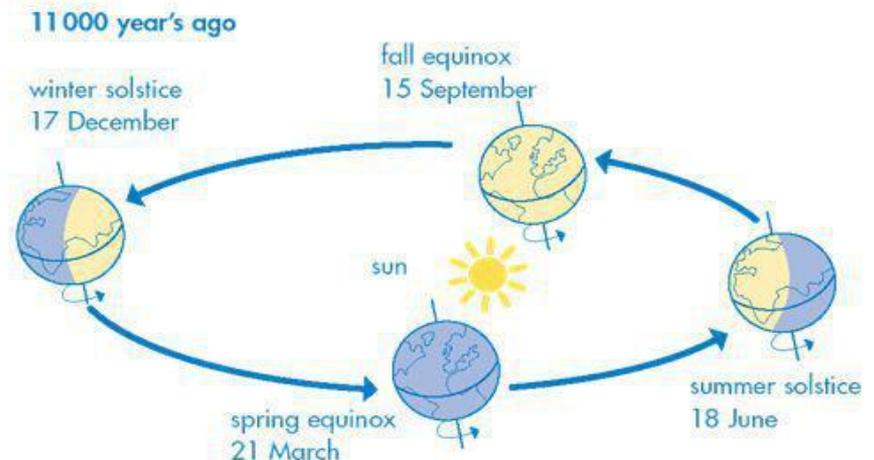


Paramètre orbital : précession

**Aujourd'hui**



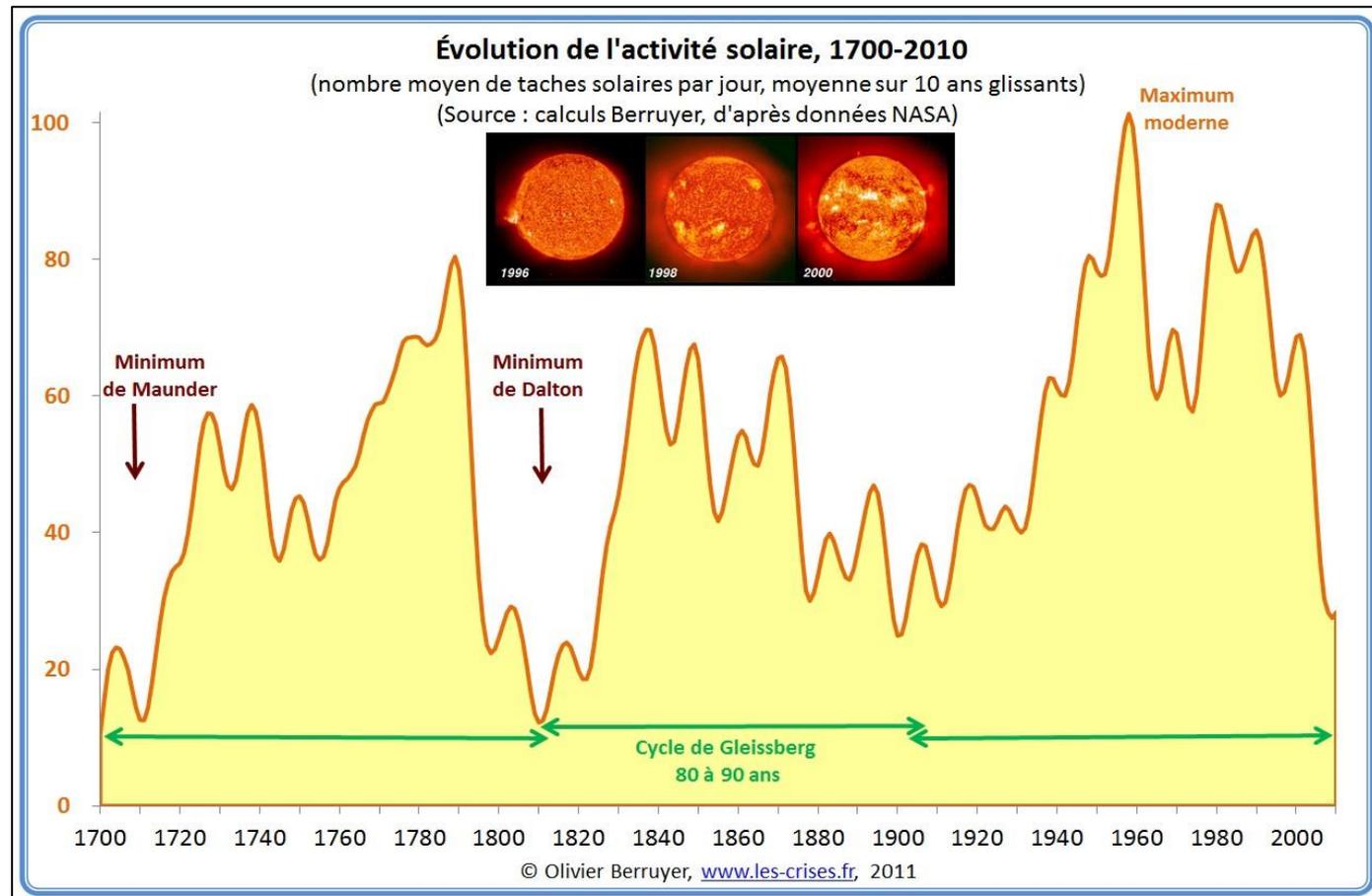
**Il y a 11000 ans**



## 5.1.2. Le cycle des taches solaires

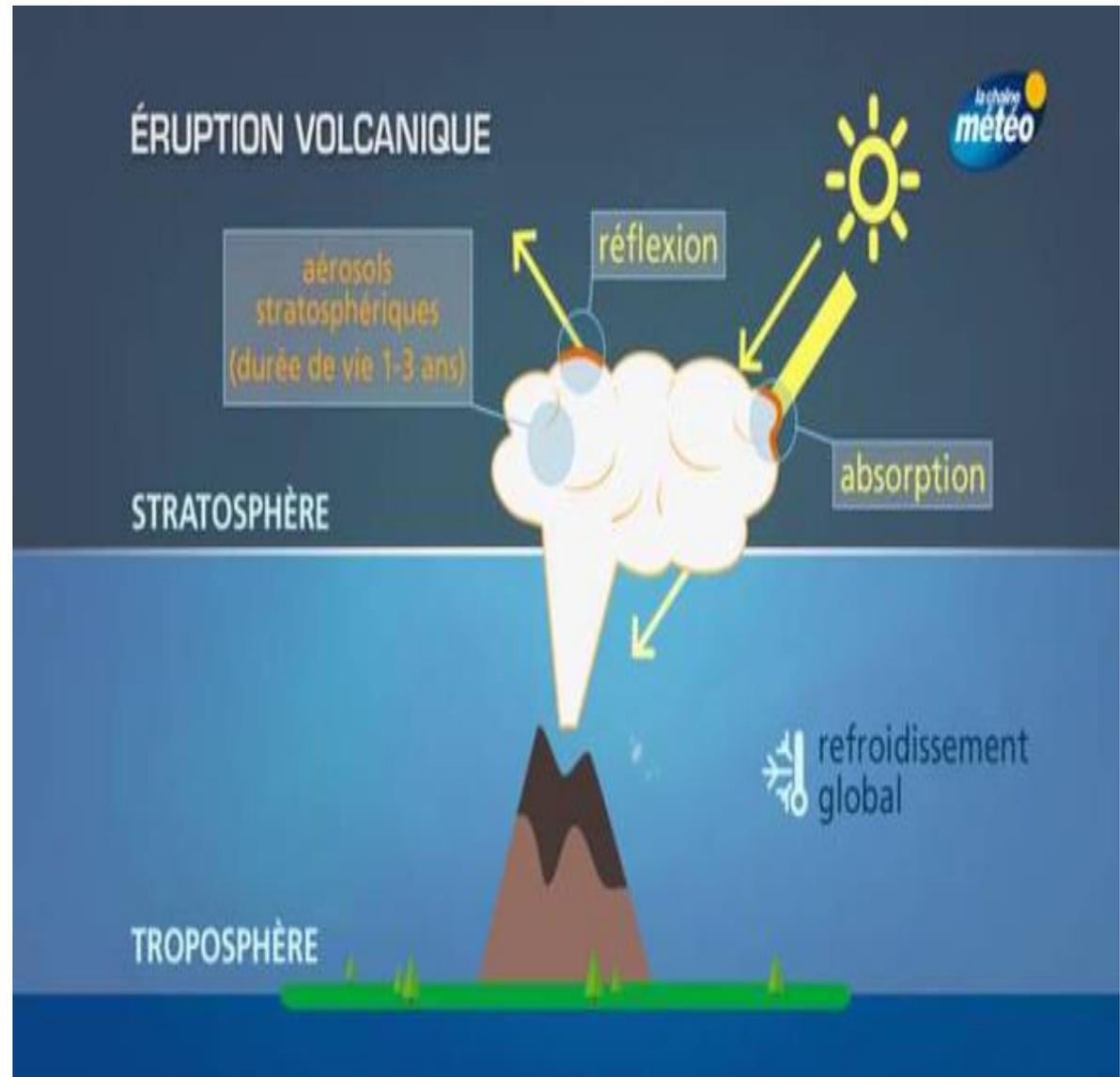
La variation de la quantité d'énergie produite par le soleil est l'une des causes externes les plus connues du changement du climat de la terre. Le soleil manifeste des signes énergétiques variés sous forme de taches solaires connues sous le nom de « **sunspots** ».

Ces taches solaires **varient régulièrement en nombre, en taille et en durée**, et sont positivement corrélées à la quantité d'énergie produite par le soleil .



## 5.1.3. Les volcans

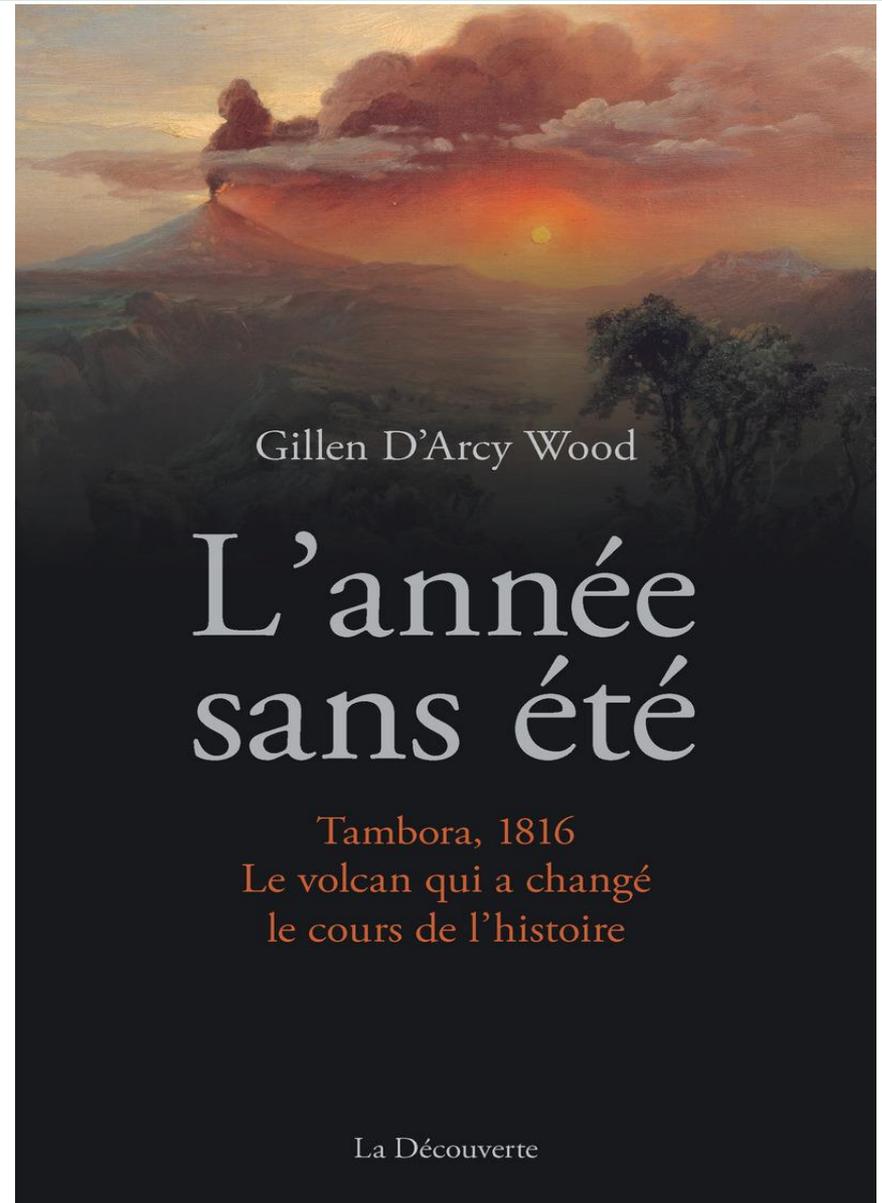
Les éruptions volcaniques explosives peuvent injecter dans l'atmosphère des millions de tonnes de poussière et de cendre. Cette poussière absorbe le rayonnement solaire et provoque donc un réchauffement des niveaux supérieurs de l'atmosphère (stratosphère), mais induit à l'inverse un refroidissement à faible altitude.



## 5.1.3.

## Les volcans

L'éruption du Tambora au sud-est de l'Asie par exemple a causé un vaste refroidissement global et une « année sans été » en Europe.

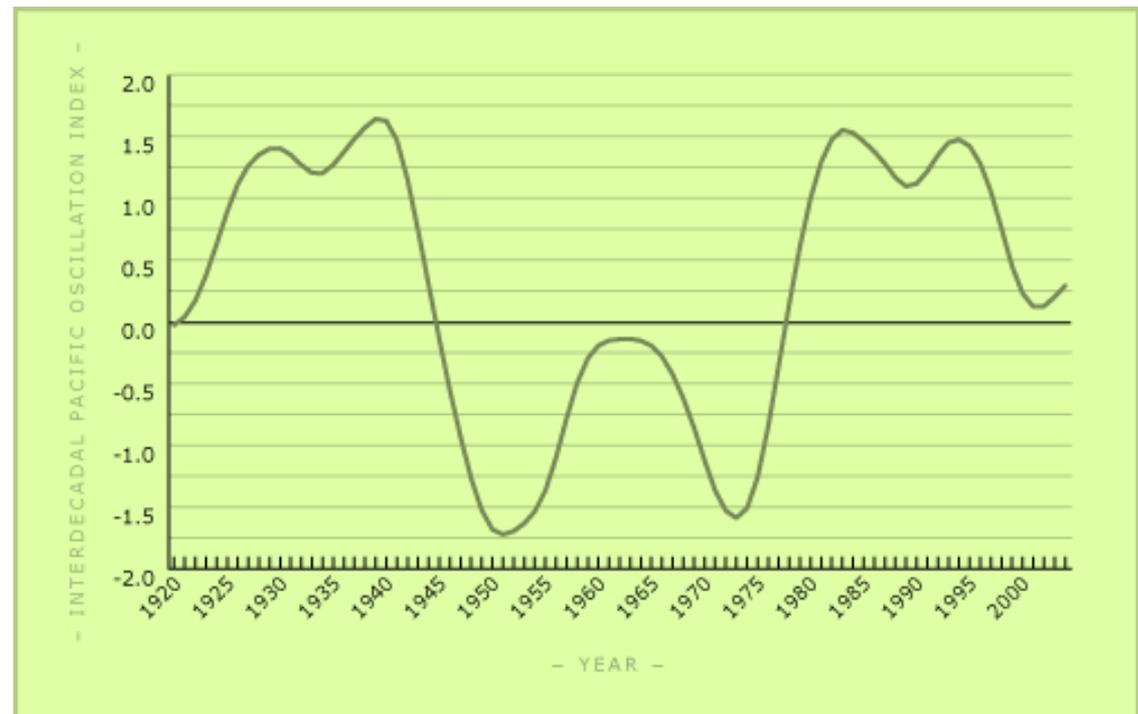


## 5.1.4.

# Les courants océaniques

Les courants océaniques jouent un très grand rôle dans le transport d'énergie à plus haute altitude, ce qui signifie que tout changement dans cette composante impliquera inévitablement d'importants changements dans le climat. Ces changements peuvent avoir lieu à une échelle de temps décadaire tel que « l'Oscillation Pacifique Inter-décadaire »

*L'OPI est une variabilité naturelle du climat, y compris la température de la mer, sur des décennies. Ce graphique montre les variations de l'indice dérivé des températures globales de surface de la mer. La Nouvelle-Zélande a connu un refroidissement climatique important en 1950 et à nouveau en 1977, après quoi le modèle est passé à une phase plus chaude.*



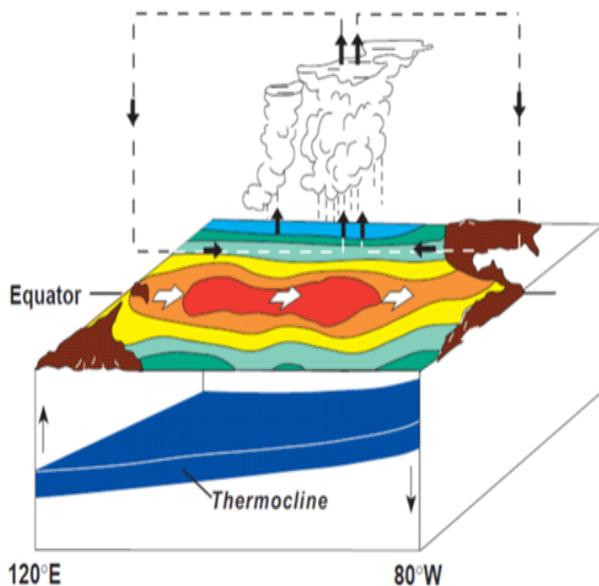
l'Oscillation Pacifique Inter-décadaire, 1920–2000

## 5.1.4.

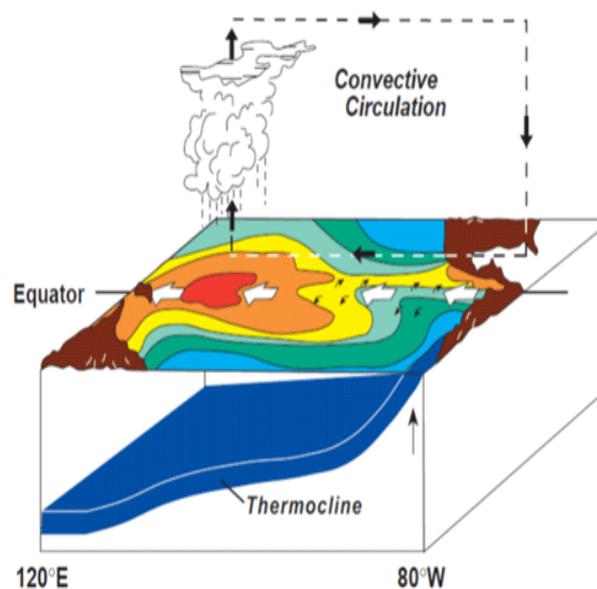
# Les courants océaniques

Elle peuvent peuvent aussi être quasi-annuels tel que « El-Niño/Southern Oscillation (ENSO) » et les « oscillations Nord Atlantique » (NAO) », où les variations de la température de la surface de la mer et du vent affectent dramatiquement le climat et par conséquent la biosphère.

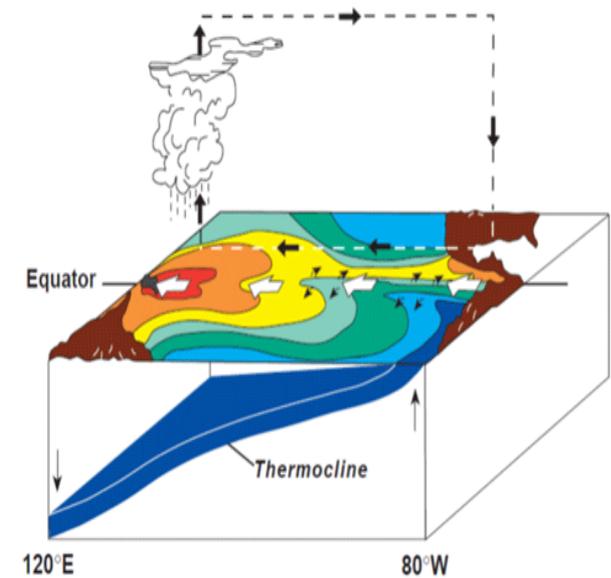
El Niño Conditions



Normal Conditions



La Niña Conditions



## 5.1.4.

# La cryosphère

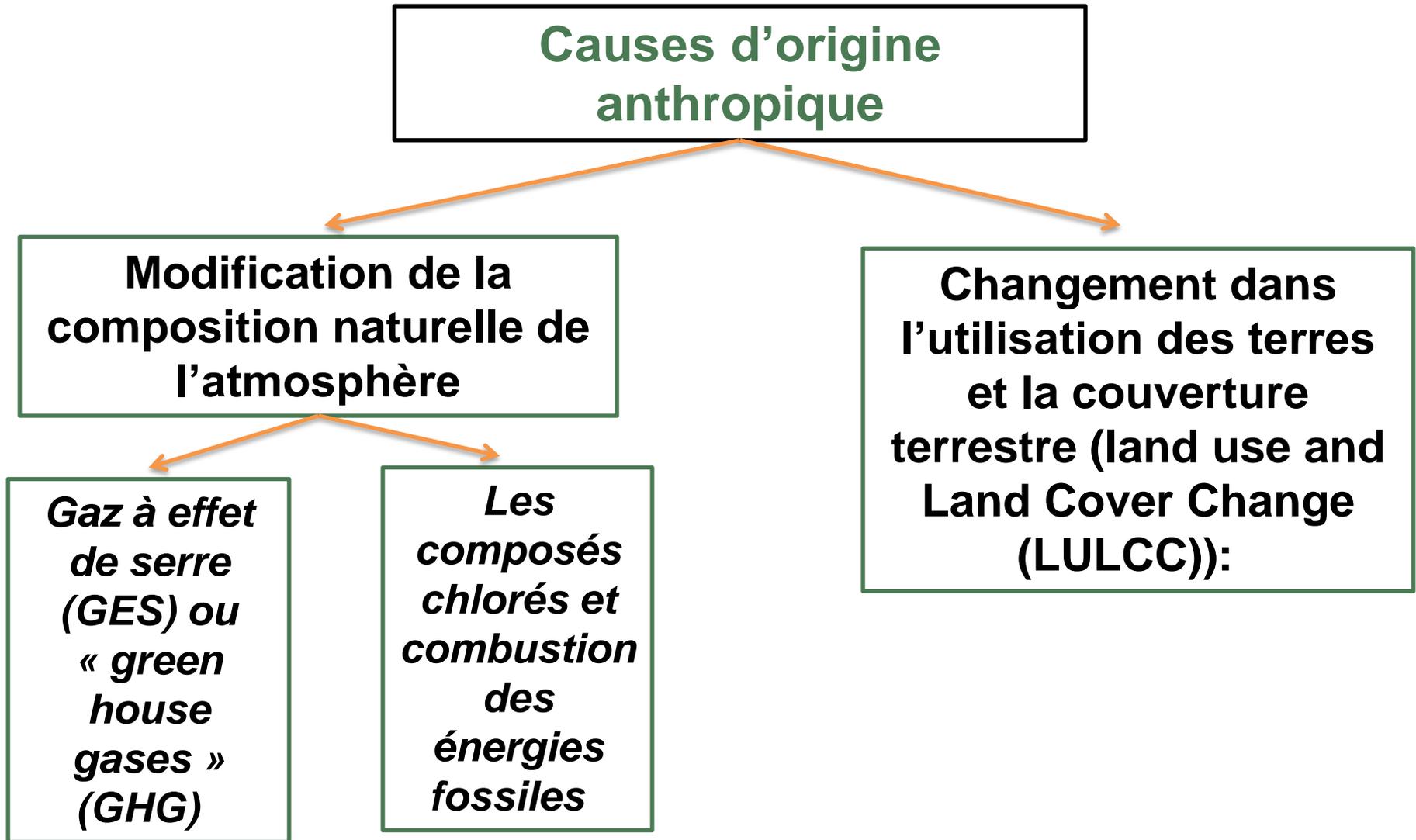
Le changement de la couverture globale de neige et de glace, mis à part la couverture neigeuse saisonnière, a une action sur le long terme. Les observations depuis 1972 montrent que la couverture neigeuse de l'hémisphère nord a régressé depuis 1987, particulièrement au printemps. Cela a induit une diminution de l'albédo régional avec en conséquence une augmentation de la température hivernale dans l'hémisphère nord .



**Effet de rétroaction**

## 5.2.

# Causes d'origine anthropique (internes)

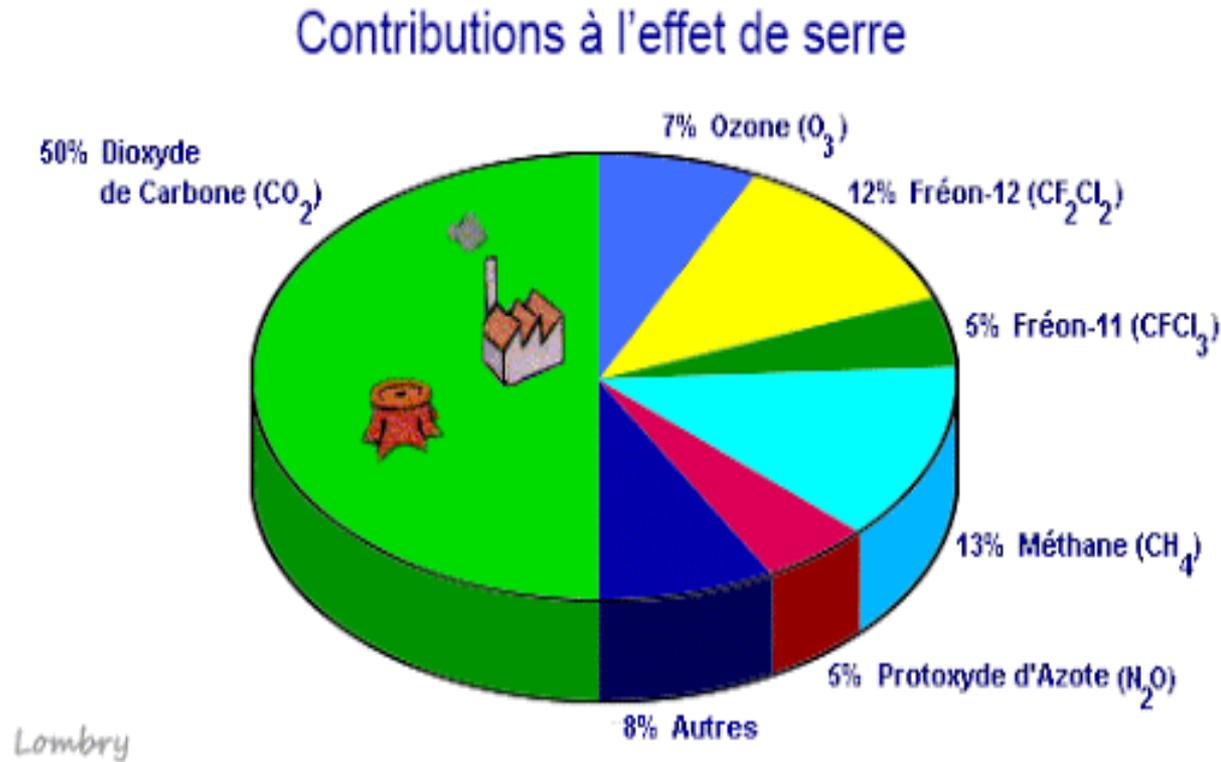


## 5.2.1. Modification de la composition naturelle de l'atmosphère

### a. Gaz à effet de serre (GES) ou « green house gases » (GHG)

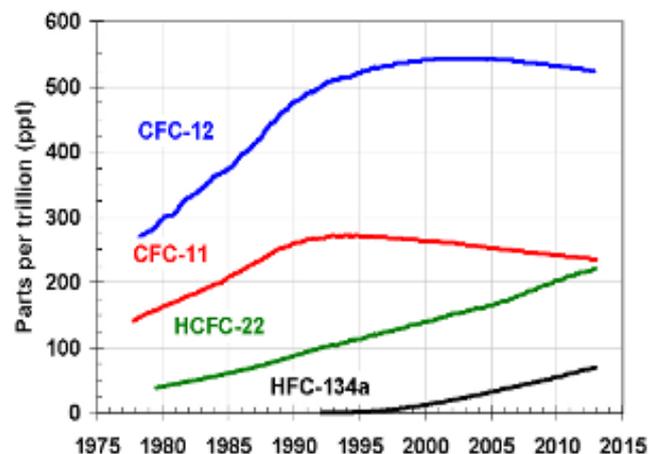
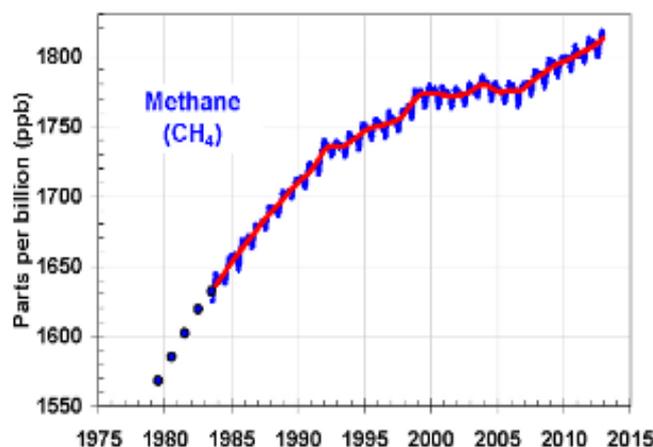
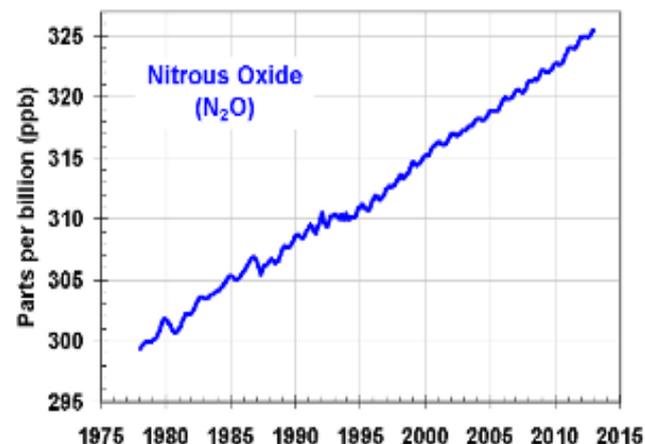
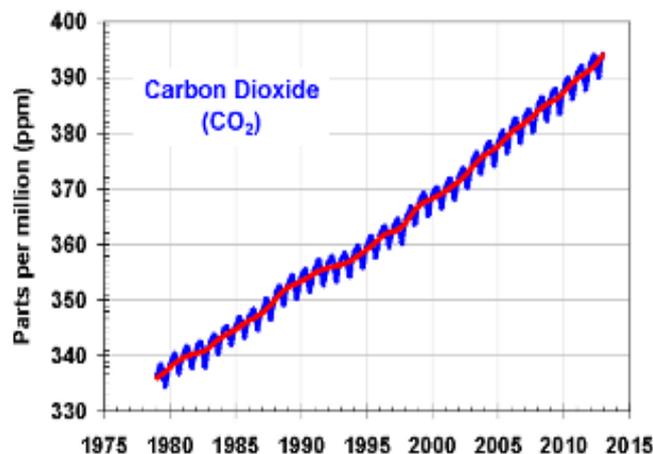
L'atmosphère est naturellement composée d'un ensemble de gaz induisant une température d'équilibre de  $-18^{\circ}\text{C}$ .

Certains de ces gaz sont transparents au rayonnement solaire incident, mais opaques au rayonnement terrestre sortant, **il s'agit des gaz à effet de serre** qui en dehors de la vapeur d'eau sont principalement : le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ), le méthane ( $\text{CH}_4$ ) et l'oxyde nitreux ( $\text{N}_2\text{O}$ ).



## 5.2.1. Modification de la composition naturelle de l'atmosphère

Les changements intervenus depuis l'ère industrielle dans la composition chimique de l'atmosphère concernant ces trois derniers gaz sont désormais bien documentés et ces modifications apparaissent à la fois importantes et sans précédent au cours du dernier millénaire.



## 5.2.1. Modification de la composition naturelle de l'atmosphère

### *b. Les composés chlorés et combustion des énergies fossiles*

*Les composés chlorés ou chlorofluorocarbones (CFCs)* sont des gaz propulseurs d'aérosols qui sont utilisés principalement dans les fluides de nettoyage industriel et dans les équipements de réfrigération.

Un *aérosol* est un ensemble de fines particules, solides ou liquides, d'une substance chimique ou d'un mélange de substances chimiques, en suspension dans un milieu gazeux. Émis par les activités humaines ou naturelles, les aérosols interviennent aussi à l'échelle planétaire et locale dans les phénomènes de pollution de l'air et d'allergies (utilisés aussi dans tout les produit vaporisateurs).

## 5.2.1.

# Modification de la composition naturelle de l'atmosphère

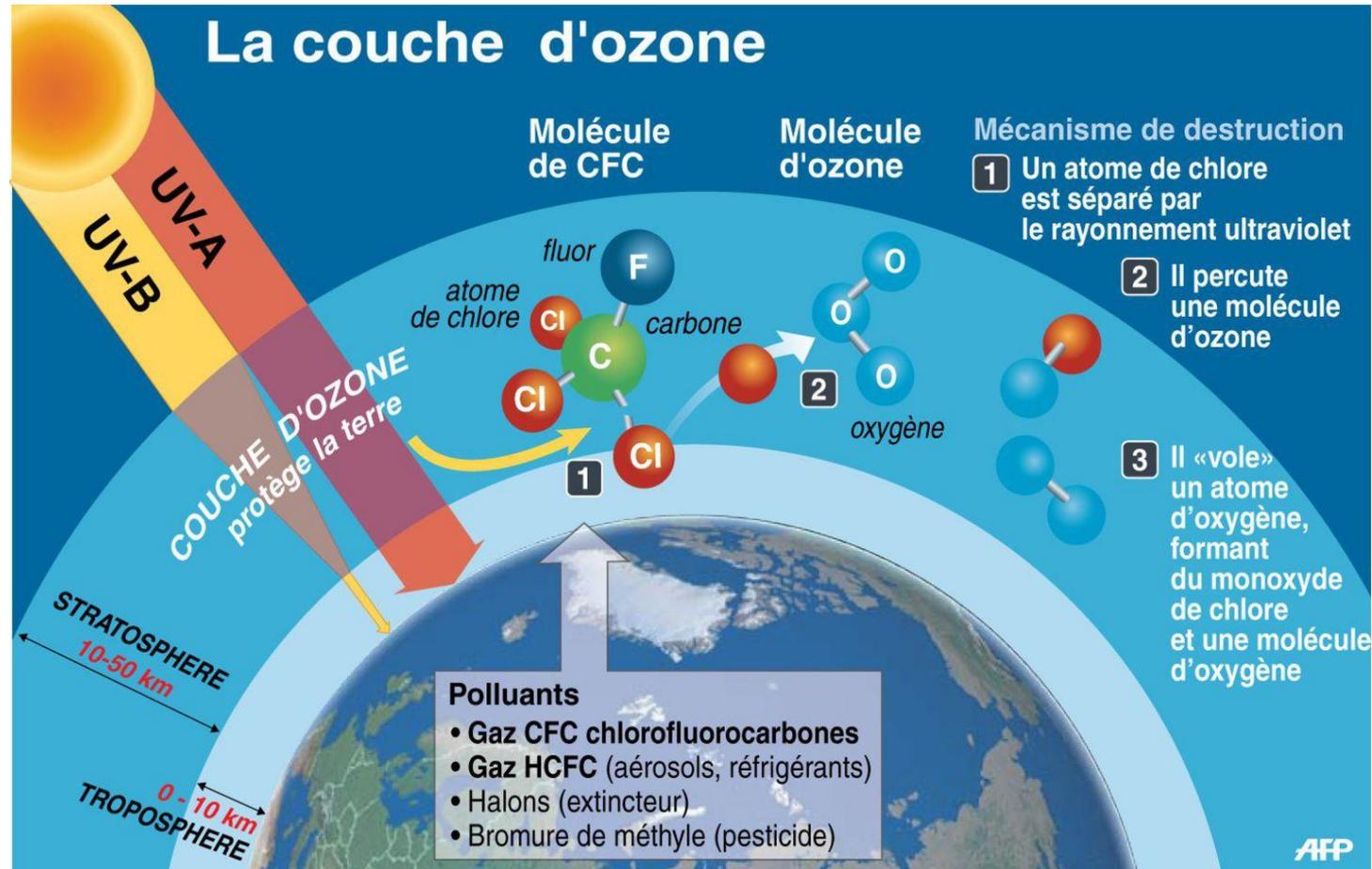
Epuisement de la couche d'ozone stratosphérique



Développement continu du trou d'ozone dans l'antarctique .



Dégradation de toute forme de vie



## 5.2.1.

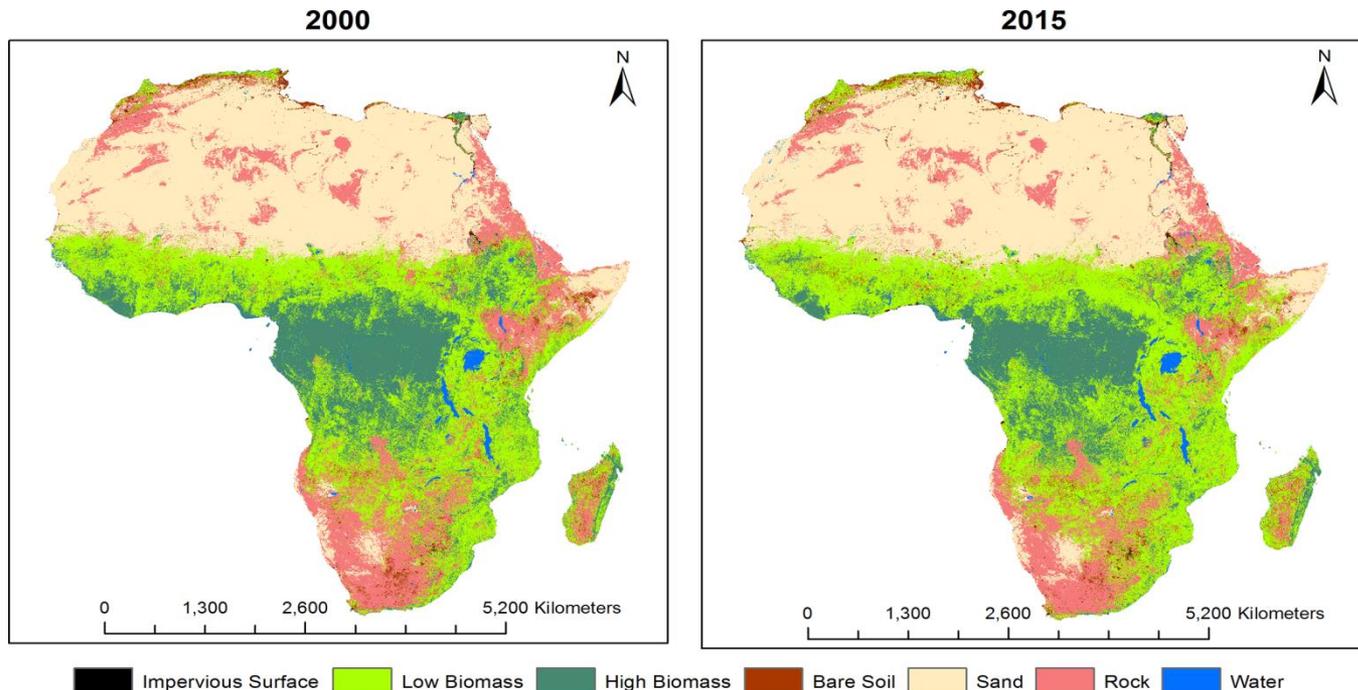
# Modification de la composition naturelle de l'atmosphère

	<b>CO<sub>2</sub></b> <b>(ppm)</b>	<b>CH<sub>4</sub></b> <b>(ppb)</b>	<b>N<sub>2</sub>O</b> <b>(ppb)</b>	<b>CFC-11</b> <b>(ppt)</b>	<b>HFC-23</b> <b>(ppt)</b>	<b>CF<sub>4</sub></b> <b>(ppt)</b>
<b>Concentration préindustrielle (1750)</b>	280	700	270	0	0	40
<b>Concentration en 1998</b>	365	1745	314	268	14	80
<b>Temps de séjour atmosphérique (ans)</b>		12	150	45	260	>50000

## 5.2.2.

# Changement dans l'utilisation des terres et la couverture terrestre (land use and land cover change (LULCC))

l'activité humaine est à l'origine de la modification de la surface terrestre. Le développement des surfaces agricoles et de l'élevage s'est fait aux dépens des forêts. Le changement de la surface terrestre, particulièrement le déboisement et la déforestation à grande échelle, a une incidence sur l'albédo et la rugosité régionale, ce qui pourra affecter le transfert d'énergie, les ressources en eau et autres composantes du système climatique.



# Merci de votre attention



Coordinator

Partners



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

info@mastermehmed.com  
www.mastermehmed.com

PROJECT NUMBER: 598826-EPP-1-2018-1-ES-EPPKA2-CBHE-JP

