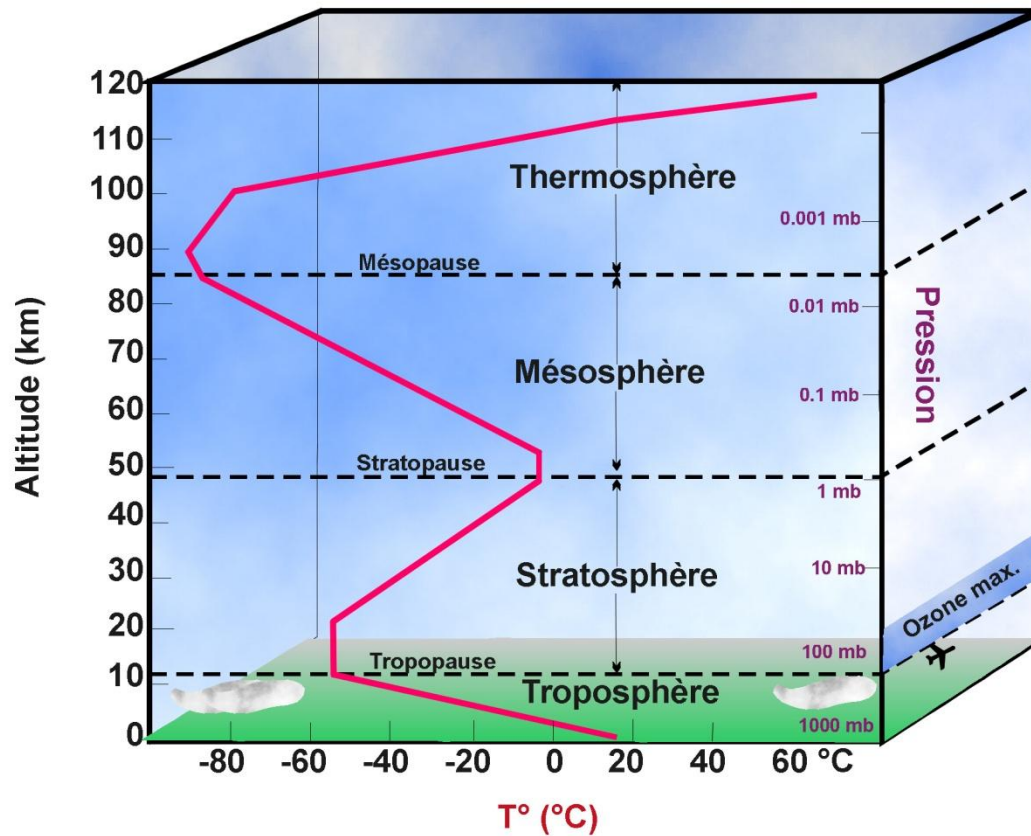


L' Atmosphère

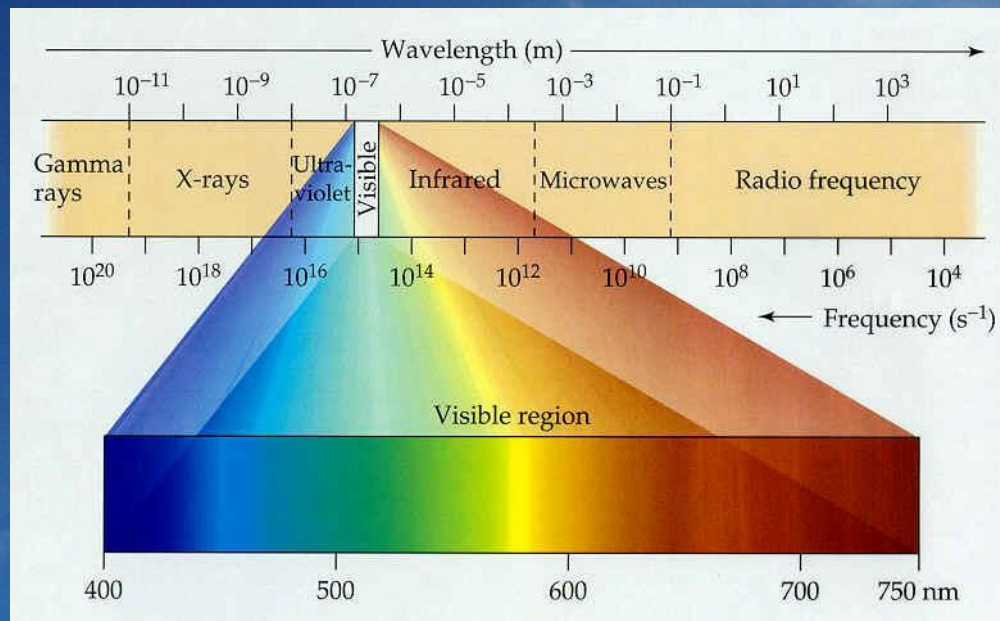


Gaz	Proportion (en volume)	Composition isotopique (%)
Diazote	N ₂ 78,084 ± 0,004 %	¹⁴ N : 99,63; ¹⁵ N : 0,37
Dioxygène	O ₂ 20,946 ± 0,002 %	¹⁶ O : 99,759; ¹⁷ O : 0,037; ¹⁸ O : 0,204
Argon	Ar 0,934 ± 0,001 %	³⁶ Ar : 0,337; ³⁸ Ar : 0,0063; ⁴⁰ Ar : 99,60
Dioxyde de carbone	CO ₂ 0,035 ± 0,001 %	¹² C : 98,89; ¹³ C : 1,11
Néon	Ne 18,18 ± 0,04 ppmv	²⁰ Ne : 90,92; ²¹ Ne : 0,257; ²² Ne : 8,82
Hélium	He 5,24 ± 0,004 ppmv	⁴ He : 100; ³ He : 0,00013
Krypton	Kr 1,14 ± 0,01 %	
Xenon	Xe 0,087 ± 0,001 %	
Hydrogène	H ₂ 0,5 ppmv	¹ H : 99,985; ² H : 0,015
Méthane	CH ₄ 2,0 ppmv	
Propane	C ₃ H ₈ 2,0 ppmv	
Oxydes d'azote	NO ₂ 0,5 ± 0,01 ppmv etc.	
Ozone	O ₃ 0,04 ppmv	
Aérosols variés	0,001 à 0,01 ppmv	

Fig. 10 Composition de l'atmosphère basse de la Terre (ppmv = partie par million (10^{-6}) en volume) (d'après Encrenaz et al.).

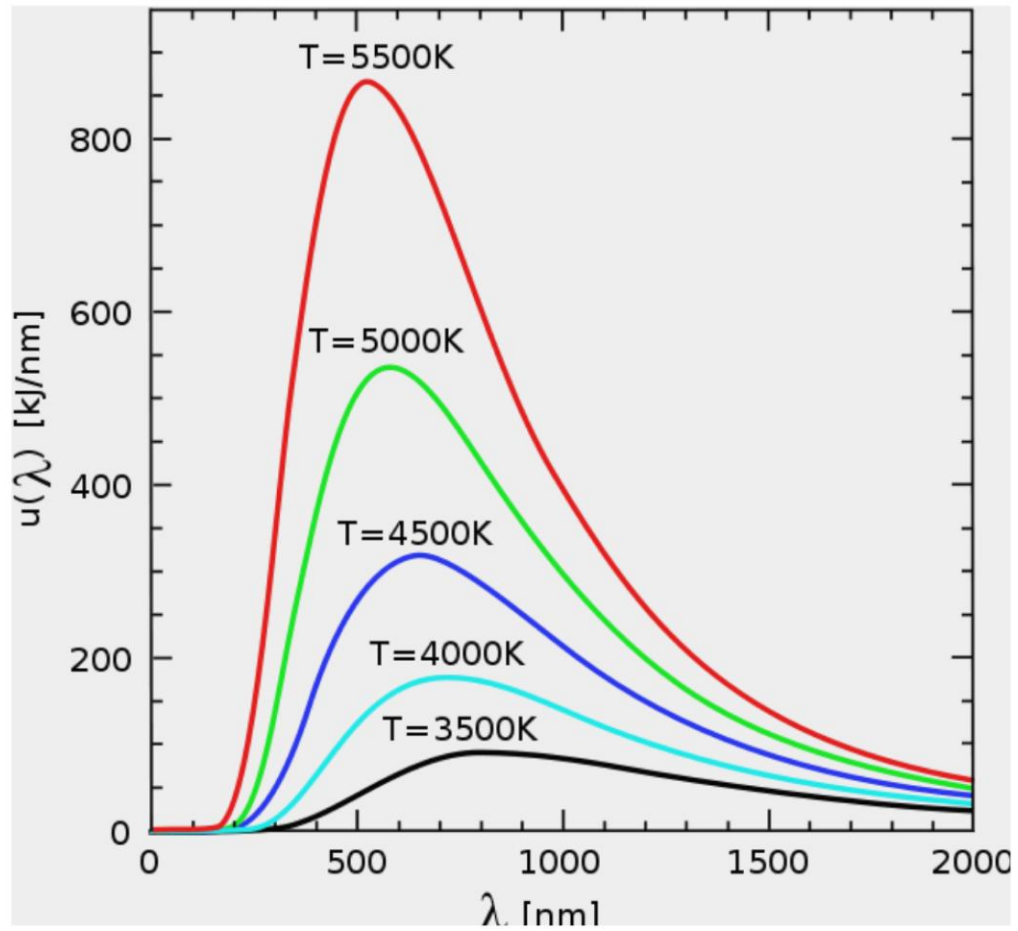


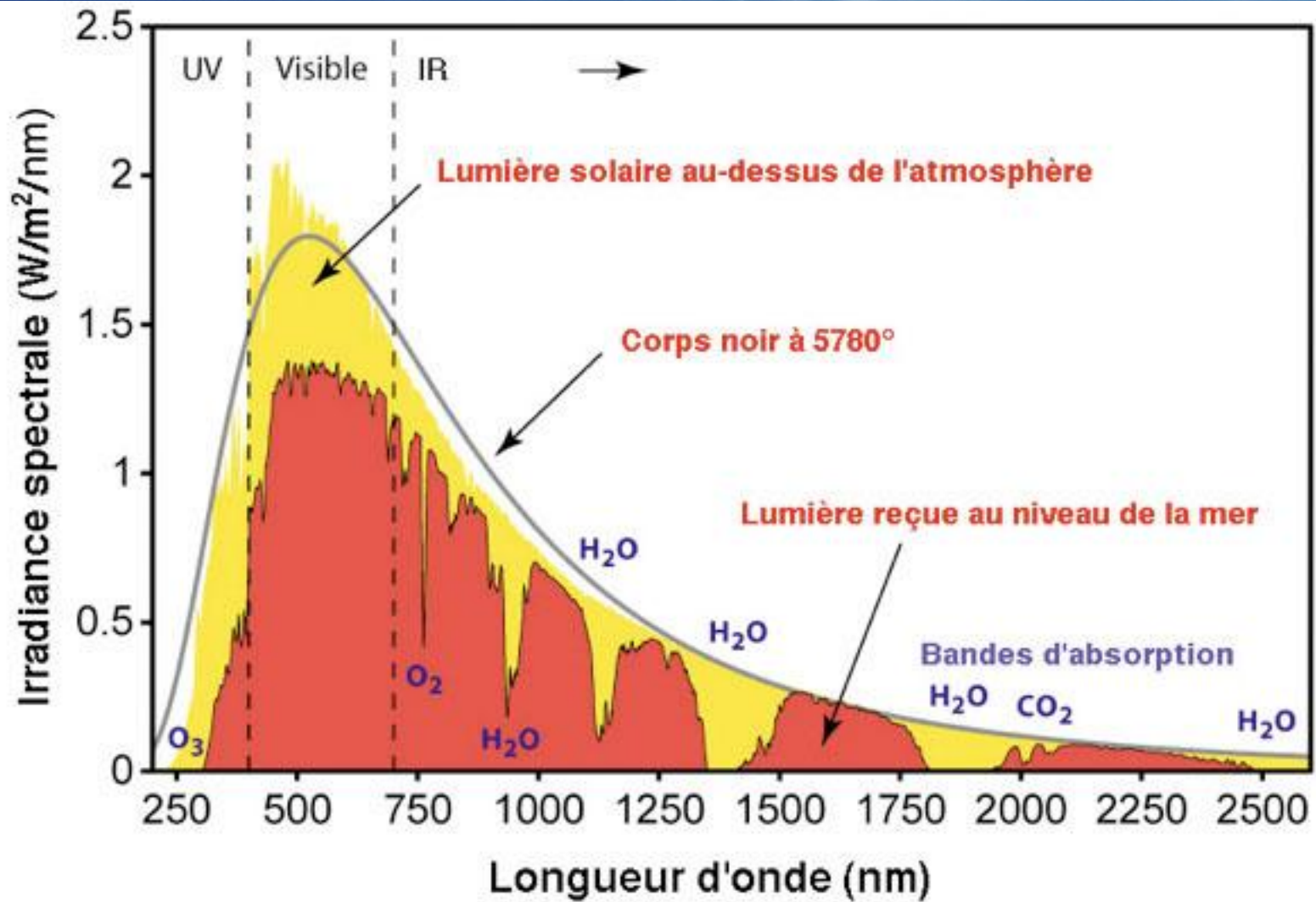
Source: Aguado & Burt (1999)
Understanding Weather and Climate



TAB. 2.1 – Régions du spectre électromagnétique

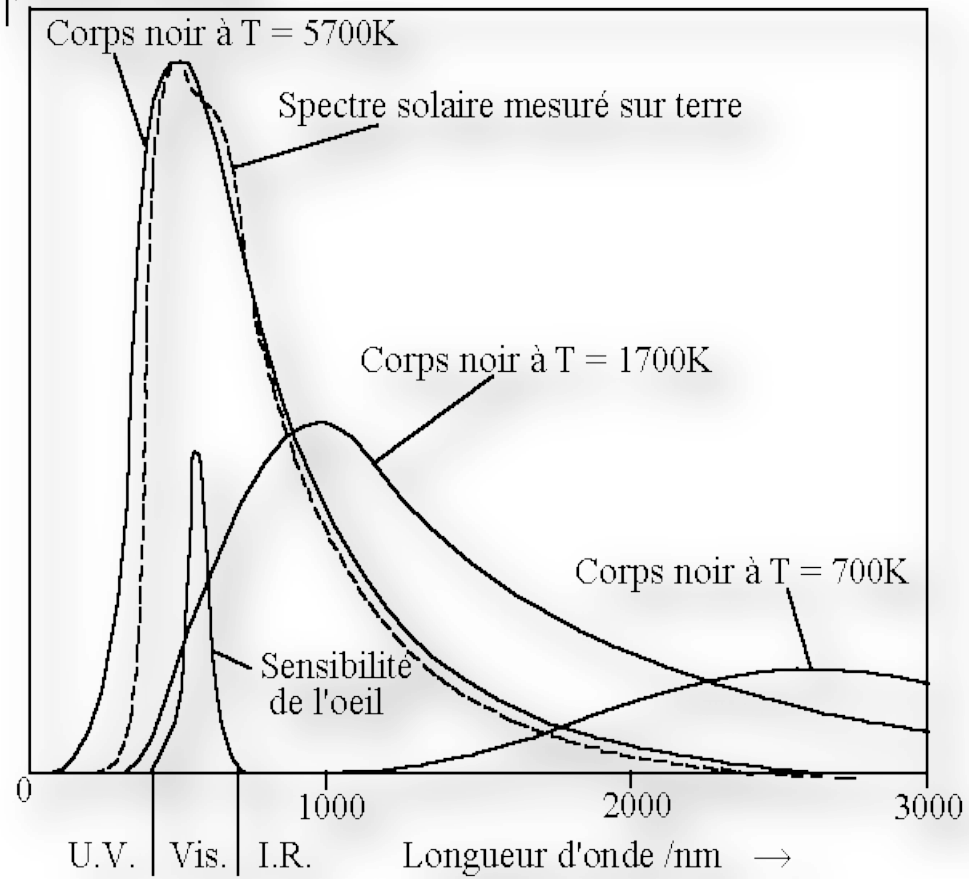
Longueur d'onde	Nom	Énergie par photon
inférieure à 0,1 nm	rayons gamma (γ)	très élevée
0,1 – 10 nm	rayons X	élevée
10 - 400 nm	rayons ultraviolets	relativement haute
400 - 780 nm	lumière visible	moyenne/basse
780 - 20 000 nm	rayons infrarouges	basse
supérieure à 20 μm	micro-ondes, ondes radio	très basse

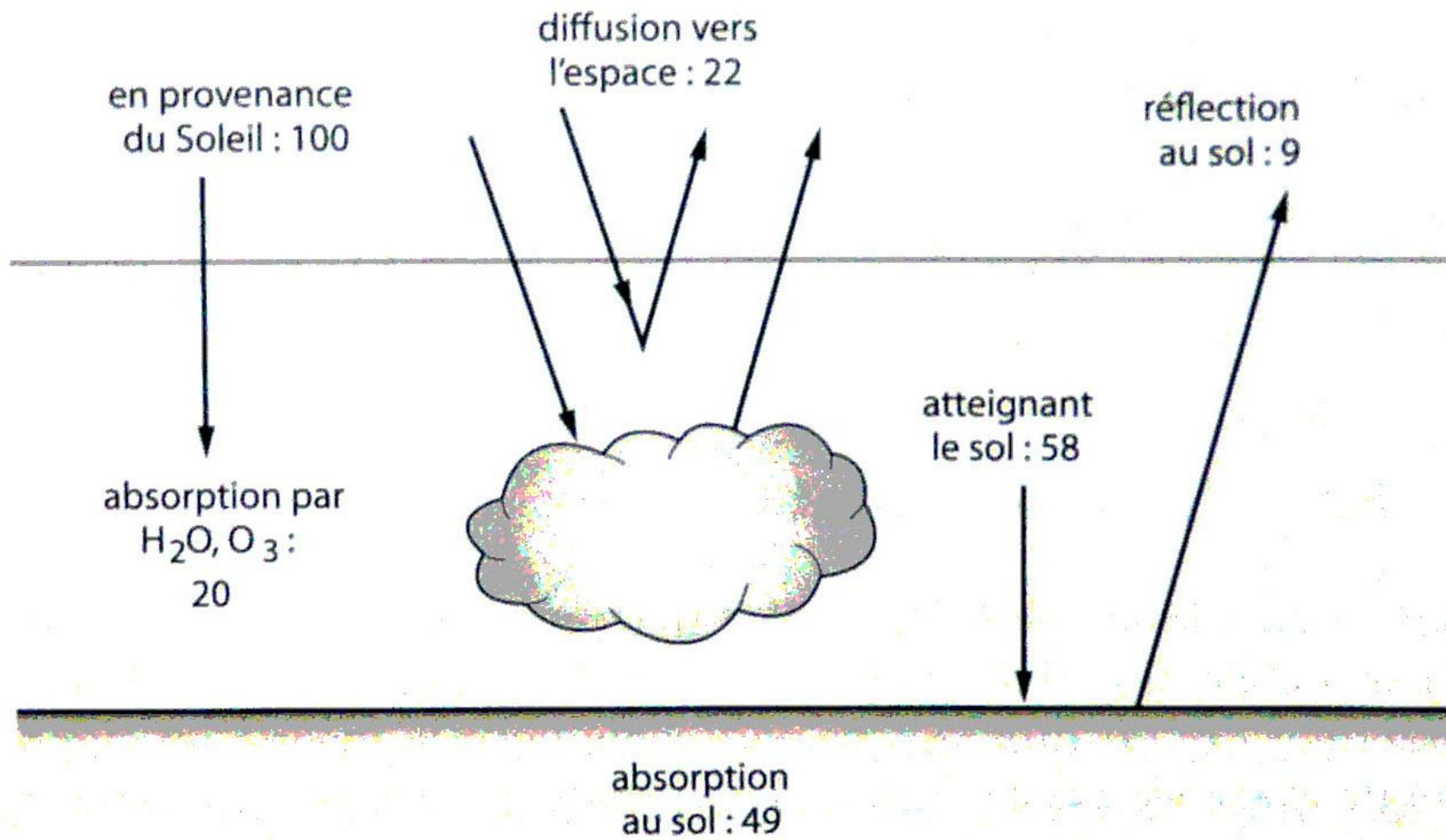


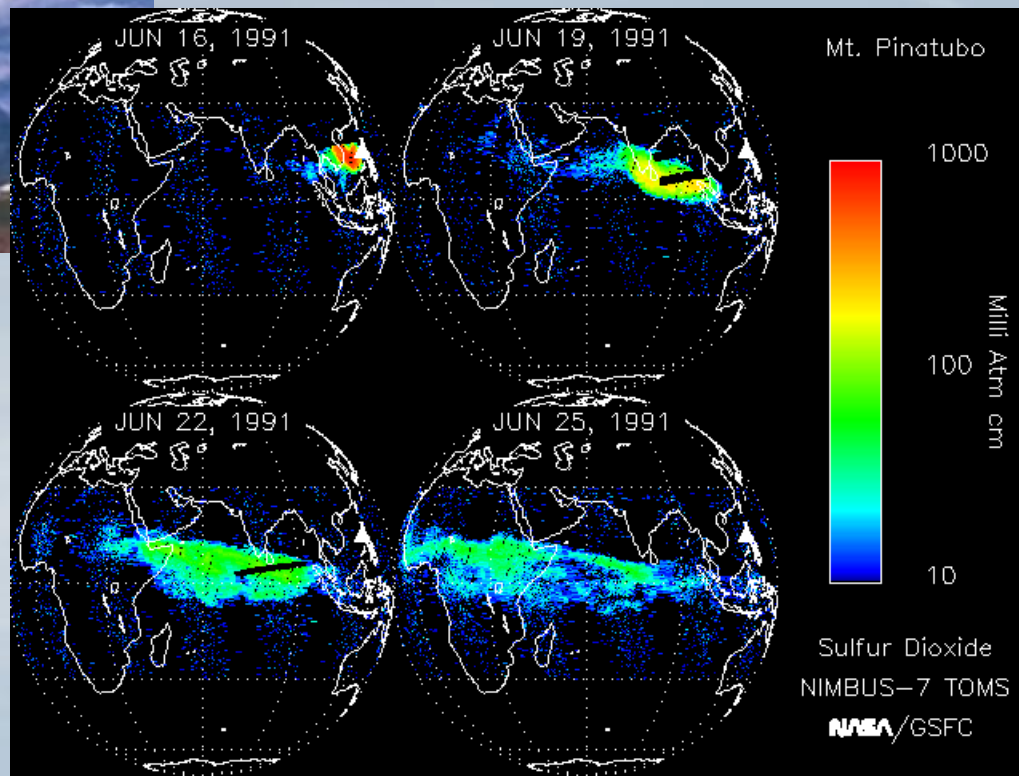


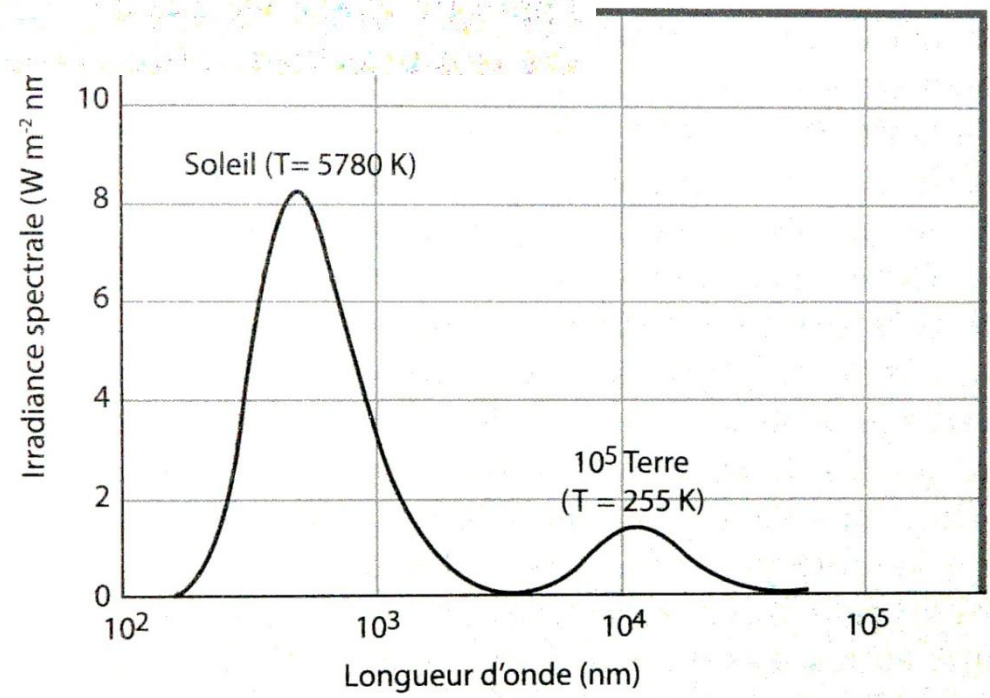
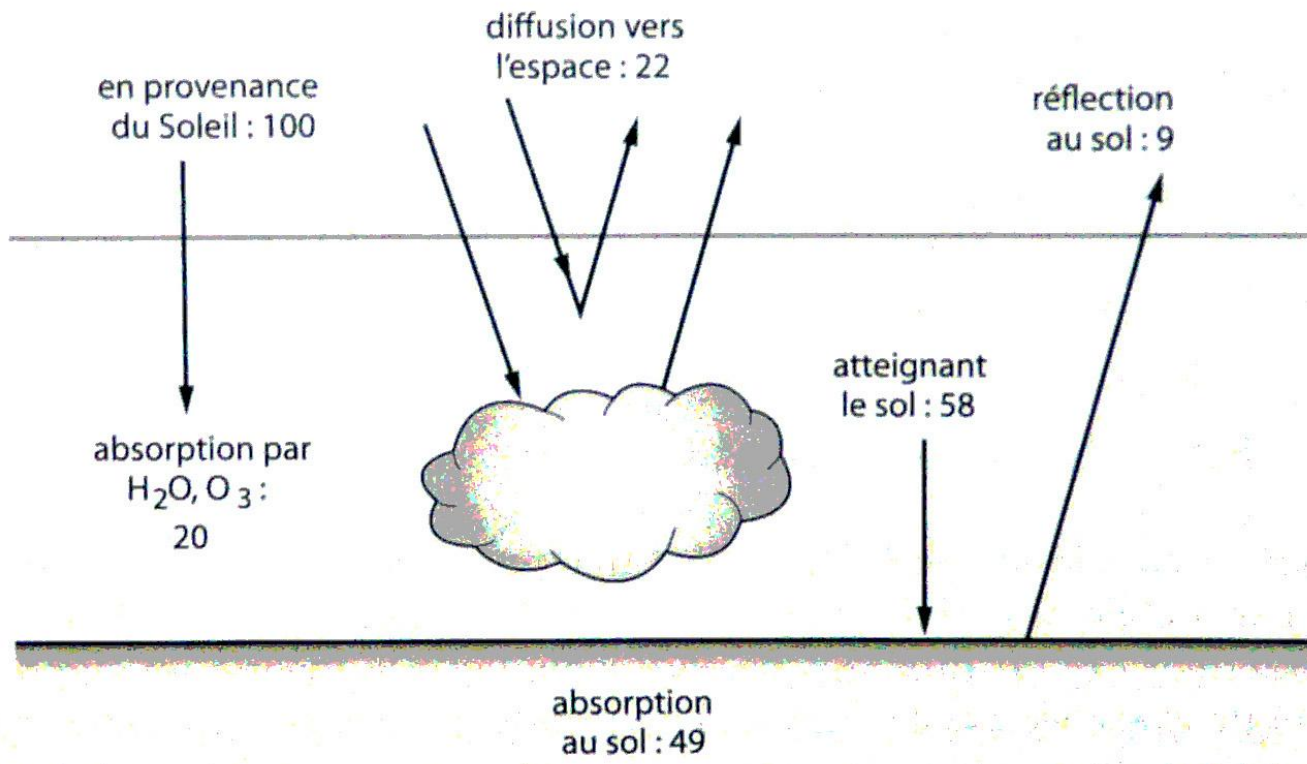
Densité d'énergie

↑

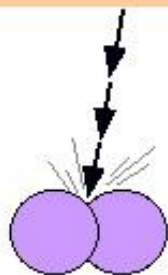




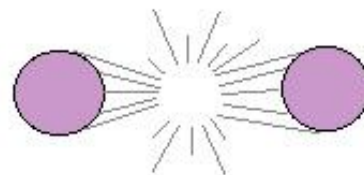




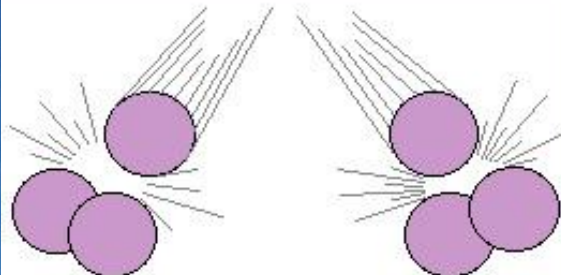
OZONE PRODUCTION IN THE STRATOSPHERE



High energy ultraviolet radiation strikes an oxygen molecule. . .



. . . and causes it to split into two free oxygen atoms.



The free oxygen atoms collide with molecules of oxygen. . .



. . . to form ozone molecules.

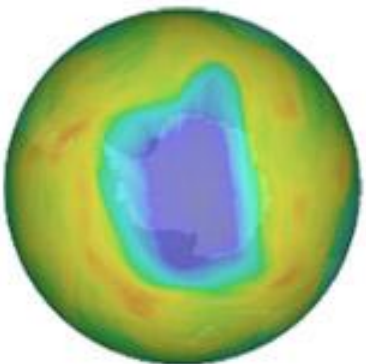
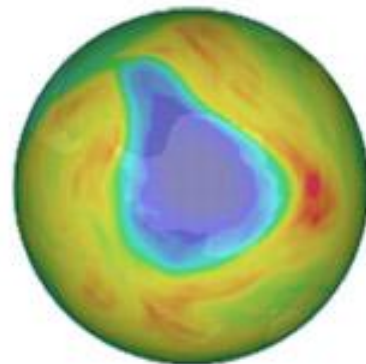
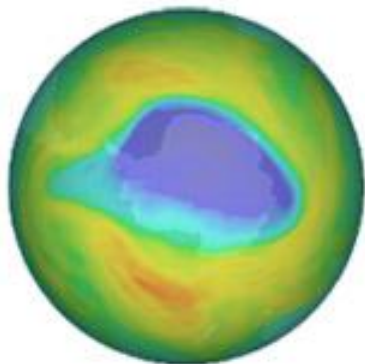
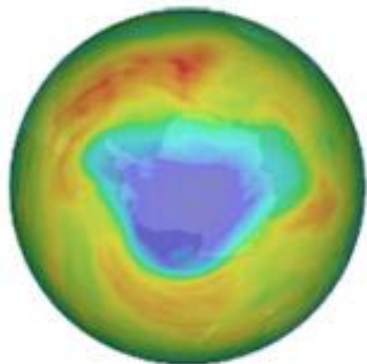
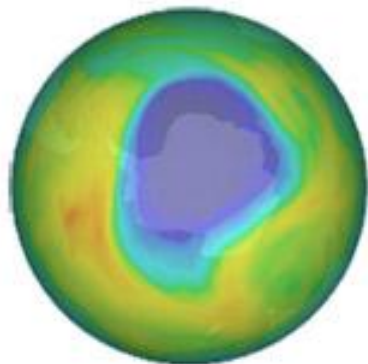
7 novembre 2006

7 novembre 2007

7 novembre 2008

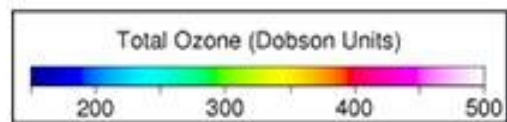
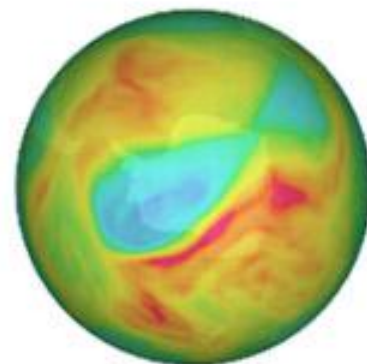
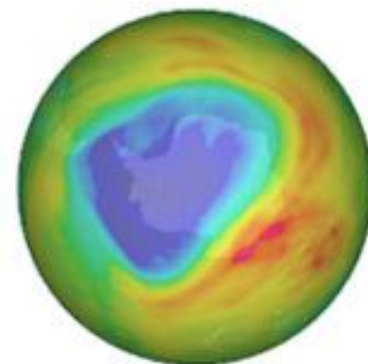
7 novembre 2009

7 novembre 2010



7 novembre 2011

7 novembre 2012



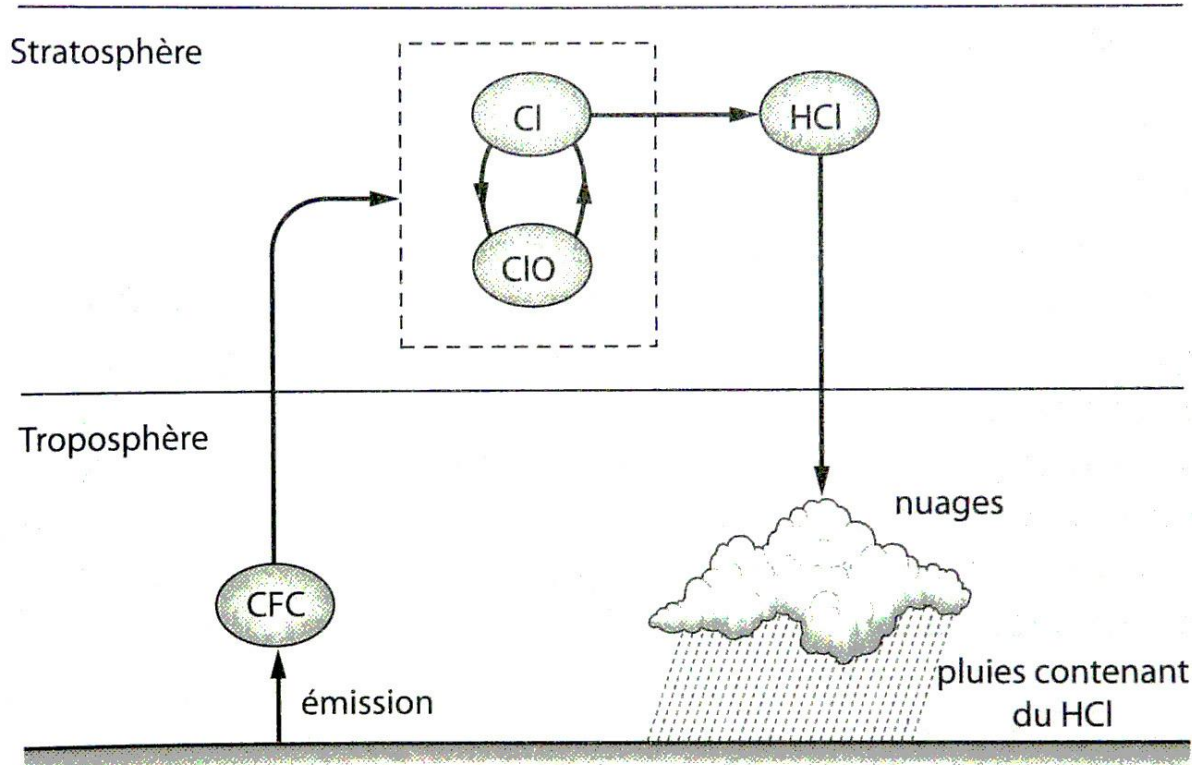


FIG. 5.6 – Cycle atmosphérique du chlore. Au cours du XX^e siècle, le chlore contenu dans les CFC s'est échappé dans l'atmosphère, la lumière ultraviolette solaire libérant les atomes dans la haute stratosphère. Au bout du compte, les atomes de chlore forment des acides chlorhydriques qui retombent sous forme de précipitations.

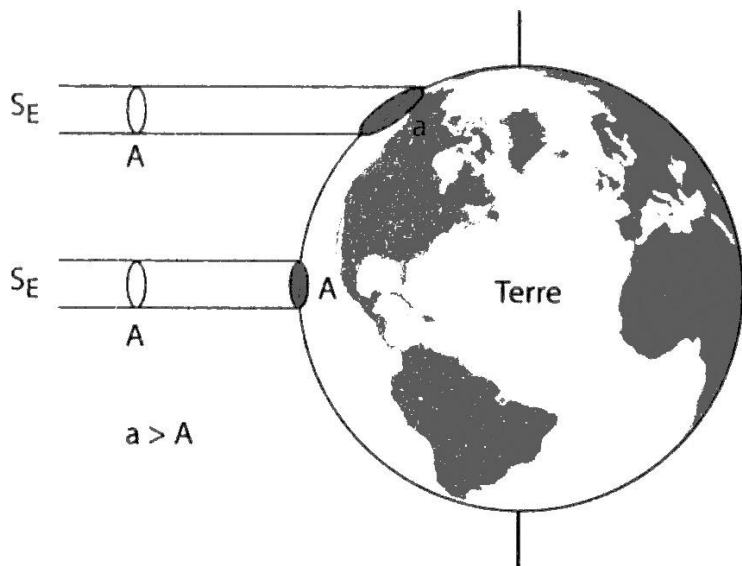
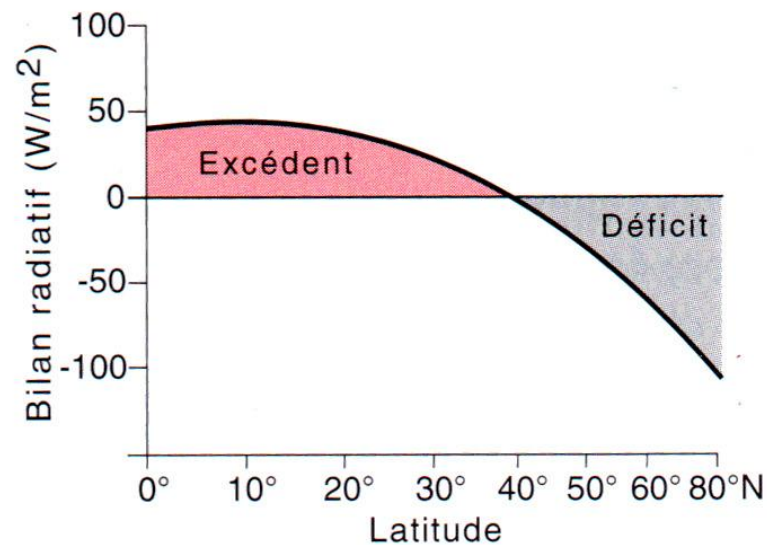


FIG. 2.13 – De l'énergie solaire incidente frappe la Terre considérée comme une sphère parfaite. Une même quantité d'énergie par unité de temps s'étalera différemment en fonction de la latitude. L'énergie reçue par unité de surface horizontale décroît de l'équateur vers les pôles



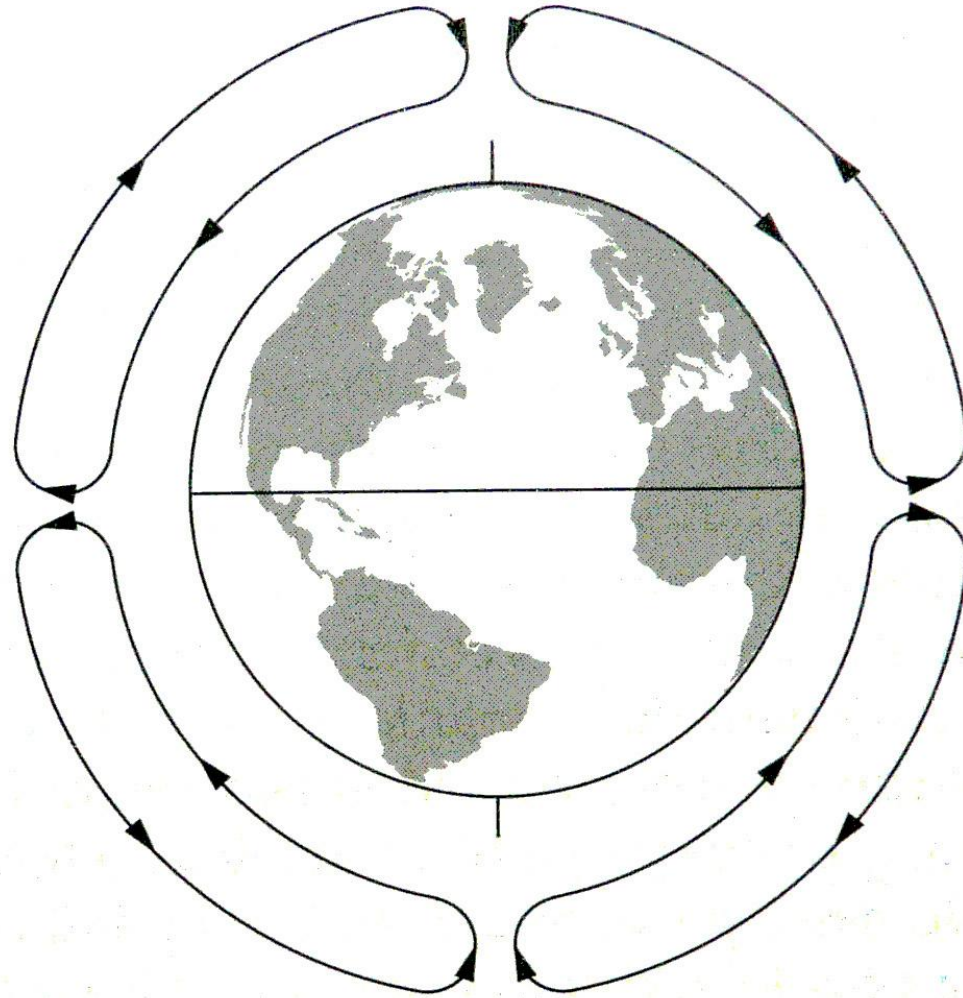


FIG. 4.6 – Représentation schématique de la circulation de Hadley prenant en compte la courbure de la Terre. Le motif cellulaire conduit au transport de la chaleur des latitudes tropicales vers les régions polaires.

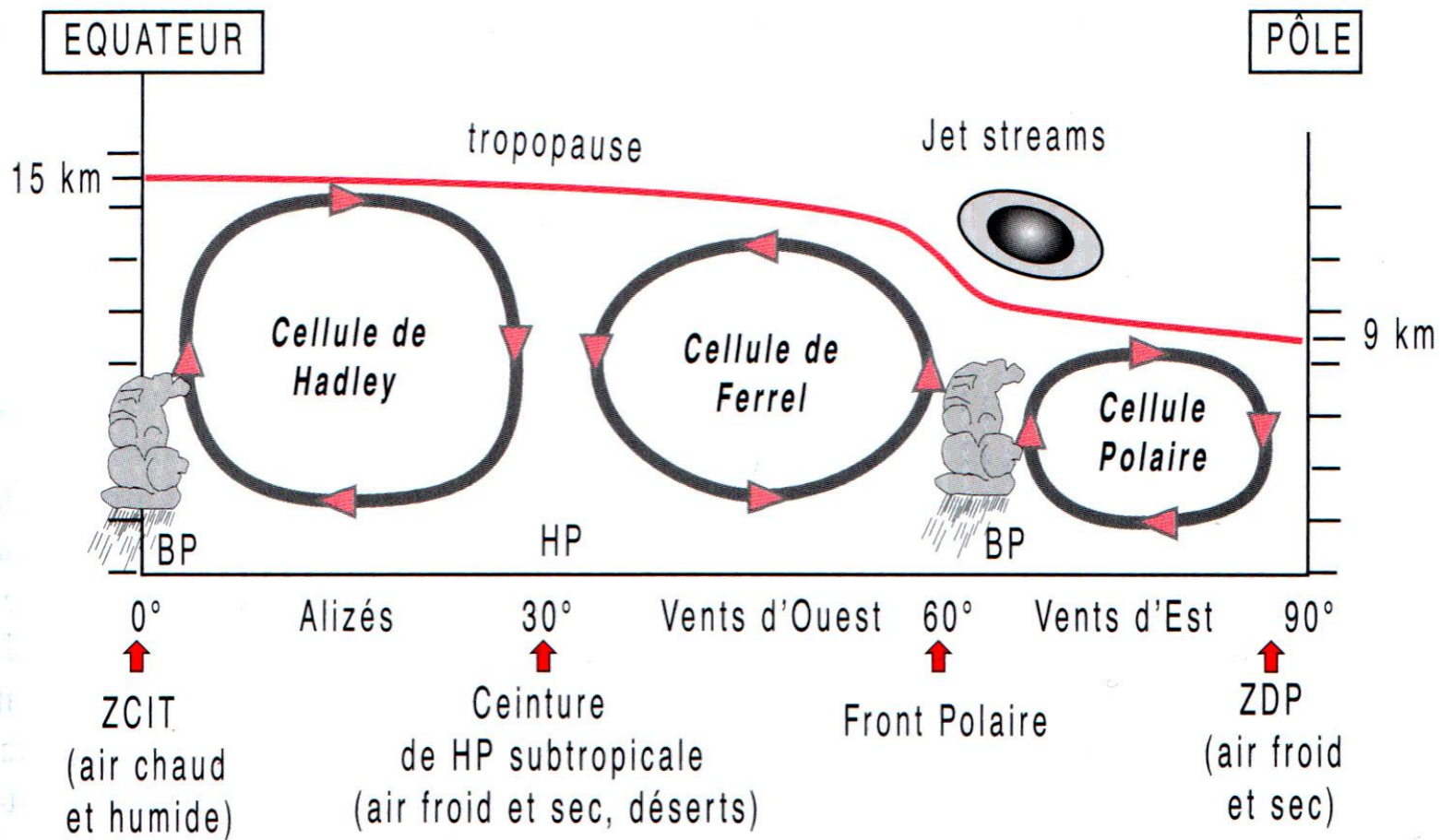


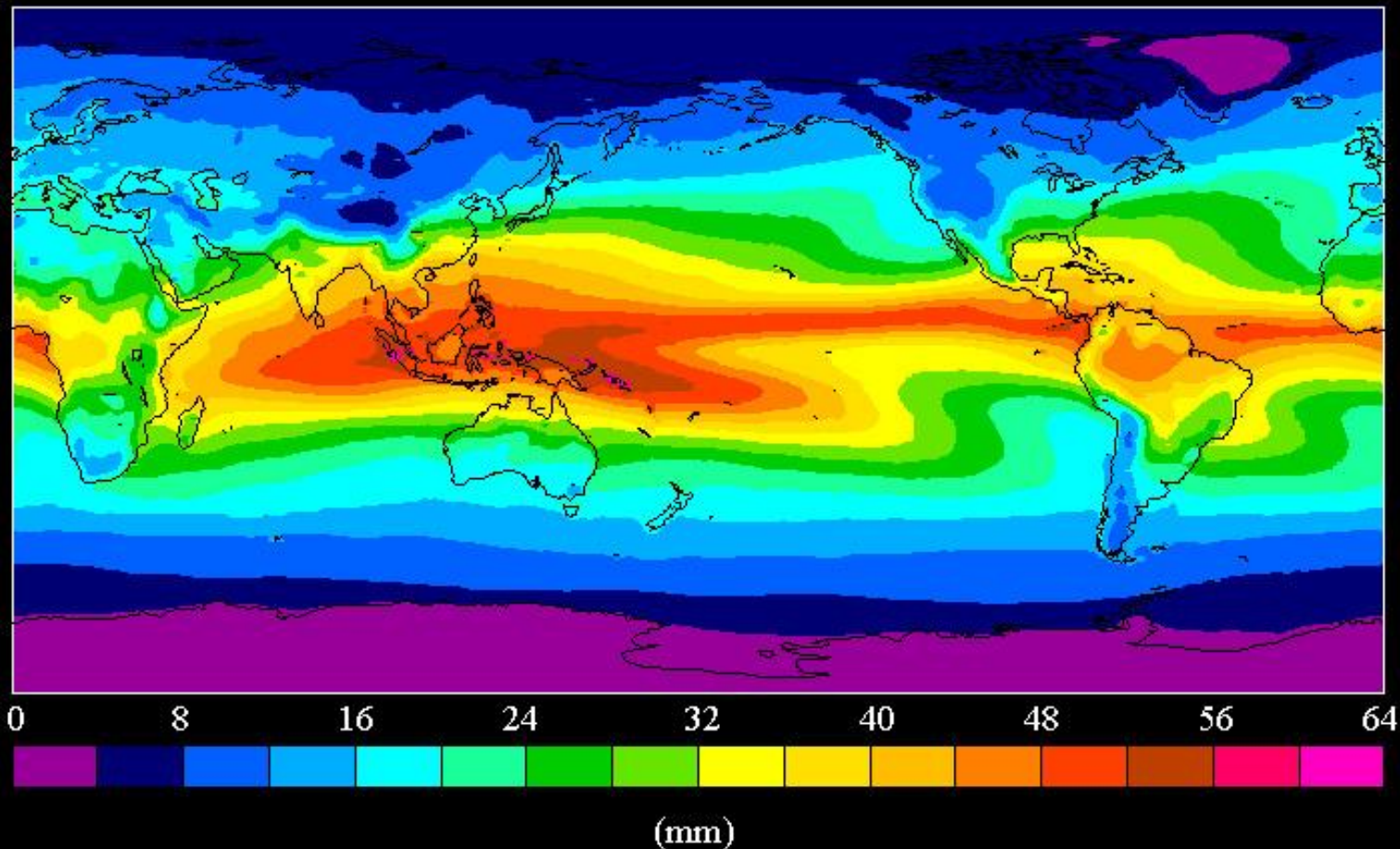
Figure 6.3

Circulation générale atmosphérique (modifié d'après Foucault, 1993).



« Le pot au noir »

NASA Water Vapor Project - NVAP
1988 - 1992
Total Column Water Vapor



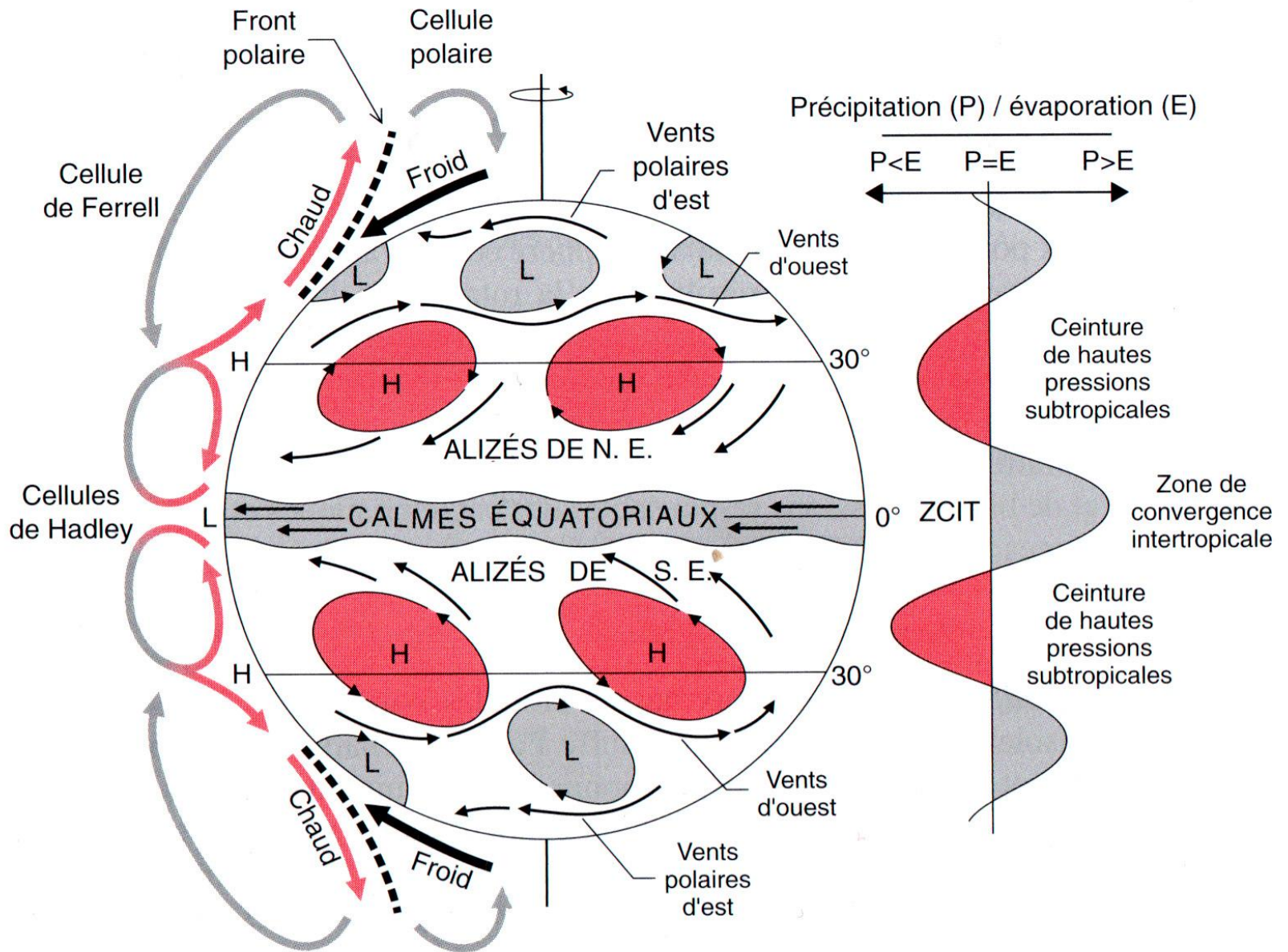
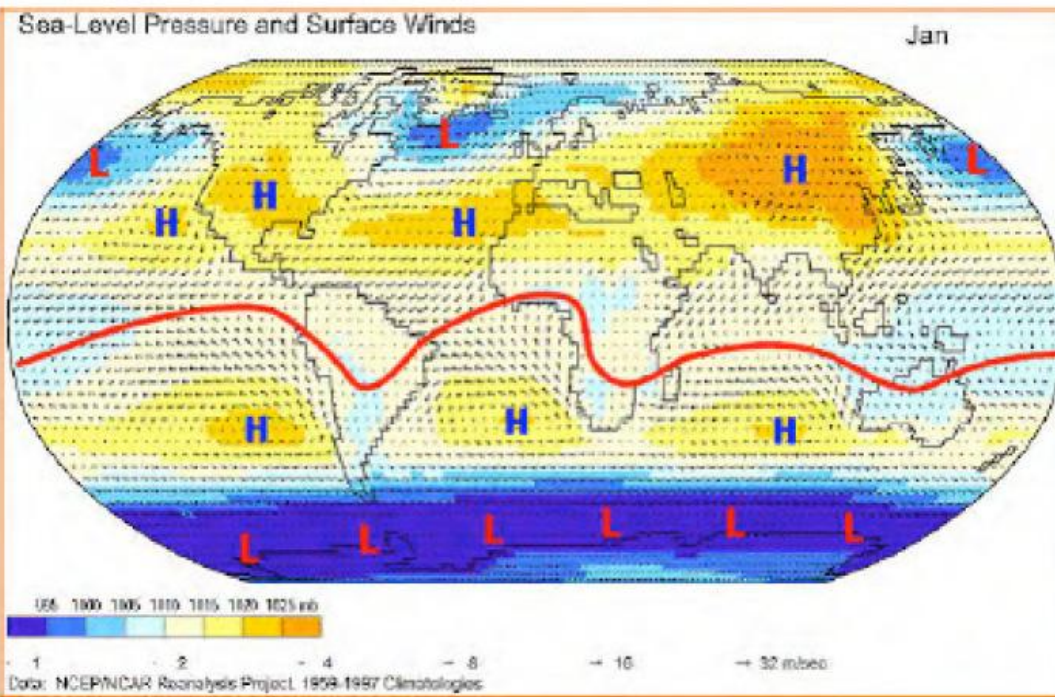


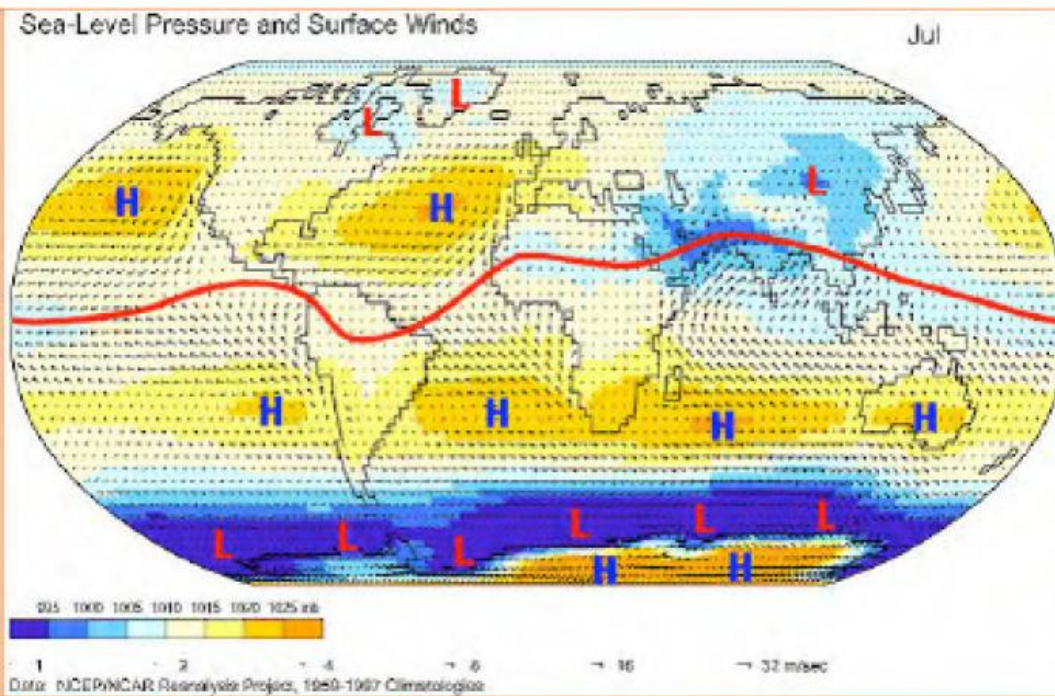
Figure 6.2

Modèle de circulation convective atmosphérique, système de vents et zonation climatique associés et bilan précipitation/évaporation dans les différentes zones climatiques.

janvier



juillet





Brumes et brouillard

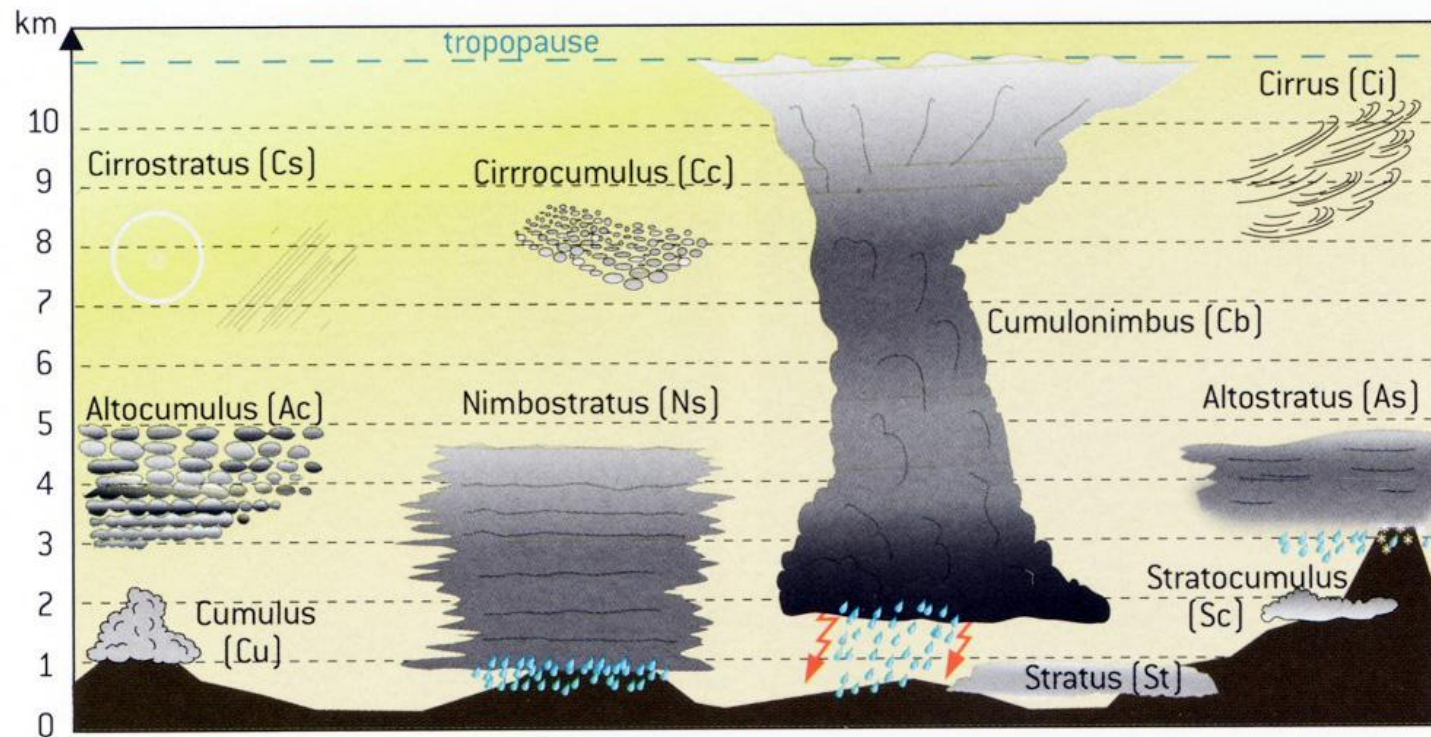






Étages et genres	Régions polaires	Régions tempérées	Régions tropicales
Supérieur (CH): Cirrus Cirrocumulus Cirrostratus	de 3 à 8 km	de 5 à 13 km	de 6 à 18 km
Moyen (CM): Alto cumulus Altostratus Nimbostratus	de 2 à 4 km	de 2 à 7 km	de 2 à 8 km
Inférieur (CL): Cumulus Cumulonimbus Stratocumulus Stratus	de la surface à 2 km	de la surface à 2 km	de la surface à 2 km

Les grandes catégories de nuages



Famille des cirrus
(cristaux de glace,
Très élevés)



Cirrus



Cirrocumulus

Cirrostratus



Famille des Stratus



Altostratus

Nimbostratus





Cumulus

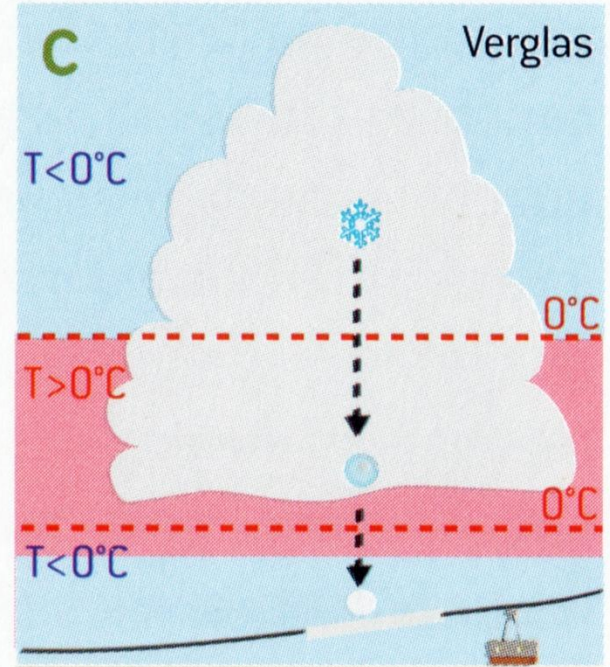
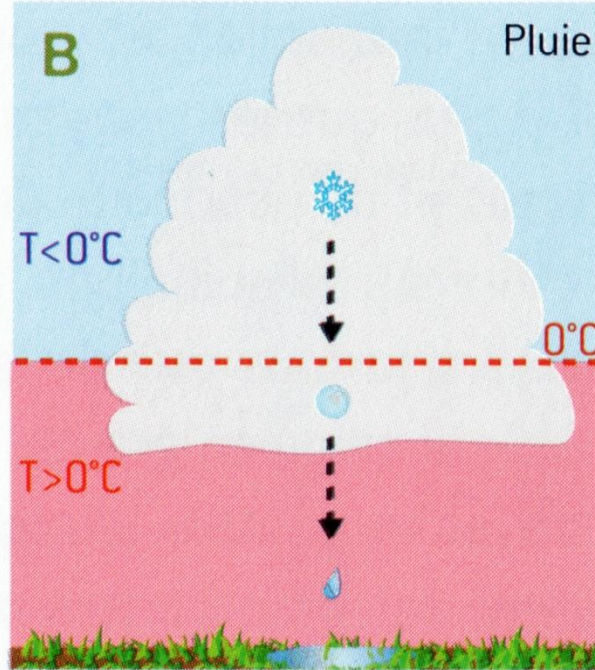
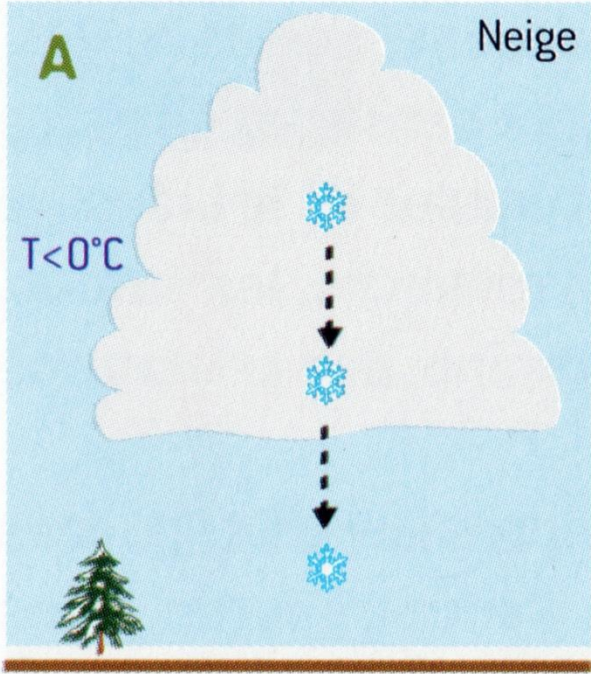
Alto cumulus

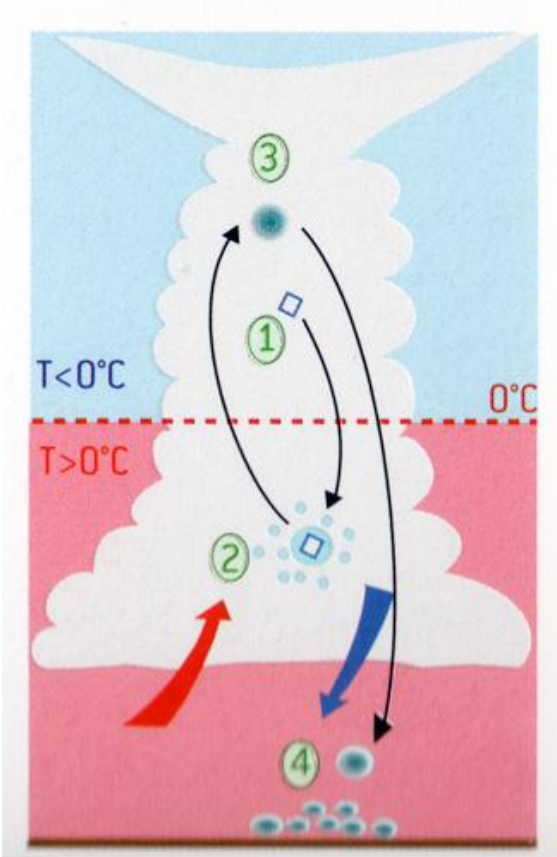


Cumulonimbus



Les grandes catégories de précipitations





Le front polaire en coupe verticale

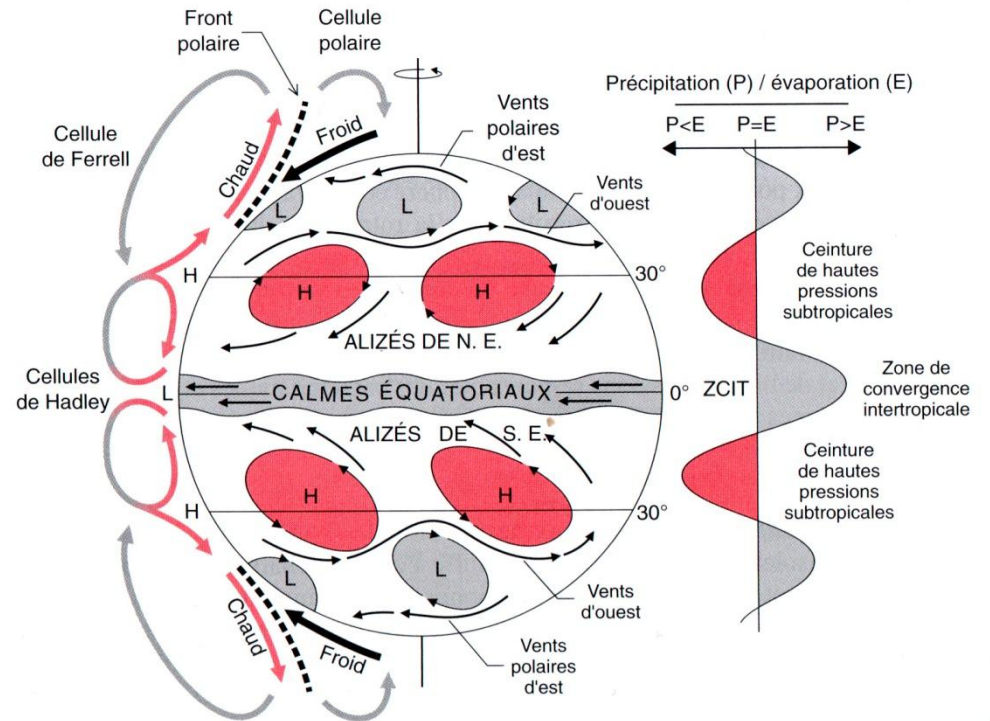
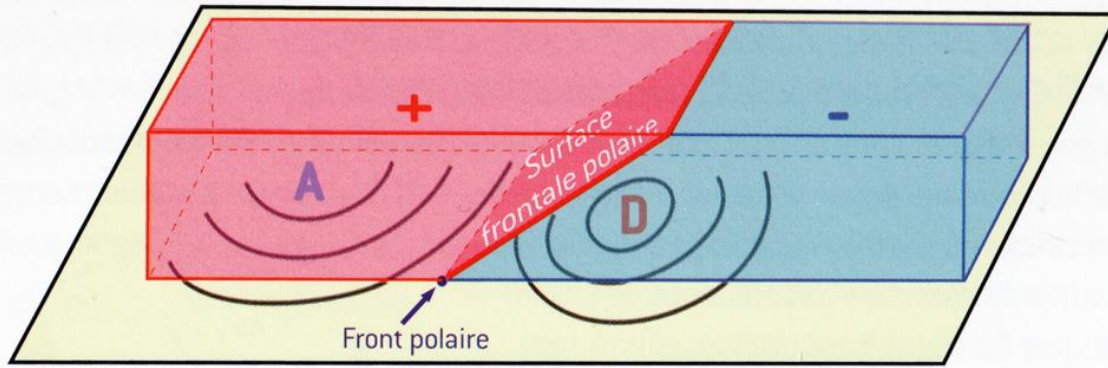
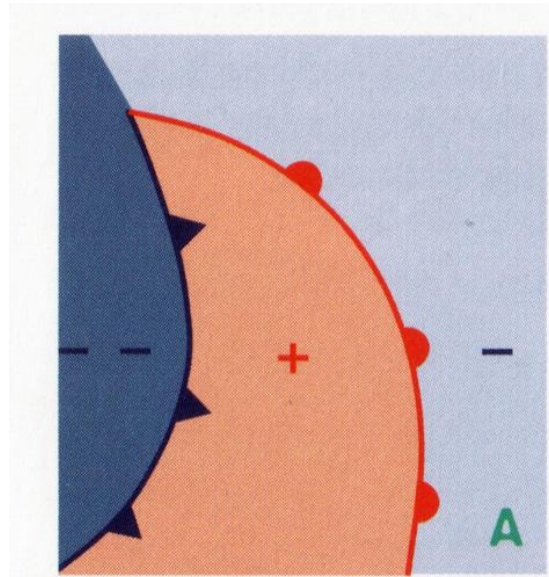
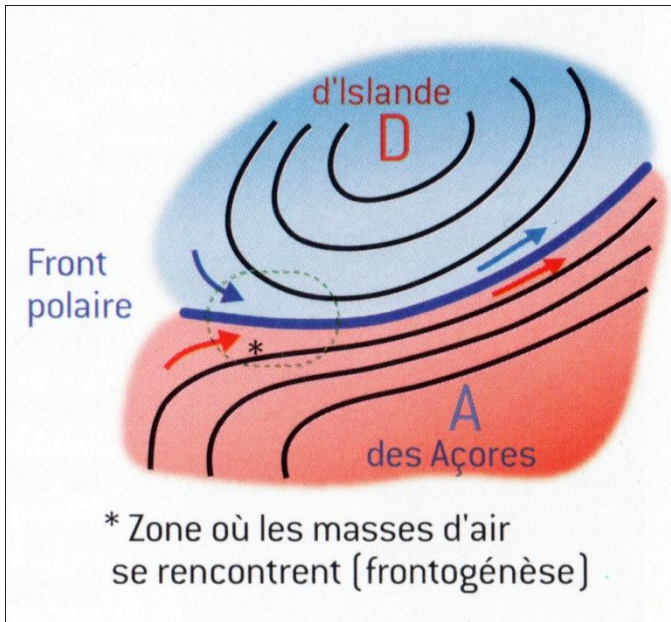
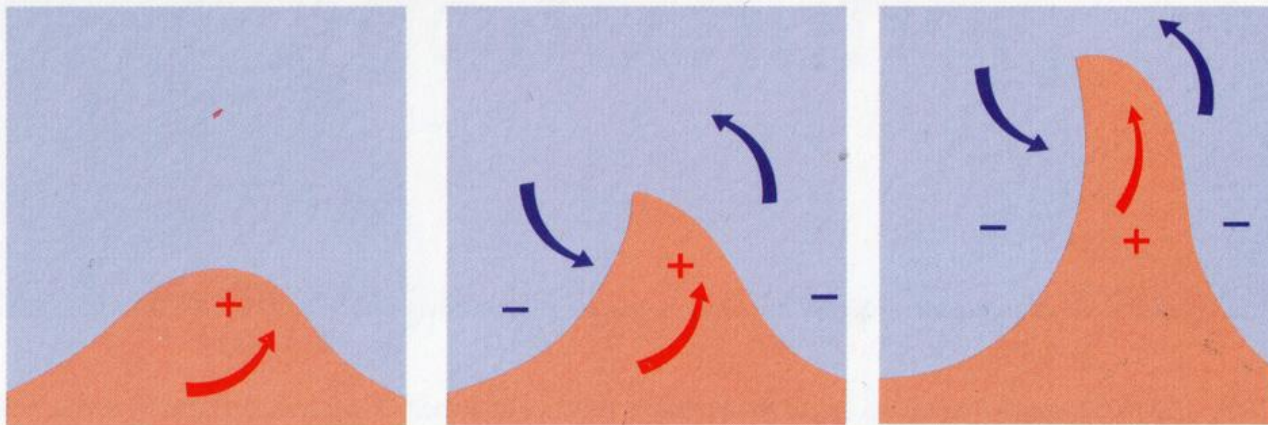


Figure 6.2

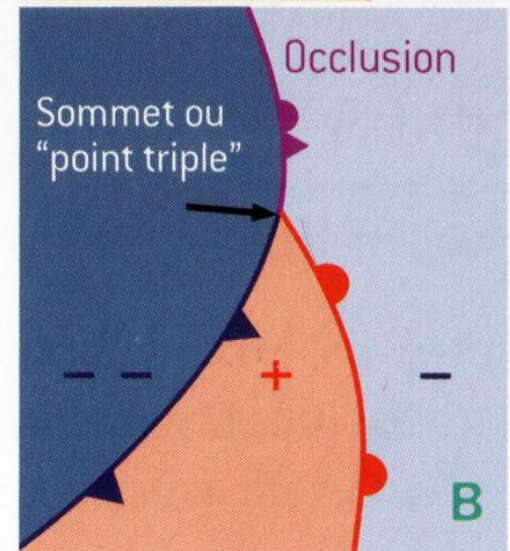
Modèle de circulation convective atmosphérique, système de vents et zonation climatique associés et bilan précipitation/évaporation dans les différentes zones climatiques.



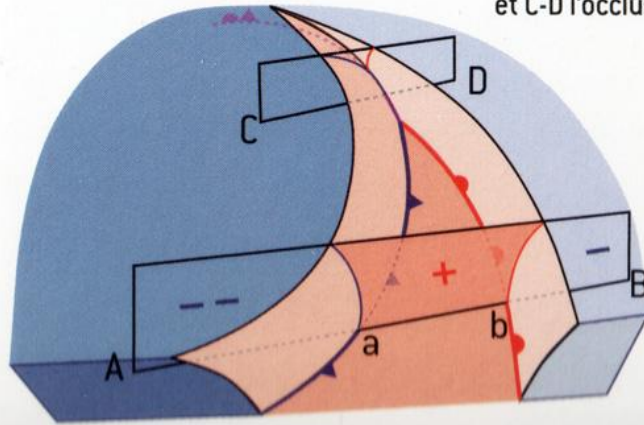
Naissance et amplification d'une ondulation sur le front polaire



L'ondulation est emportée par le vent général. Sa zone sommitale entre en rotation.

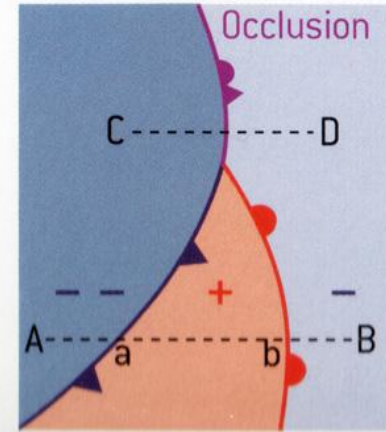


Vue en perspective

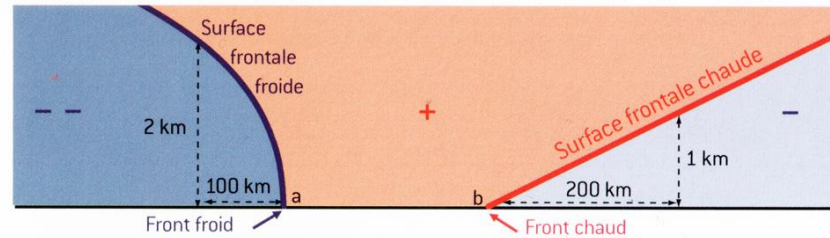


Deux plans de coupe :
A-B traverse le secteur chaud
et C-D l'occlusion.

Vue par-dessus

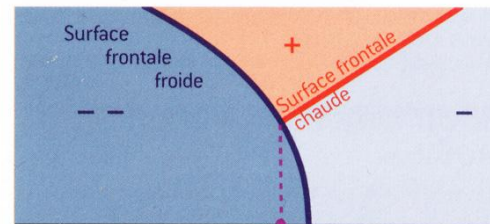


Coupe verticale à travers le secteur chaud d'une perturbation (axe A-B)



Une coupe verticale suivant A-B montre le secteur chaud encadré par les deux masses d'air froid, celle qui suit la perturbation ayant la température la plus basse. On note les différences d'inclinaison des deux fronts (particularités très importantes). La surface frontale chaude est en pente douce de 1/200 environ ; elle correspond à un glissement de l'air chaud au-dessus de la masse froide antérieure relativement peu mobile, glissement qui s'accompagne d'un lent soulèvement. La pente de la surface frontale froide est bien plus raide, bien plus brutale, de l'ordre de 1/50 ; on comprend qu'il s'agit bien là du véritable écoulement d'un fluide dense, freiné à sa base par la rugosité du sol, ce qui lui donne un profil convexe, au contact duquel les mouvements ascendants sont exacerbés.

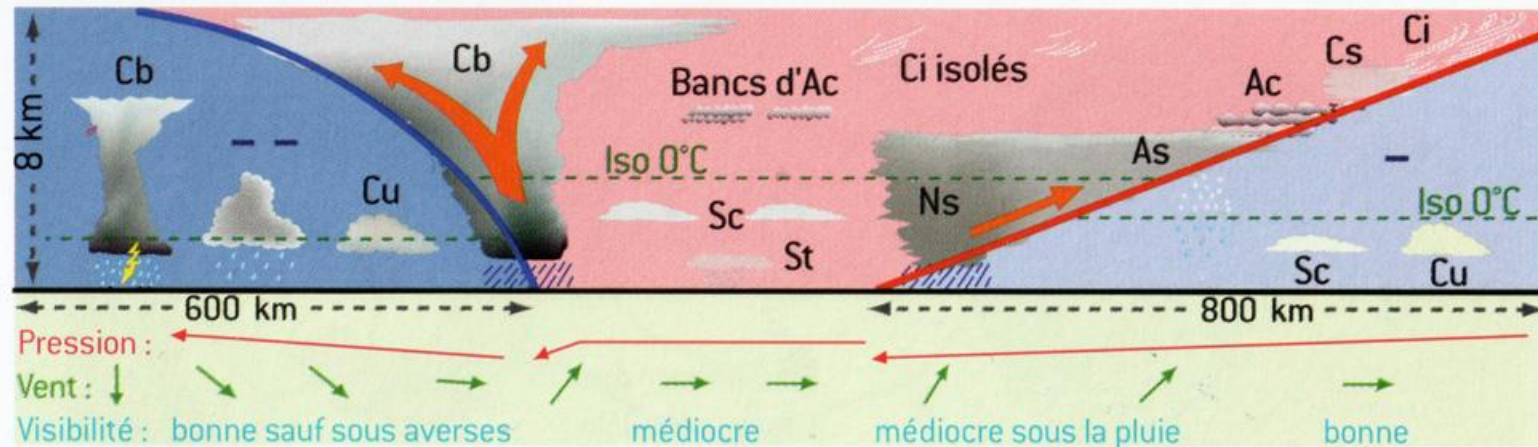
Coupe verticale à travers l'occlusion (axe C-D)



Occlusion (report du front d'altitude au sol)

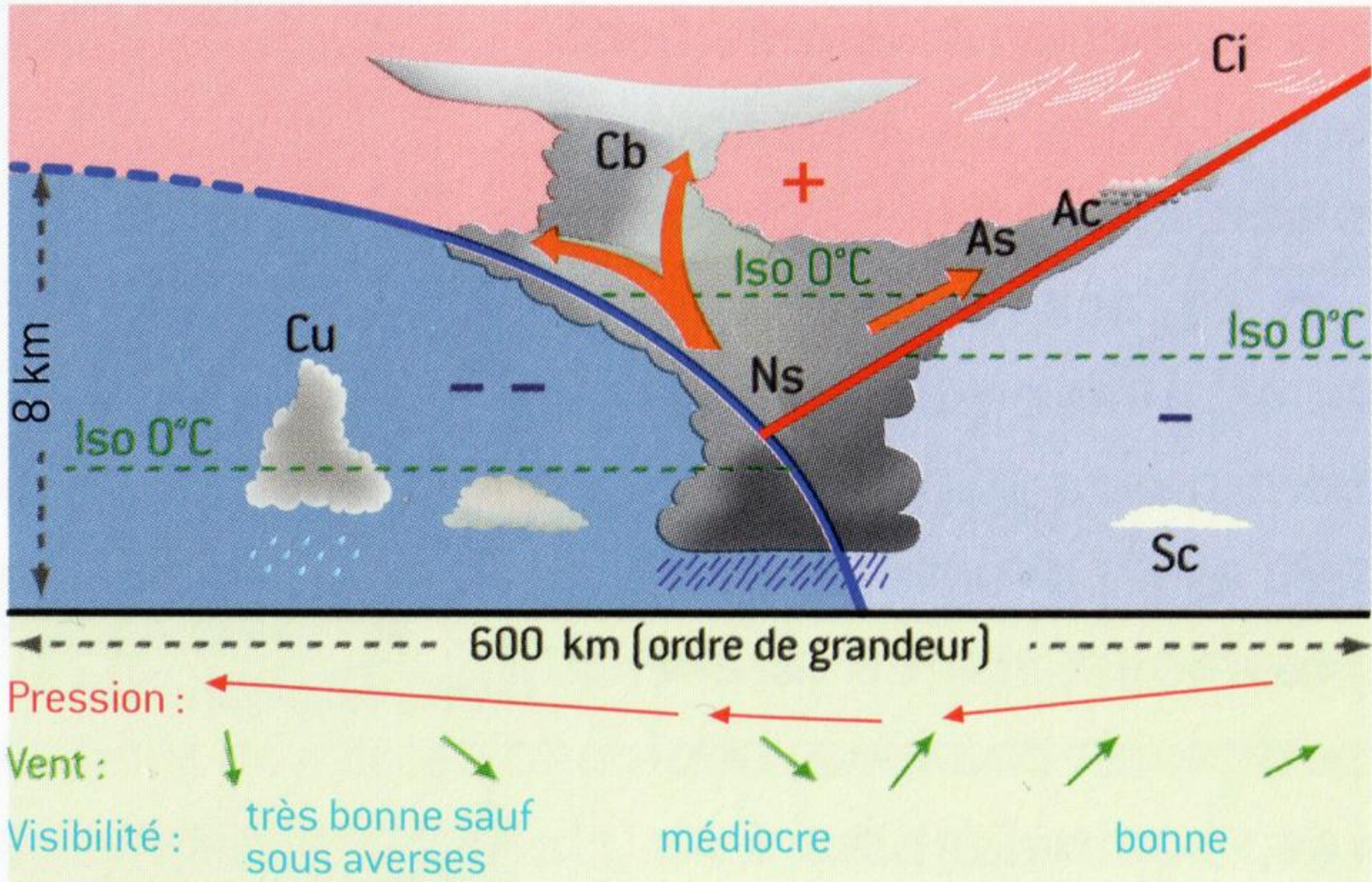
Une coupe verticale suivant C-D montre la masse d'air froid postérieure ayant rattrapé la précédente, puis la soulevant, puisqu'elle est la moins dense, propulsant dans le même mouvement ce qui reste du secteur chaud, occlus, transformé en vallée d'altitude.

Système perturbé complet

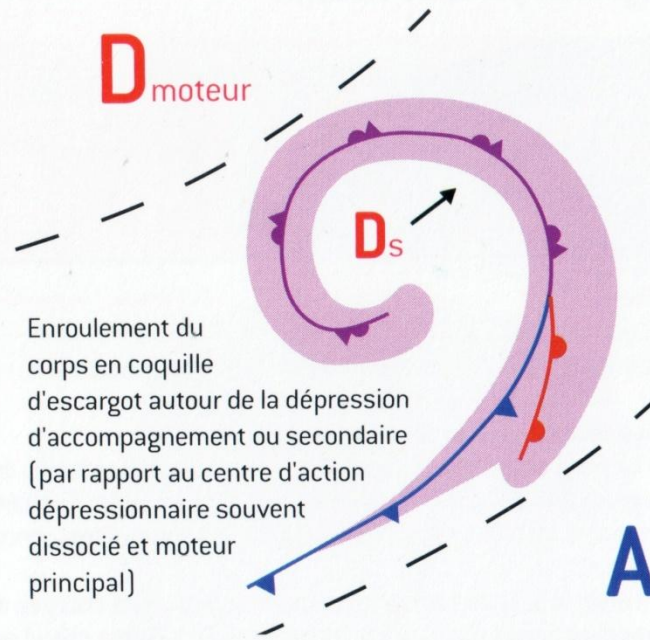
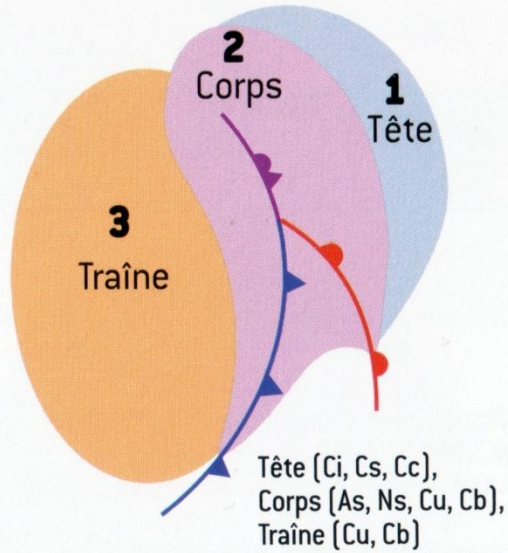


Système tel qu'il se présente en général :

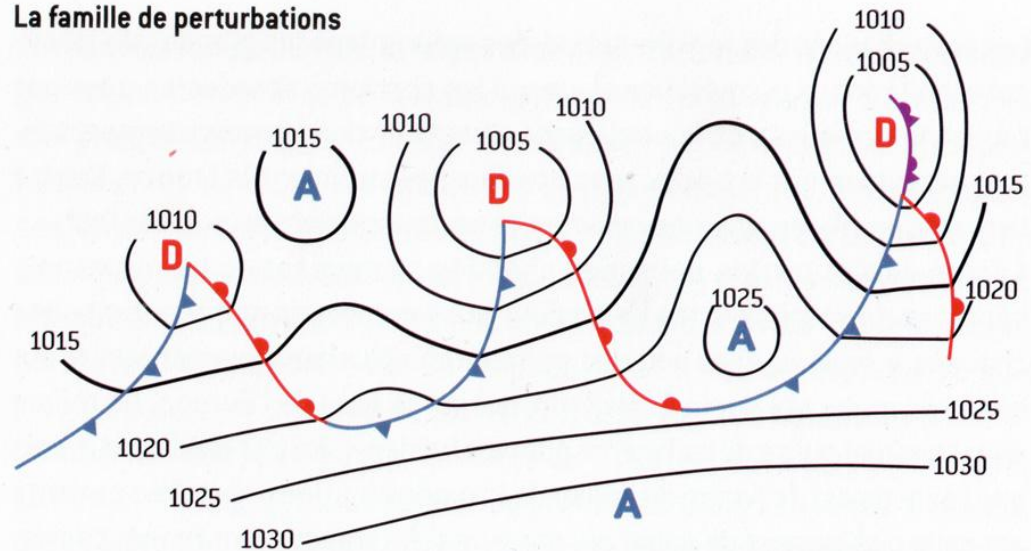
- Le front chaud où se succèdent sur plusieurs centaines de kilomètres des nuages paisibles. Premiers signes, loin devant le front : les cirrus (Ci). Le voile (Cs) s'étend, s'épaissit (As), pour aboutir au nimbostratus (Ns) et à ses précipitations tranquilles, continues et durables (neige en montagne, pluie en plaine).
- Le secteur chaud encore bien humide. Accalmie chargée de nuées plus ou moins continues ou fragmentées, à plusieurs niveaux (plus un secteur chaud est vaste plus l'amélioration est en principe marquée ; celle d'un secteur chaud très étroit passe presque inaperçue).
- Le front froid et sa violence qui génère des nuages puissants, cumulus (Cu) ou cumulonimbus (Cb) noyés souvent dans des nuages denses en couche (Ns), porteurs d'averses, d'orages aussi (en été surtout).
- La traîne, ensemble de nuages instables qui suit le front froid. Des cumulus (Cu) d'abord modestes dans un ciel bien bleu, lavé et rafraîchi, puis de plus en plus développés, jusqu'à donner des averses (Cb) à mesure que s'épaissit l'air froid, voire de l'orage lors des invasions froides océaniques vigoureuses (giboulées).
- Évolutions de la pression et de la direction du vent au cours de ces phases.

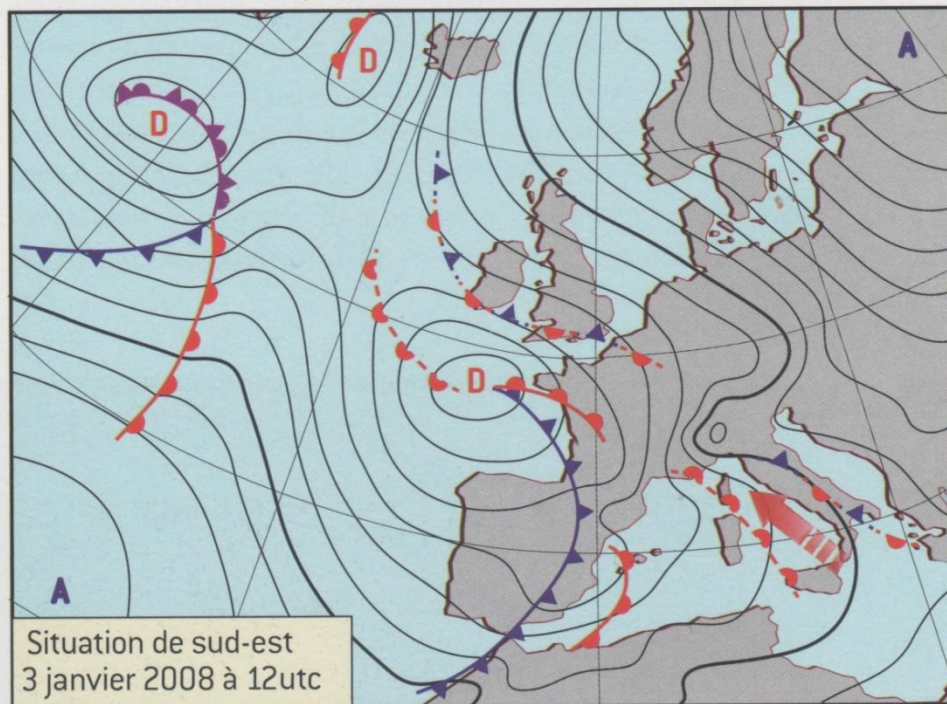
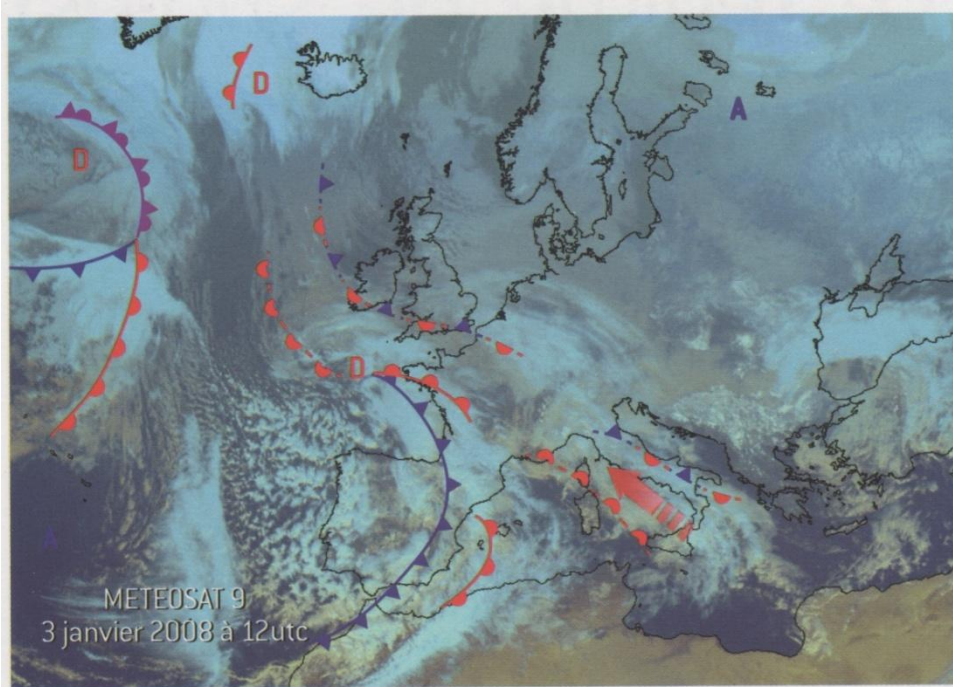


Constitution d'une perturbation



La famille de perturbations





Le cours sur l'atmosphère est basé principalement sur Sciences de l'atmosphère, une introduction, éditions de Boeck, "Petit manuel de Météo de Montagne", éditions Glénat, et Eléments de géologie, éditions Dunod.

