

Figure 1 : Composition moyenne de l'atmosphère
 Les pourcentages sont donnés en volume (ppmv : parties par million volumique)
 (in Dunod, 2021)

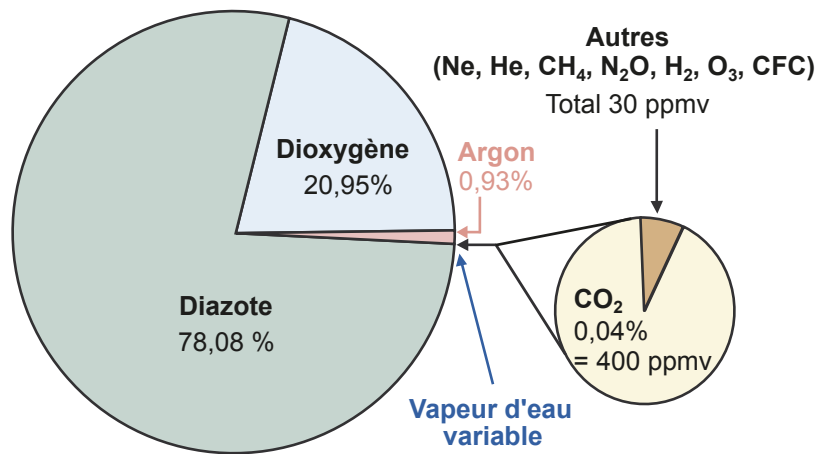
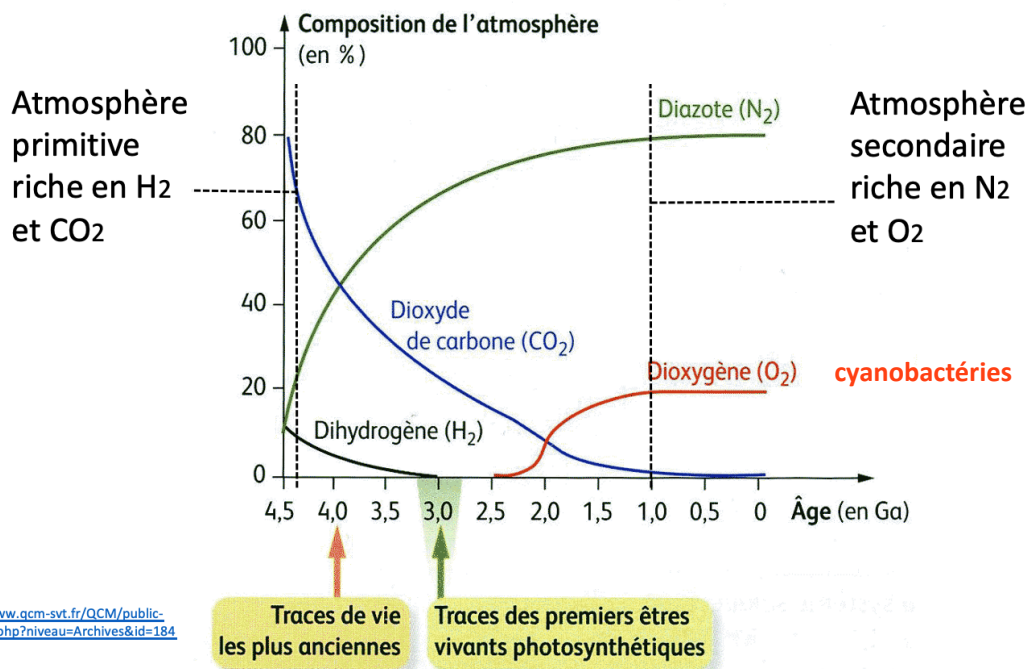


Figure 2 : évolution de la composition de l'atmosphère terrestre.



L'hydrogène et le dioxyde de carbone étaient initialement les constituants les plus abondants. L'hydrogène, trop léger, n'a pas pu être retenu par gravité et a été évacué vers les parties plus froides du Système Solaire. Le dioxyde de carbone a été solubilisé dans l'océan primitif et précipité sous forme de carbonates. Il a été ainsi fixé par les sédiments et progressivement remplacé par l'azote qui provient comme le CO₂ de l'activité volcanique mais qui ne peut être piégé dans des précipitations minérales. L'oxygène apparaît tardivement avec le développement des organismes photosynthétiques.

Figure 3 : stratification de l'atmosphère

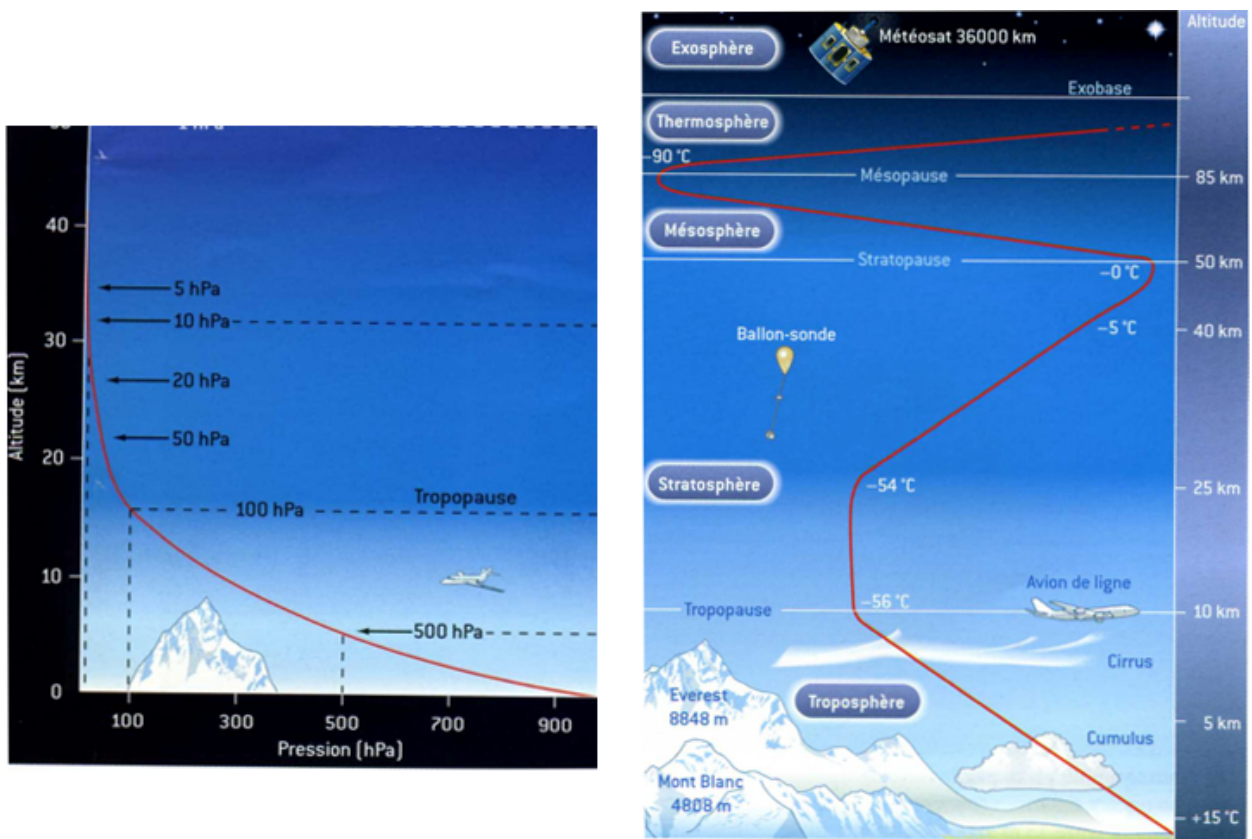


Figure 4 : profil de température et stratification de l'océan

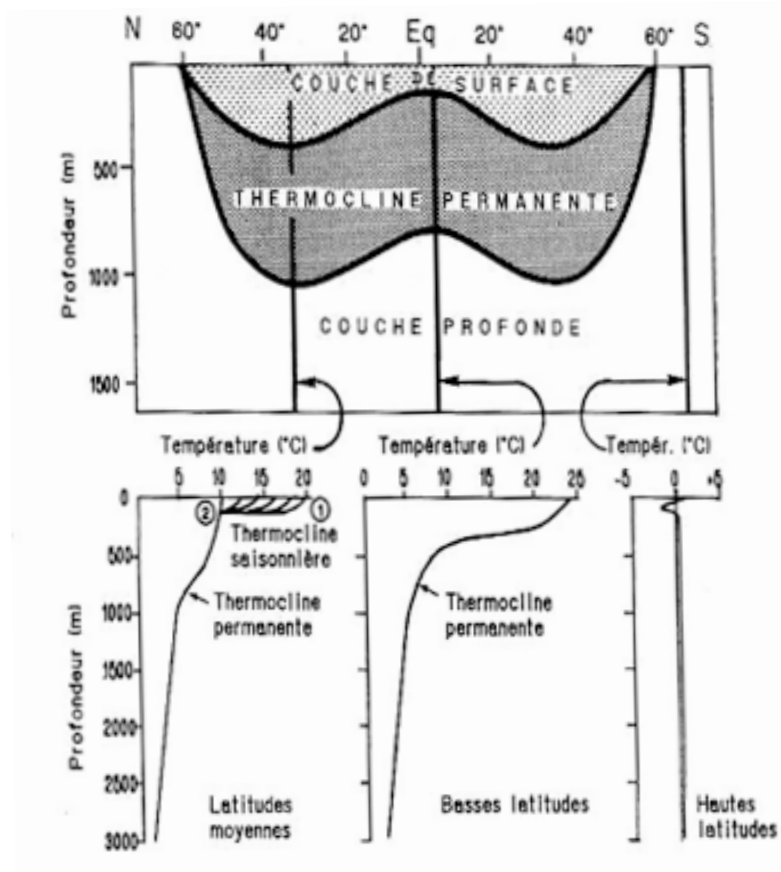


Figure 5 : Les trois couches de l’océan. Dioxygène, Co2 et matières organiques azotées.

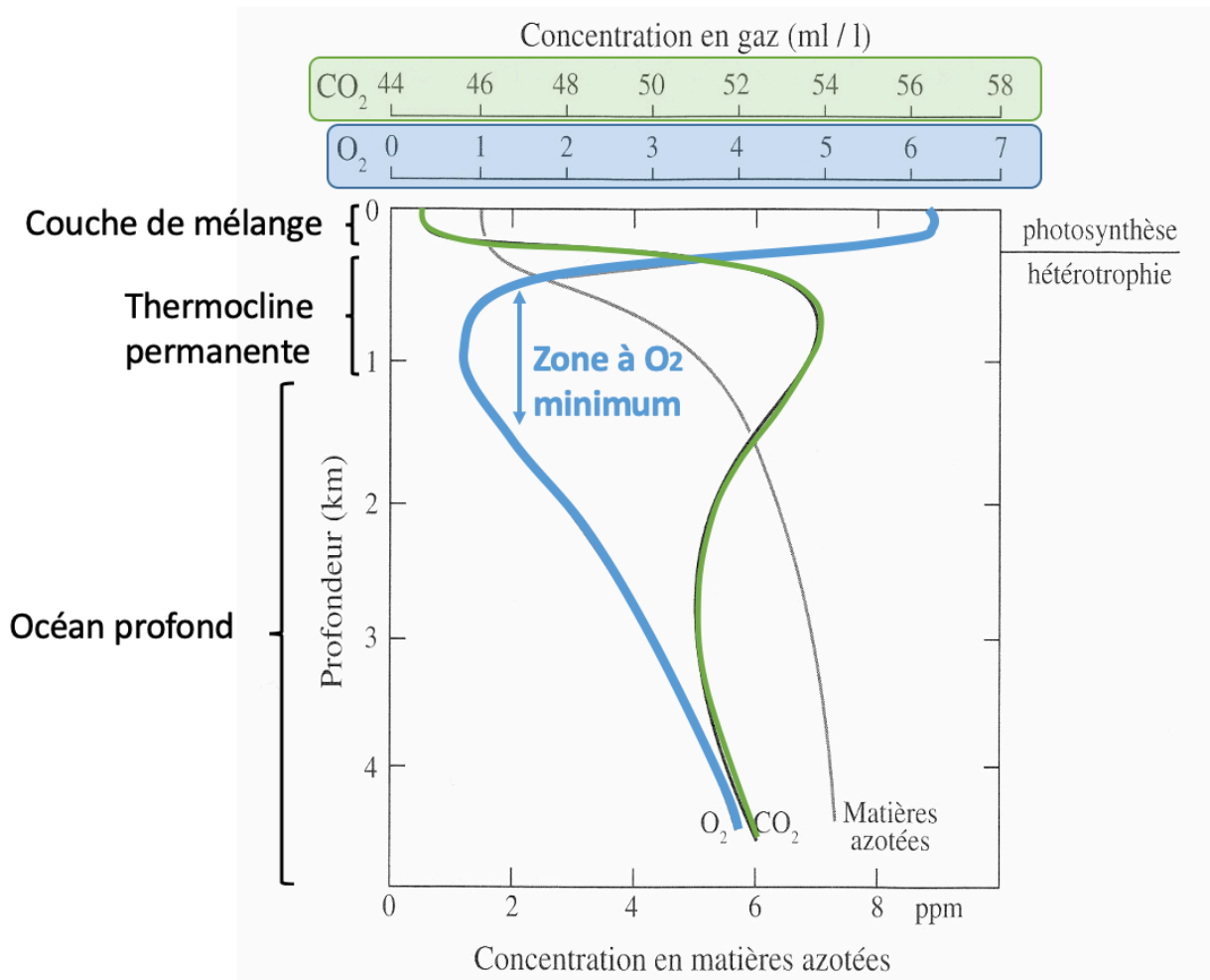
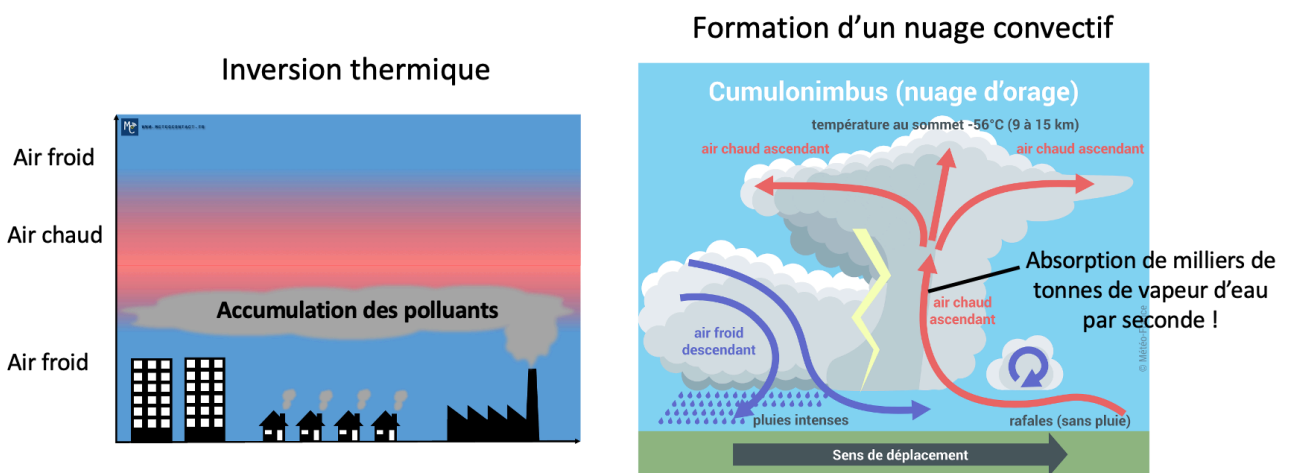


Figure 6 : des exemples de nuages
(in Renard et al., 2018)



<https://www.meteocontact.fr/pour-aller-plus-loin/les-inversions-thermiques>

<https://meteofrance.com/comprendre-la-meteo/orages/les-cumulonimbus>



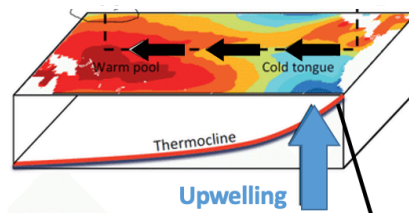
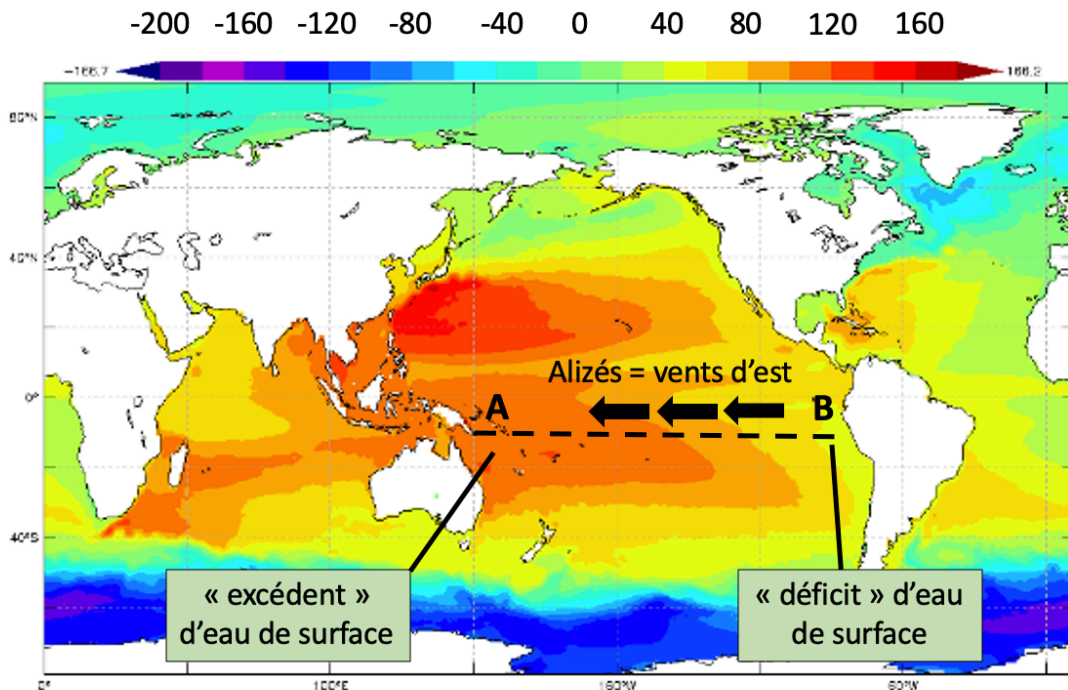
Figure 21.5 Les deux grands types de formations nuageuses.

- A.** Formation nuageuse cumuliforme, témoin d'une instabilité de la couche saturée de l'atmosphère (région du massif des Trois Couronnes, Pays basque espagnol).
- B.** Formation nuageuse stratiforme, témoin d'une stabilité de la couche saturée de l'atmosphère.

Figure 7 : L'upwelling côtier d'Amérique du sud : une zone de perturbation de la stratification océanique.

(<http://apdrc.soest.hawaii.edu/projects/DOT/> ; https://www.researchgate.net/figure/a-West-Pacific-SST-Walker-cell-and-upwelling-during-ENSO-neutral-conditions-b-West_fig6_322886947)

Variations de topographie océanique (en mm) obtenues par altimétrie satellitaire



Perturbation locale de la stratification : mélange d'eaux de surface et d'eaux profondes

Figure 8 : Effet de serre
(in Renart 2018)

Bien que relativement transparente au rayonnement solaire, l'atmosphère ne transmet pas le spectre de manière uniforme. Le rayonnement UV ($\lambda < 0,3 \text{ mm}$) est presque totalement absorbé dans les couches supérieures notamment par l'ozone stratosphérique. Dans le domaine infrarouge thermique ($\lambda > 4 \text{ mm}$), les données satellitaires montrent que des plages importantes du spectre sont absorbées par la vapeur d'eau, le CO_2 et l'ozone. Ce rayonnement infrarouge absorbé est, à son tour, réémis (fig. 20.2) soit vers l'espace ($40 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$) soit vers la surface terrestre ($324 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$). Cette réémission en direction de la surface terrestre constitue l'**effet de serre**.

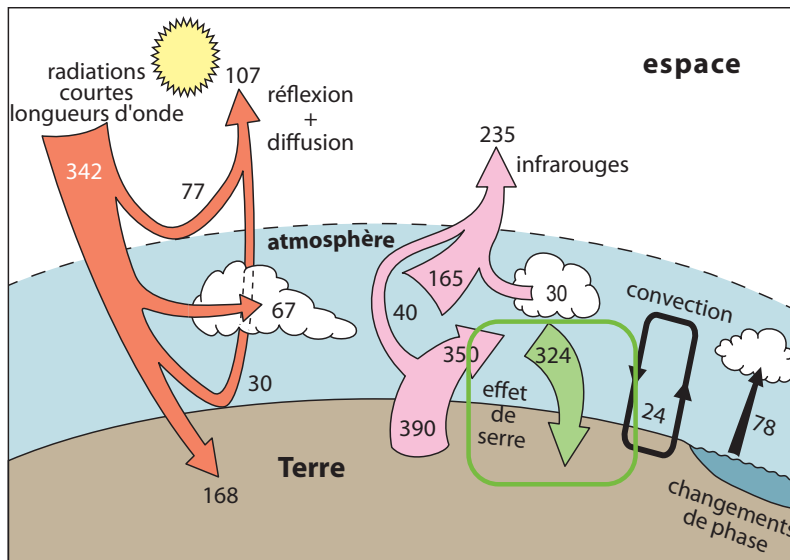


Figure 20.2 Le bilan thermique du système Terre-atmosphère (explication dans le texte).

Toutes les valeurs sont en $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$.

Figure 9 : Les échanges d'énergie par transferts radiatifs, conductifs, convectifs et par variations d'enthalpie liés aux changements d'état de l'eau

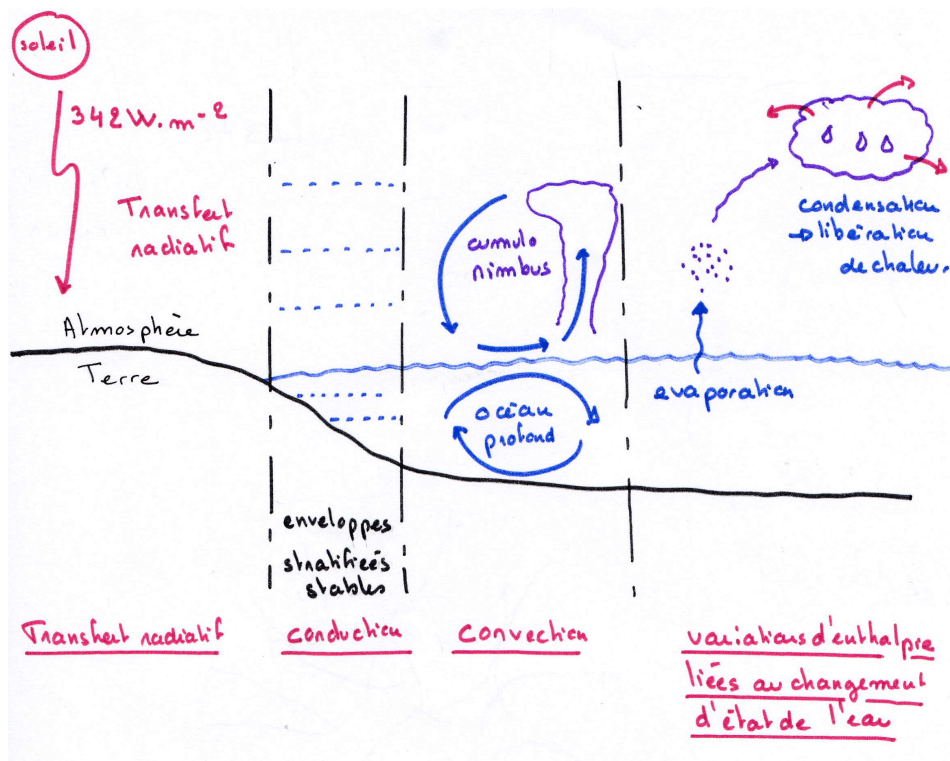


Figure 10 : Le bilan radiatif moyen de la Terre
<http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt/spip.php?article3004>

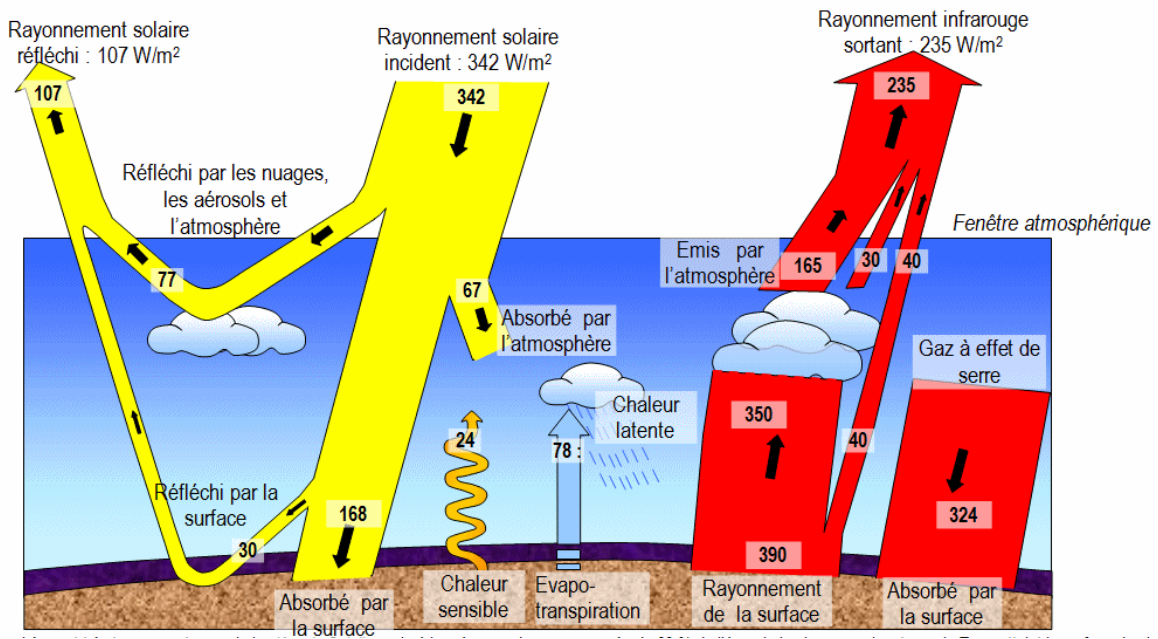
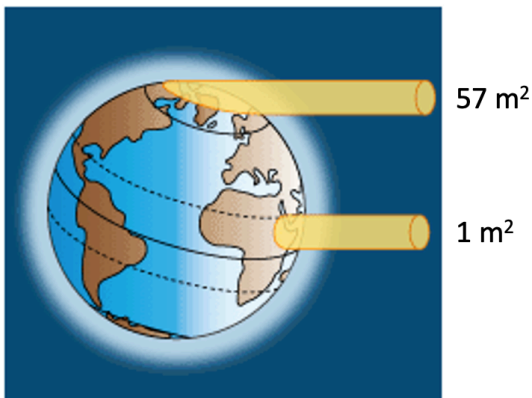
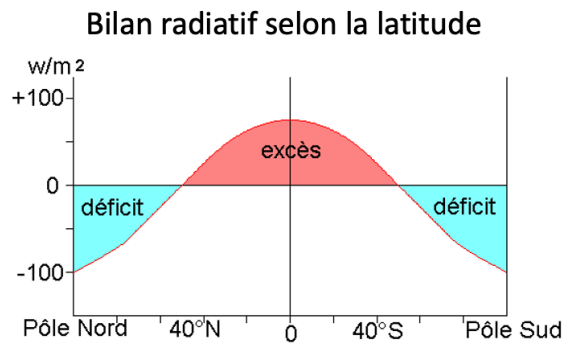


Figure 11 : L'inégale répartition de l'énergie solaire à la surface de la Terre.

Emprise au sol d'un même faisceau de radiation solaire



<http://systeme-solaire-svt.e-monsite.com/pages/la-terre-dans-le-systeme-solaire/l-energie-solaire-est-inegalement-repartie-a-la-surface-du-globe.html>



<https://www.u-picardie.fr/beauchamp/mbg6/atmos.htm>

Répartition du flux solaire moyen absorbé par le sol ou l’océan

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=652995>

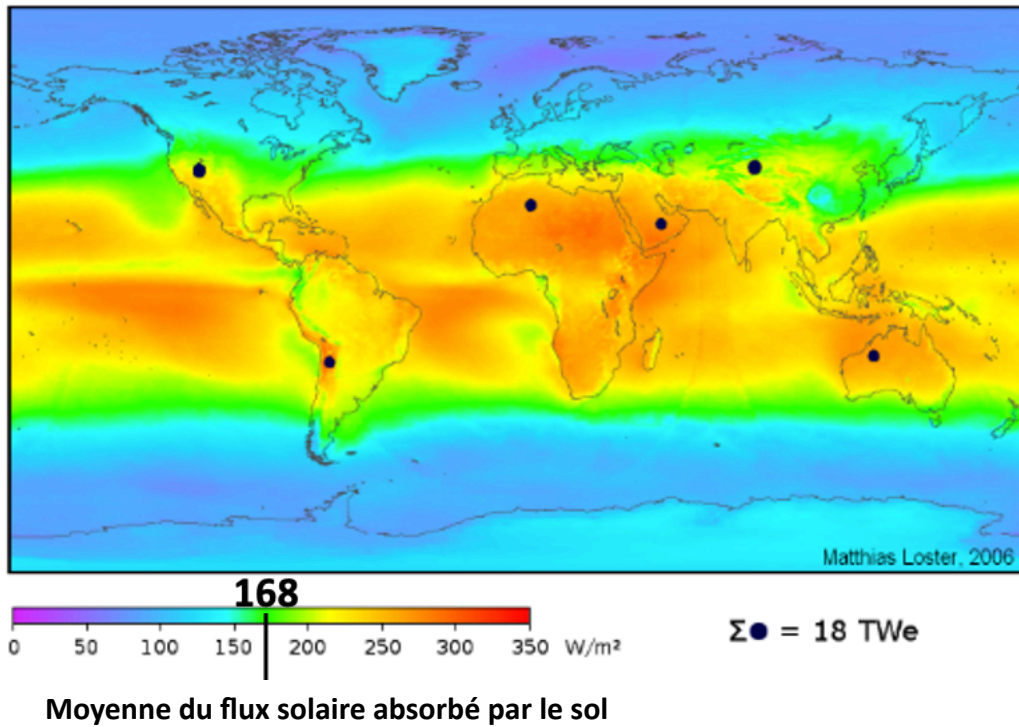
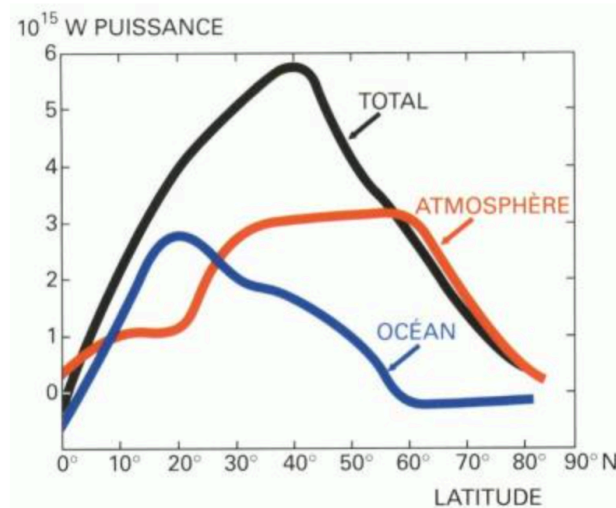


Figure 12 : La redistribution latitudinale de l’énergie par les enveloppes fluides (<https://books.openedition.org/irdeditions/25553>)



Le transport thermique océanique (en bleu) est voisin de zéro à l’équateur, puis atteint près de $3 \cdot 10^{15}$ watts (ou 3 petawatts) à 20° de latitude. Le transport atmosphérique (en rouge), au contraire, est maximal entre 30° et 70° de latitude. À noter que la puissance de 1 petawatt (ou 10^{15} watts) est équivalente à celle d’un million de centrales nucléaires de 1 000 mégawatts chacune ! D’après Vonder Haar et Oort (1973).

Figure 13 : La pseudo-force de Coriolis et al circulation atmosphérique

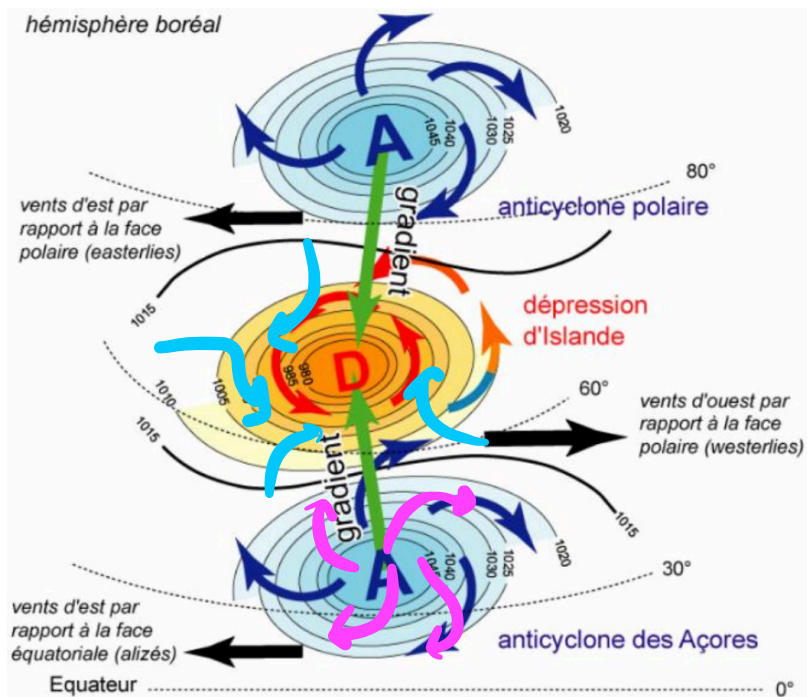
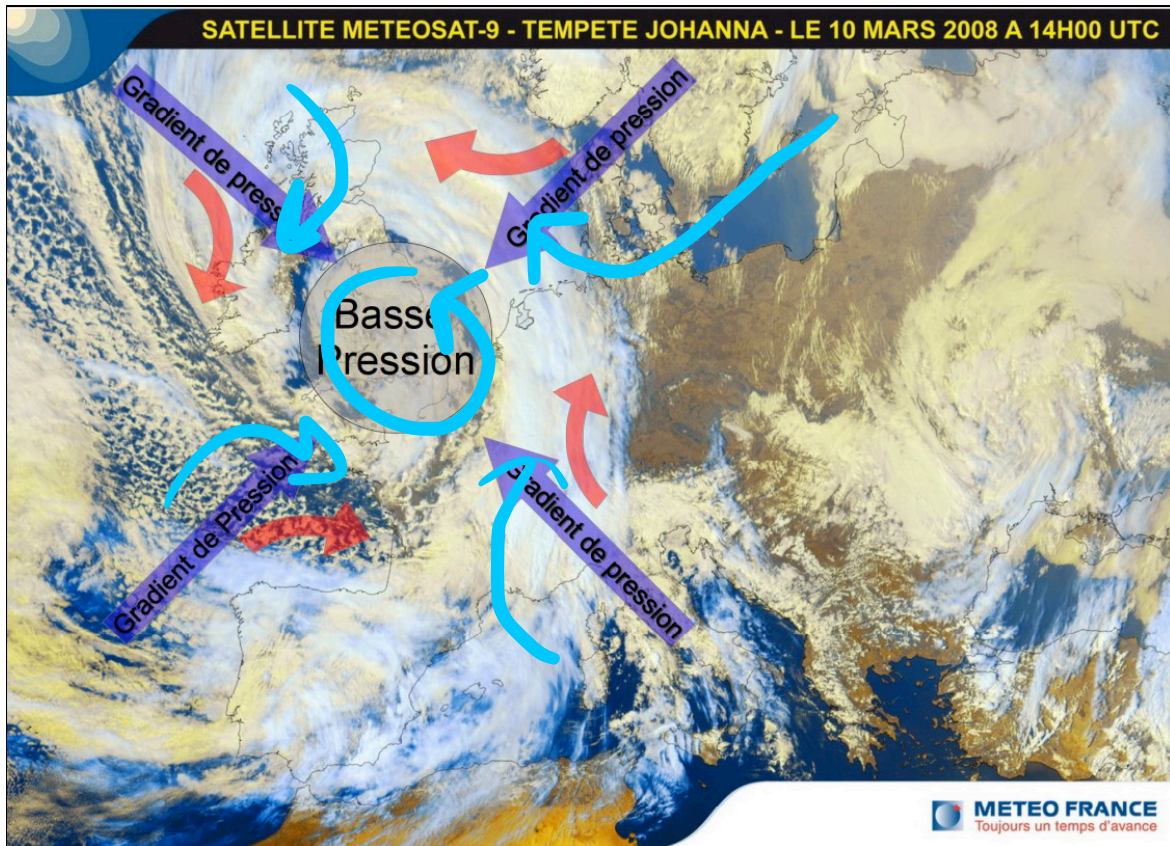
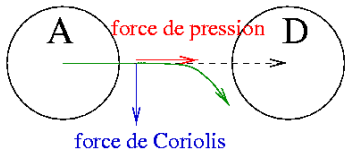


Schéma général de la circulation atmosphérique dans l'hémisphère boréal

Figure 14 : Equilibre géostrophique (hémisphère Nord, mB = millibars)



En pointillés, la trajectoire sans force de Coriolis.
La vraie trajectoire est en vert.

Formation d'un vent géostrophique

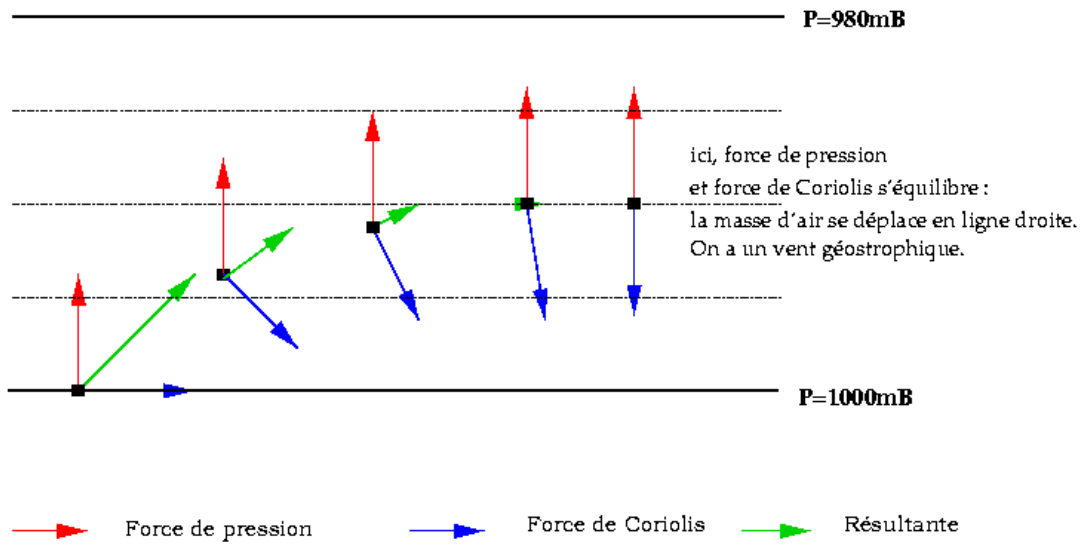
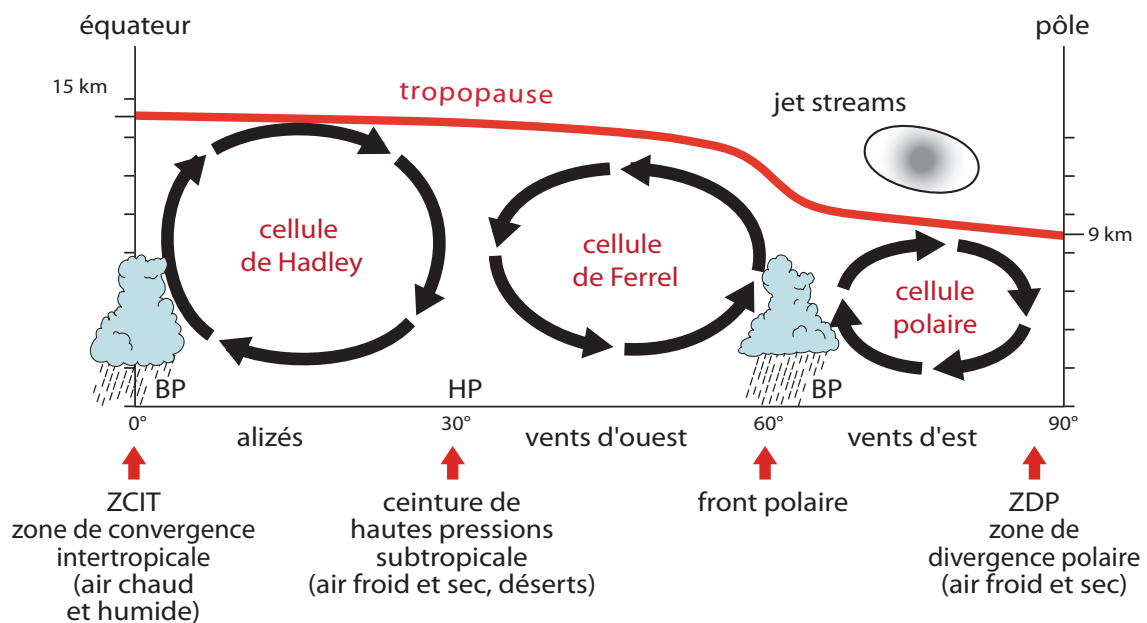
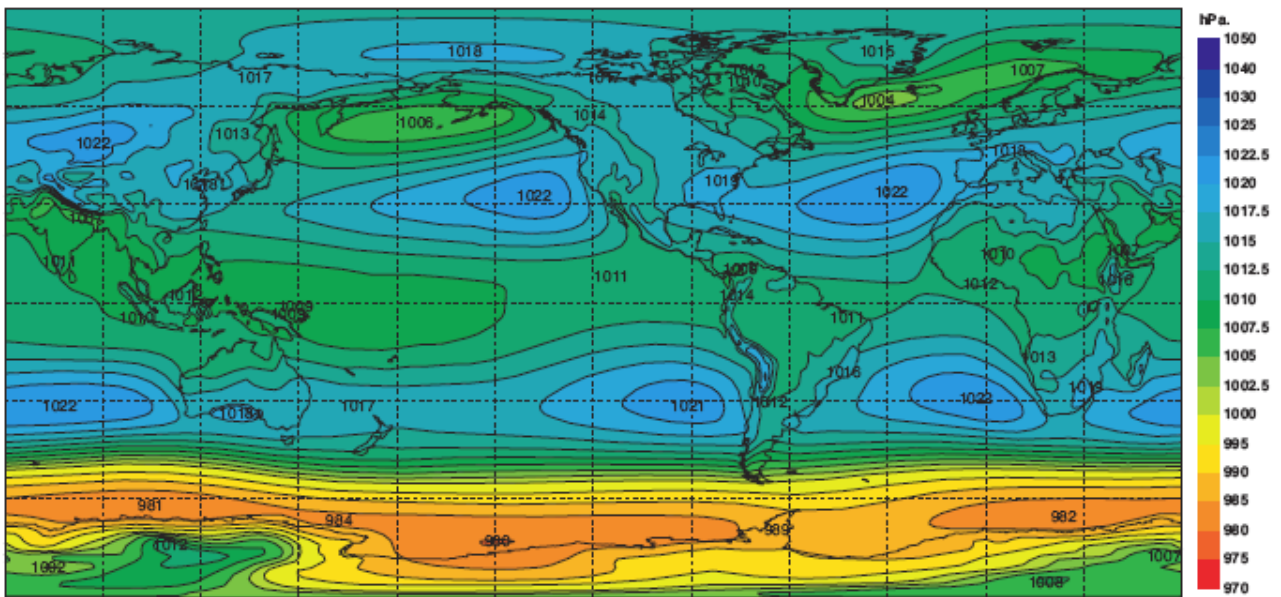
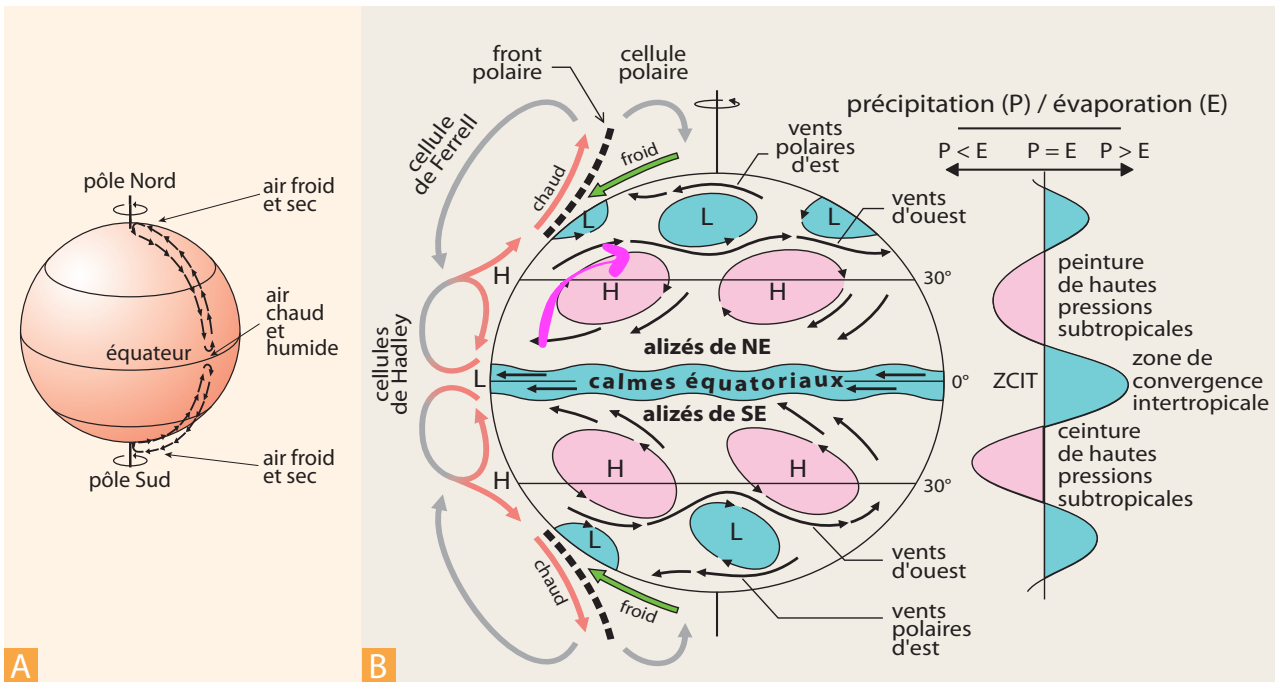


Figure 15 : Les trois types de cellules de convection atmosphériques. (in Renard, 2016)





Champ de pression moyenne annuelle (moyenne sur 45 ans) au niveau de la mer.

Les pressions au niveau de la mer sont indiquées en hectopascals (hPa) ; les zones en bleu correspondent aux hautes pressions (« **anticyclones** »), les zones vertes / oranges, aux basses pressions (« **dépressions** »). Les lignes joignant les points d'égalité de pression sont les **isobares**.

Figure 16a : Une cellule de convection atmosphérique, avec les zones anticyclonique et dépressionnaire.

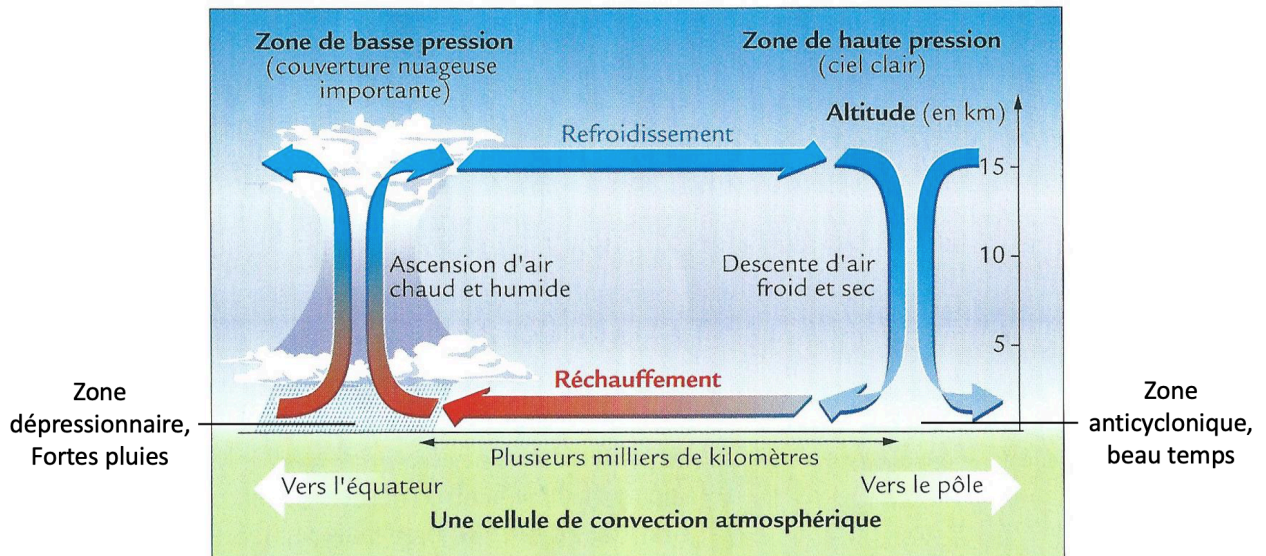


Figure 16b : Lien entre circulation atmosphérique et climats

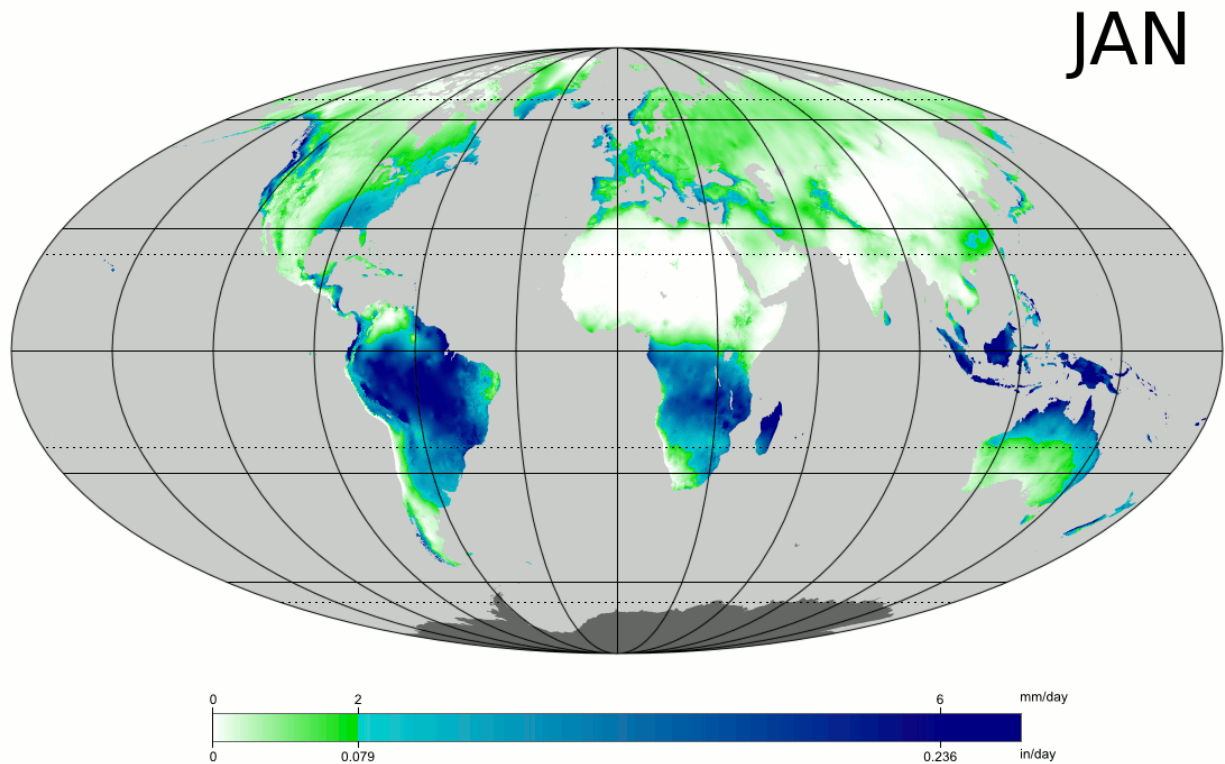


Figure 17a : La ZCIT et ses variations

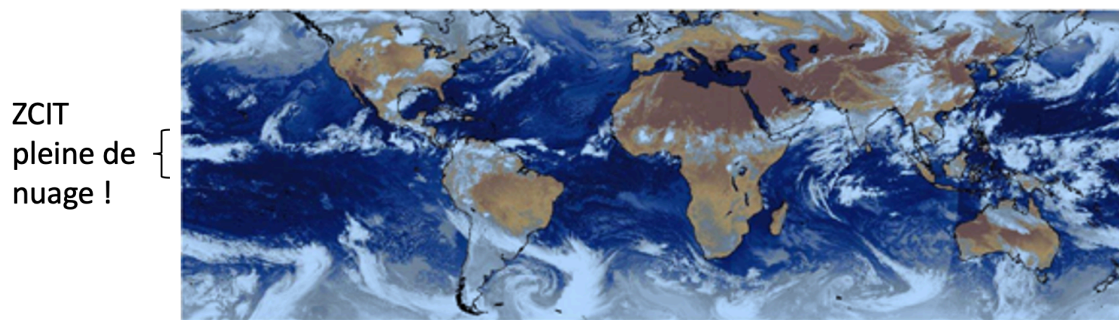
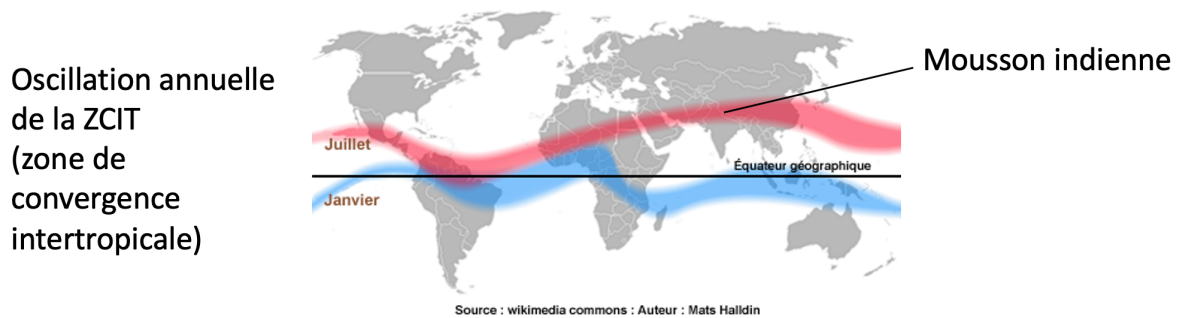


Figure 17b : Les alizés et la formation de la cellule de Walker dans l'océan Pacifique. (in Dunod, 2021)

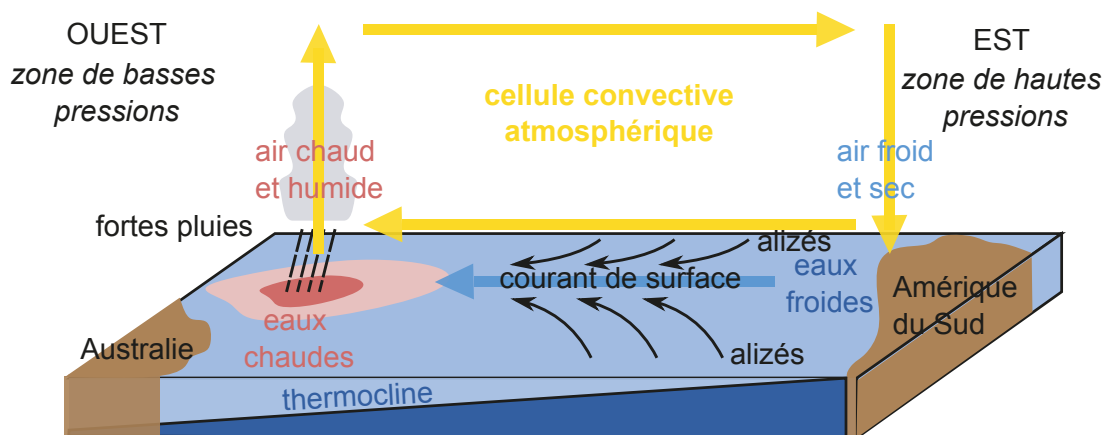
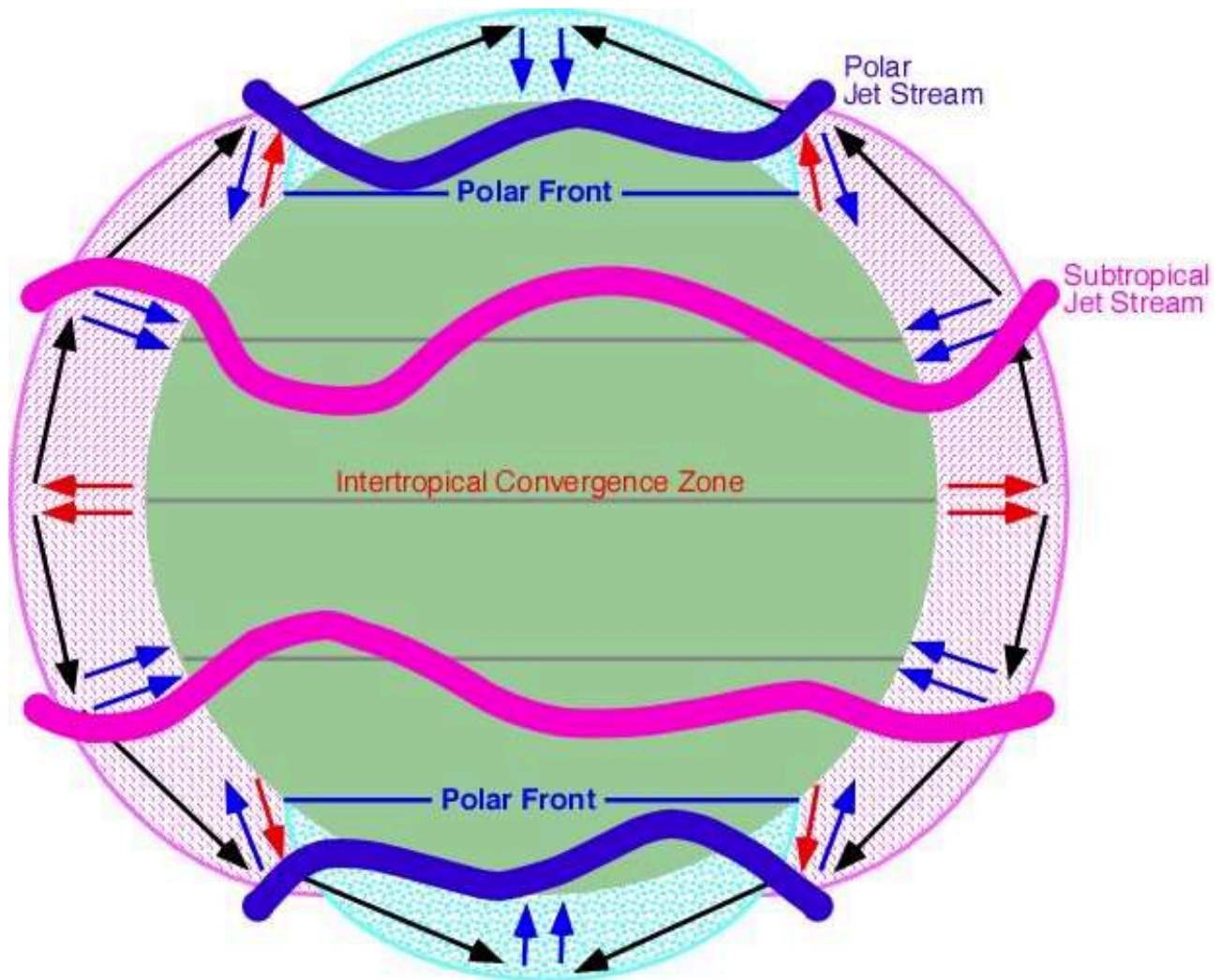


Figure 30.3 Cellule de Walker du Pacifique vue en coupe.

Figure 18 : Les jet d'altitude
 (<https://www.futura-sciences.com/>)

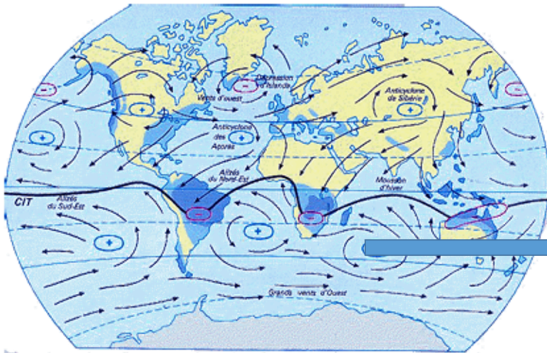


Les courants-jets dans les deux hémisphères se forment au niveau de la branche descendante des cellules de circulation atmosphérique. En rose, les courants-jets subtropicaux (*subtropical jet streams*). Ces vents sont générés au niveau de la branche descendante de la cellule de Hadley, qui distribue l'air de l'équateur (flèches rouges) vers les plus hautes latitudes. En bleu, les courants-jets des latitudes moyennes. Ces vents sont générés au niveau de la branche descendante de la cellule de Ferrel. © M. Pidwirny, *Fundamentals of Physical Geography*, 2006

Figure 19 : comparaison des courants troposphériques et des courants marins de surface.

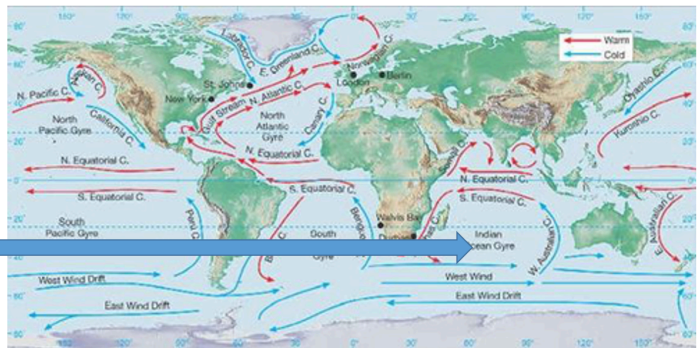
Circulation des vents en janvier

Vitesse : dizaines à centaines de km/h



Courants de surface

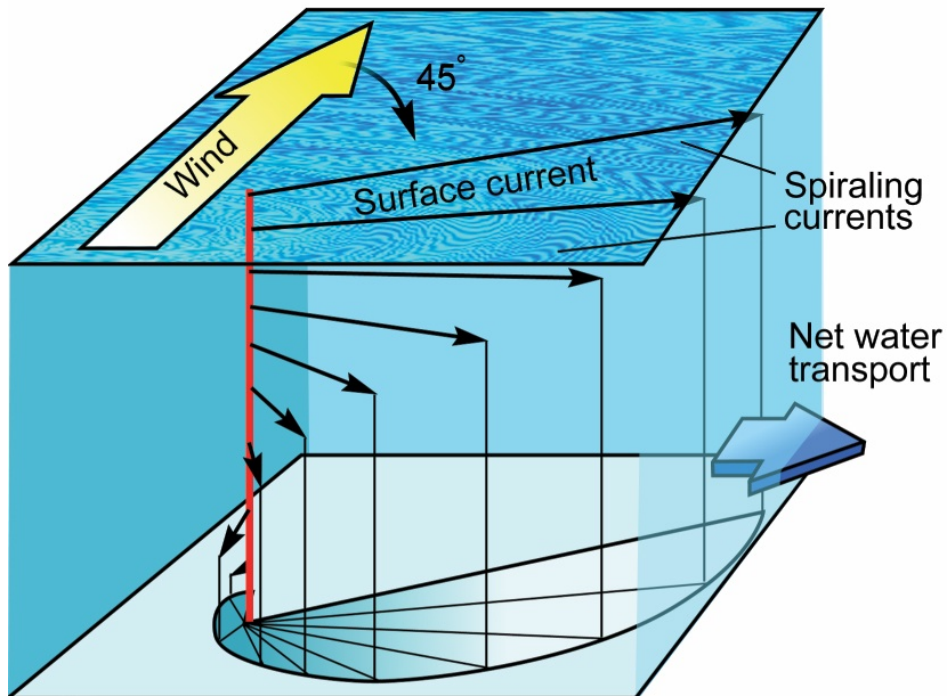
Vitesse ≈ 10 km/h



Un exemple de couplage mécanique entre un anticyclone et un gyre

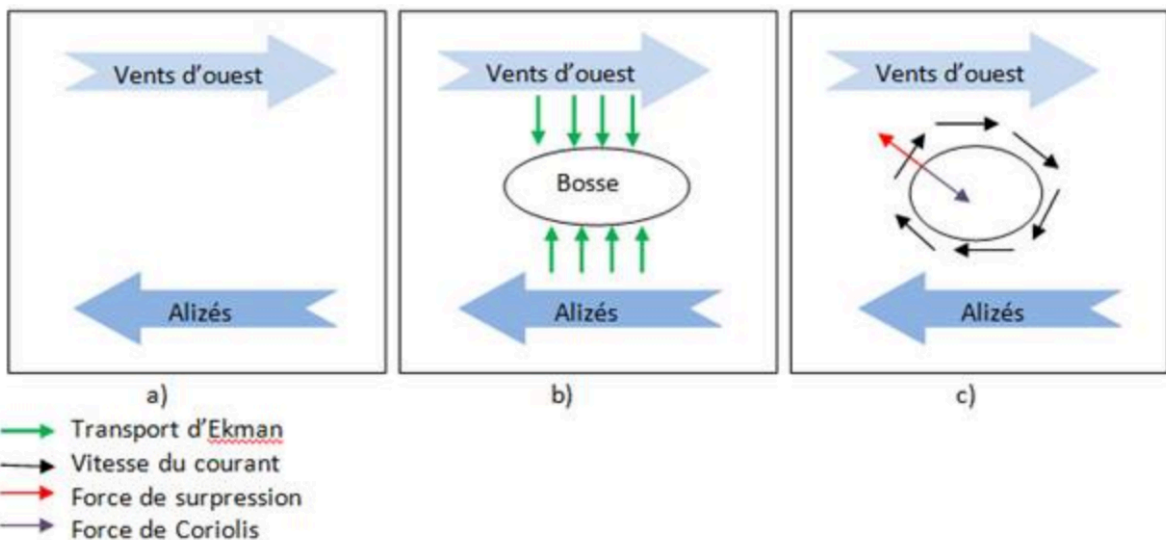
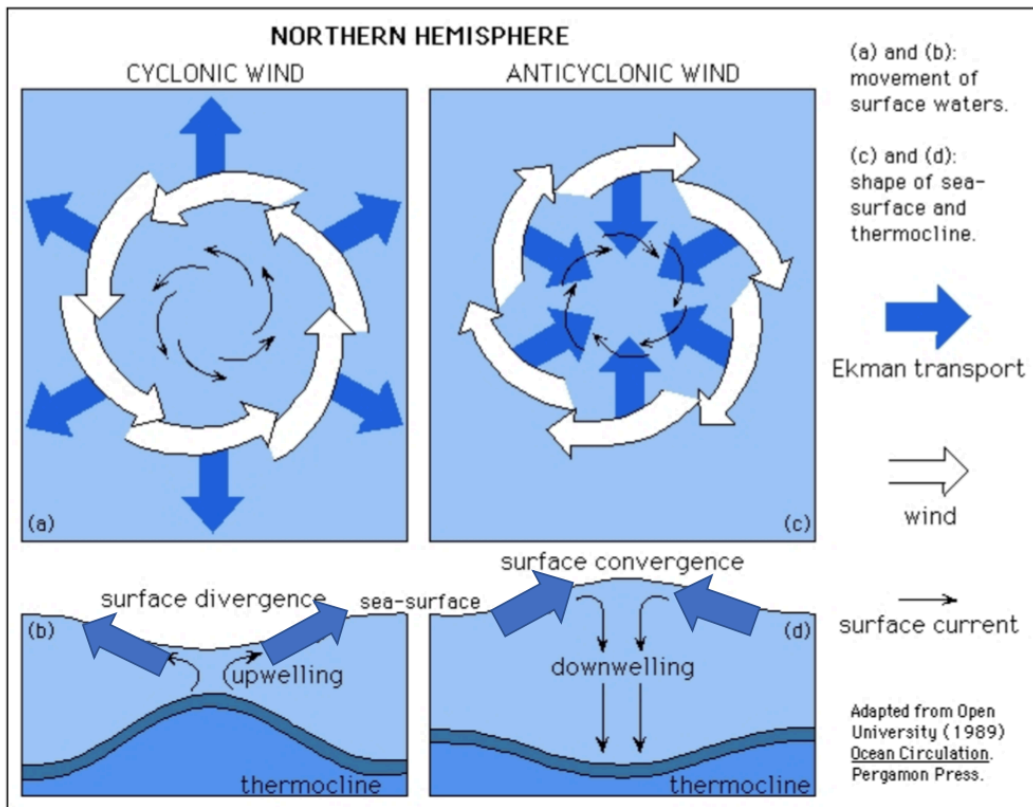
Total : 5 grands gyres fortement corrélés aux courants de surface

Figure 20 : Le couplage mécanique troposphère-océan : la spirale d'Ekman et ses conséquences

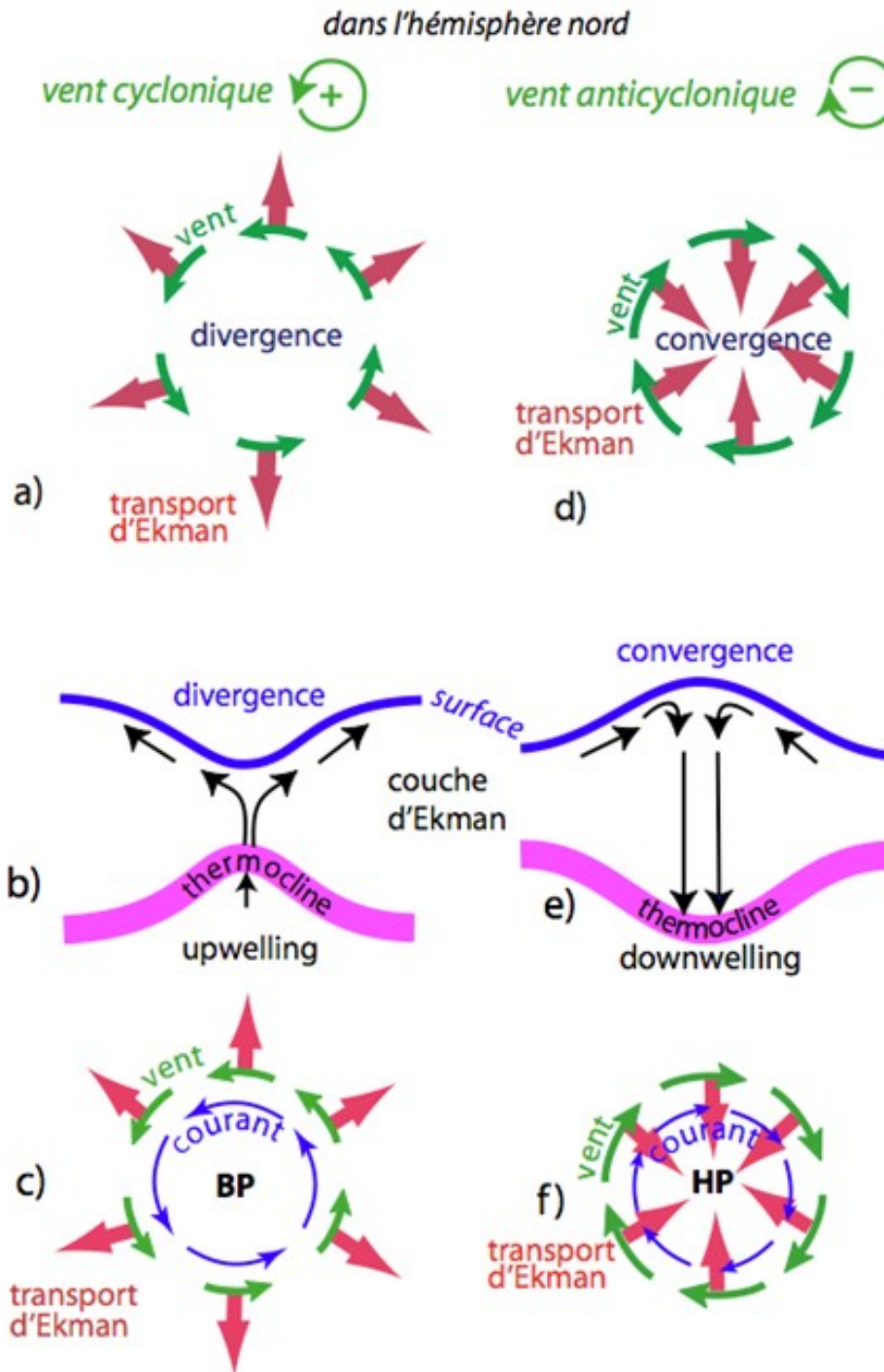


Copyright © 2006 by John Wiley & Sons, Inc. or related companies. All rights reserved.

Formation du gyre subtropical
<https://www.emse.fr>



L'eau tend à s'écouler radialement autour de cette bosse, écoulements soumis à l'effet Coriolis et desquels naissent des courants circulaires en rotation horaire autour de cette « bosse ». Leur vitesse est telle que la force de Coriolis dirigée vers le centre de l'élévation compense la surpression. Cet équilibre (force de Coriolis=force de pression) est appelé « **équilibre géostrophique** ».

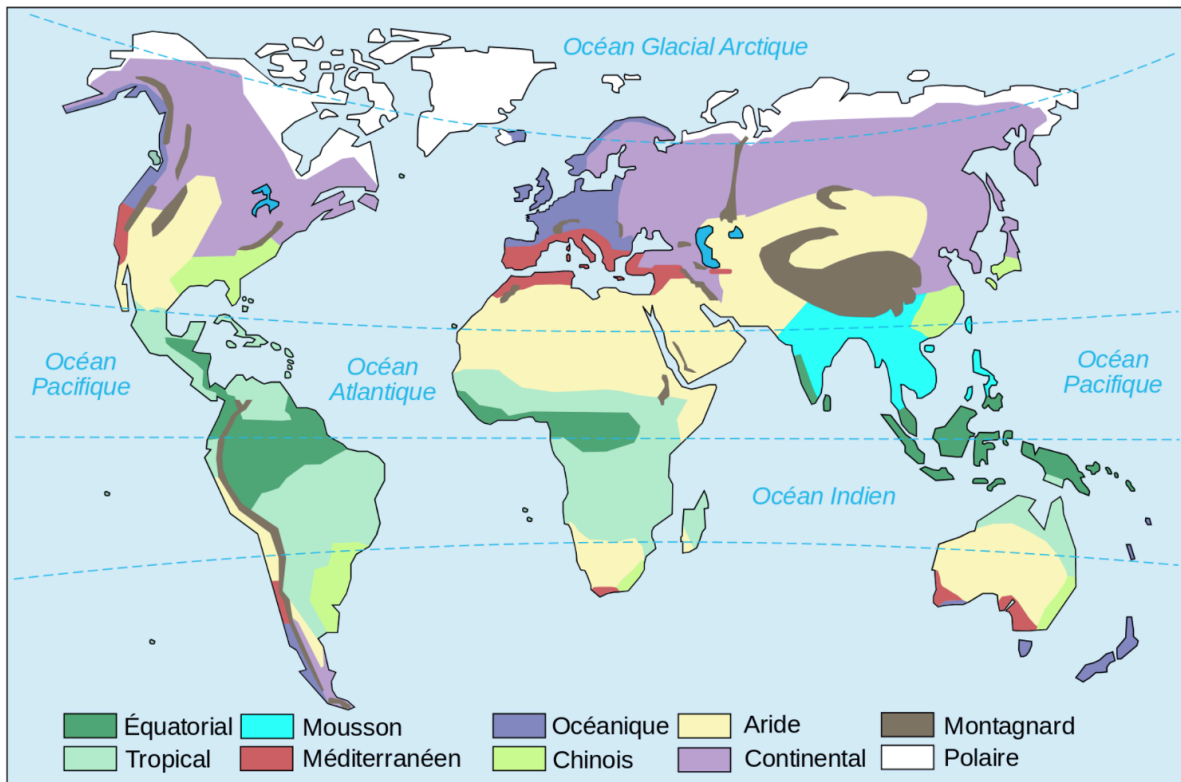


L'océan planétaire, Michèle Fieux et Chantal Andrié, ENSTA, 2010

Figure 1-65- Transports d'Ekman associés
 (a) à des vents cycloniques et une divergence ou
 (d) à des vents anticycloniques et une convergence ;
 (b) upwelling et (e) downwelling et pentes de la surface et de la thermocline associées ;
 (c) et (f) courants géostrophiques engendrés par les gradients de pression résultants
 (d'après Ocean Circulation, 1989).

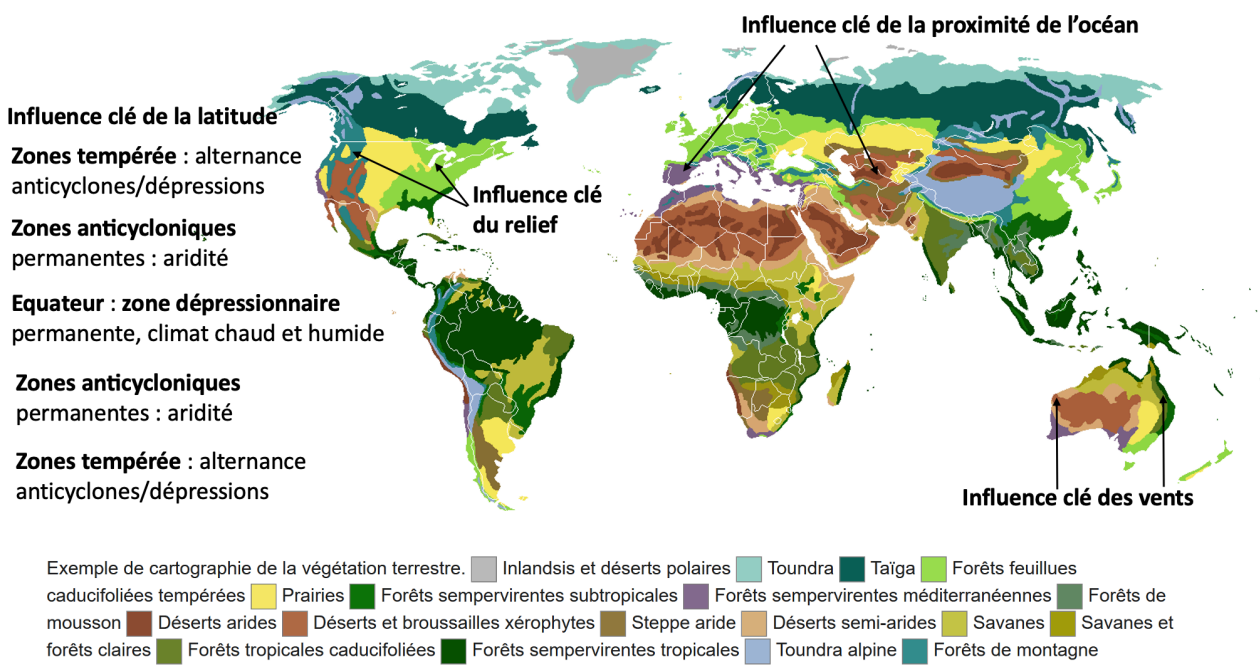
Figure 21 : Le lien entre les climats et le vivant

La répartition des climats



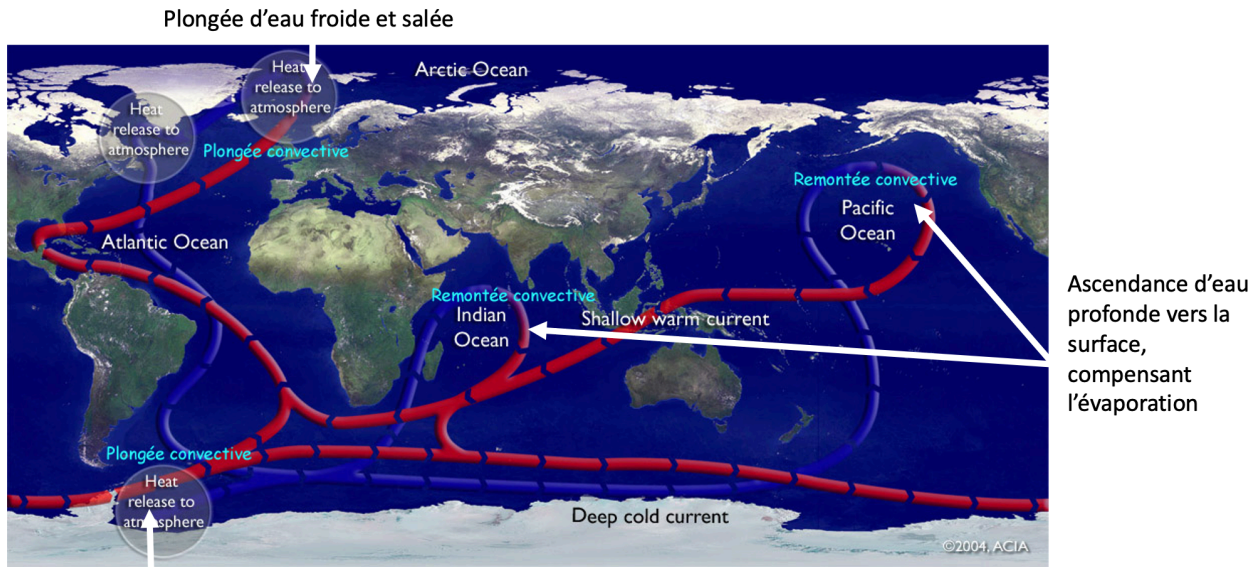
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Map_world_climate_zones_\(simplified_to_10\)-fr.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Map_world_climate_zones_(simplified_to_10)-fr.svg)

La répartition des grands biomes



Par Sten Porse — Image:Vegetation.png, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3344457>

Figure 22 : La circulation méridienne de recouvrement
(in Dunod 2021)



http://aces.ens-lvon.fr/aces/thematiques/paleo/systemclim/gulfstream/pages_gulfstream/dossientif/descriptifgulfstream/circulthermohal

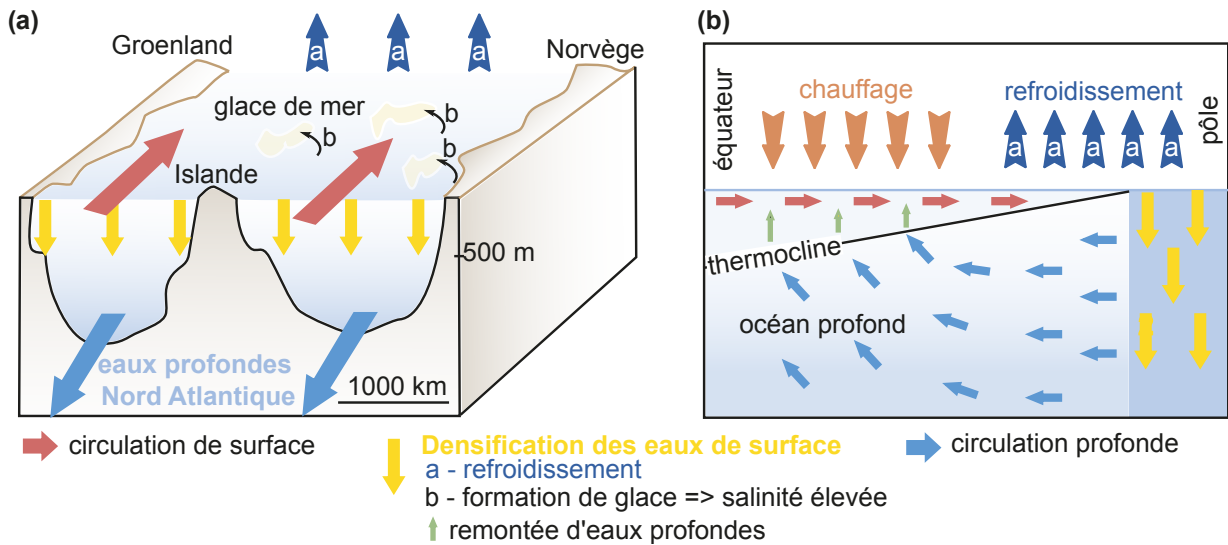
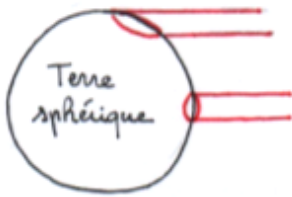


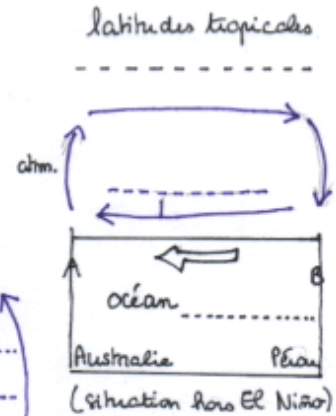
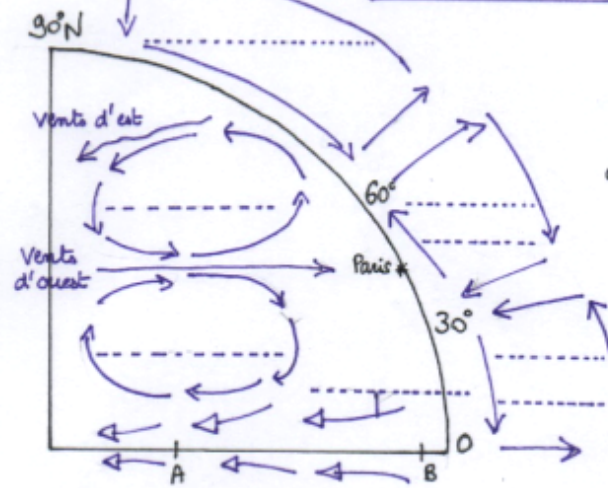
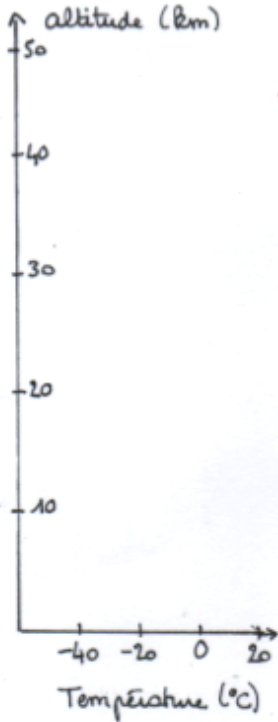
Figure 30.9 Processus induisant la convection profonde (a) et schéma général montrant le principe de la circulation convective due aux gradients de densité (b).

Flux solaire :

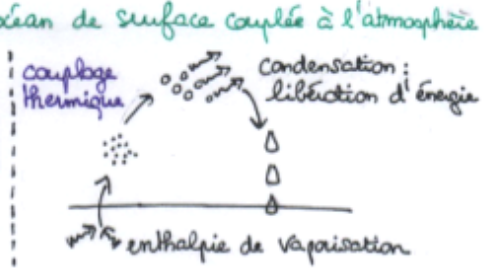
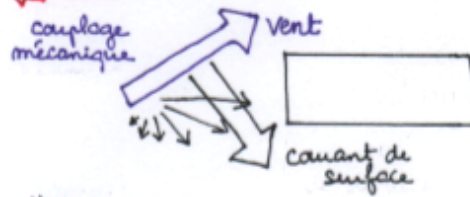


Inégale répartition

↳ redistribuée par des mouvements de l'atmosphère et de l'océan
 ↳ ceux-ci sont responsables des climats
 ↳ eux-mêmes responsables des liomes



↳ **Océan**



vitesse :

* circulation de l'océan profond :

