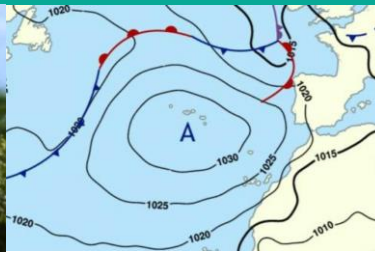


21 décembre



UE Sciences de la Terre :
« Système Terre, Climat, Energies »
L1 – PCST
La Circulation atmosphérique

Alison Pereira

alison.pereira@universite-paris-saclay.fr



Plan

Introduction

I/ Les saisons et zones climatiques

II/ Les mouvements de l'atmosphère

III/ La circulation atmosphérique

IV/ Impact des continents et océans

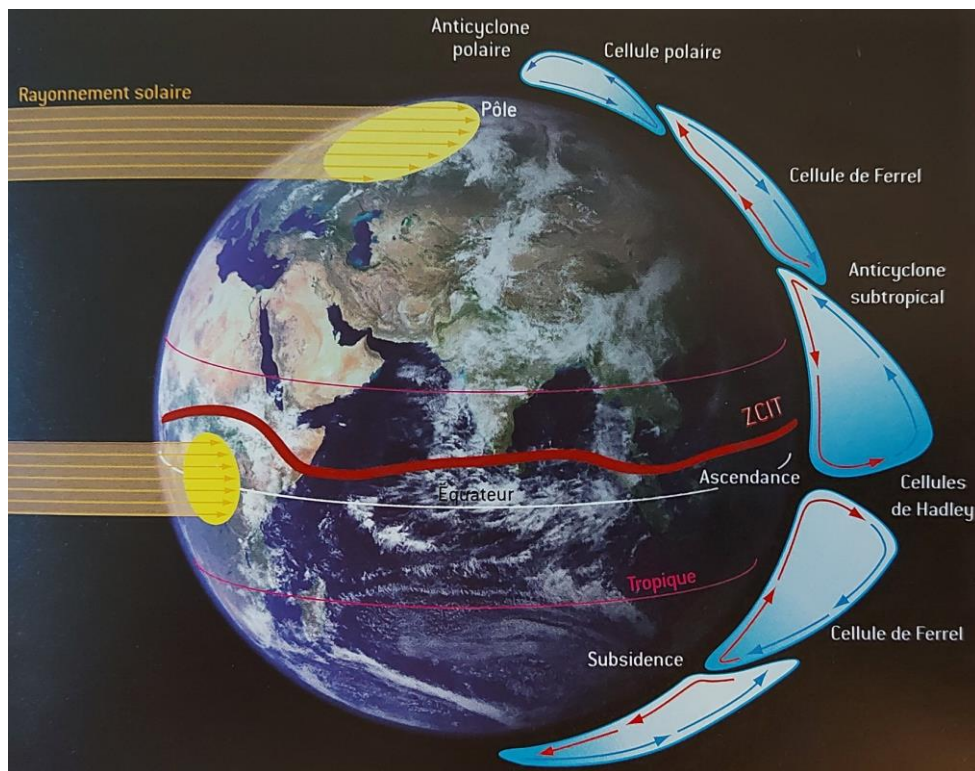
Introduction



Introduction

Introduction

Schéma simplifié de la circulation atmosphérique



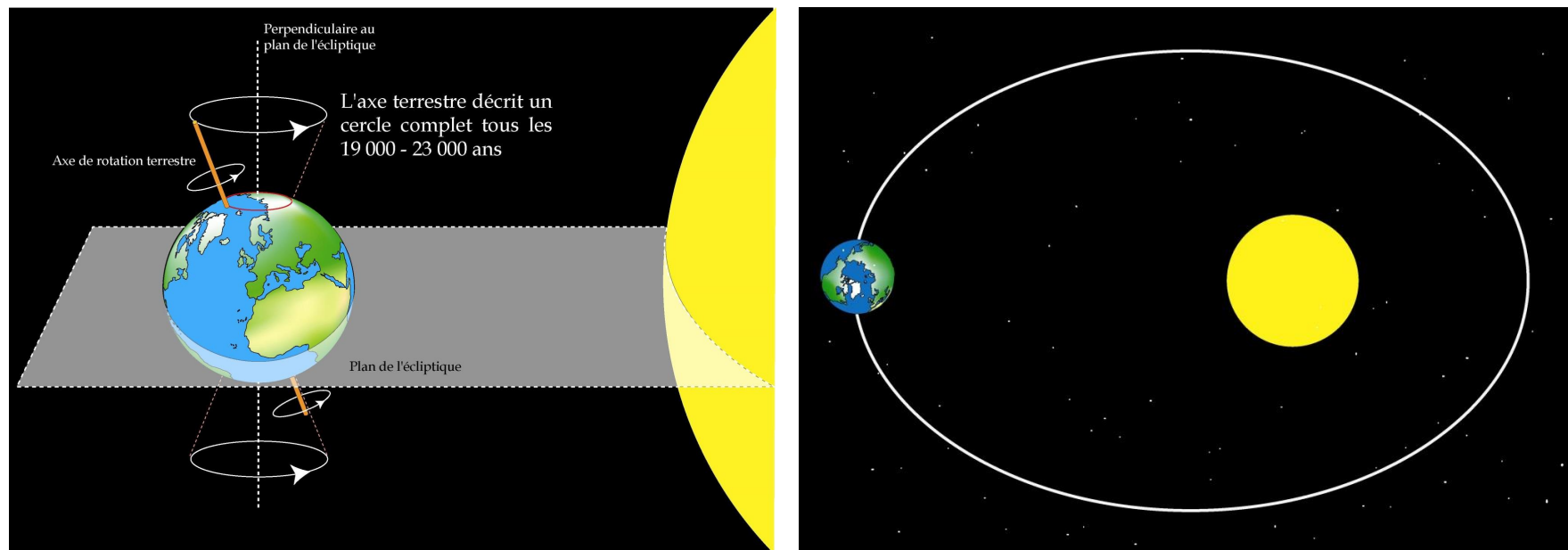
Rotondité et
Obliquité de la
Terre



Energie solaire
varie en fonction
de la Latitude

Introduction

Le **Bilan radiatif, nul**, est une moyenne du rayonnement solaire reçu et du rayonnement émit par la Terre

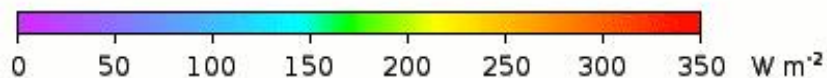
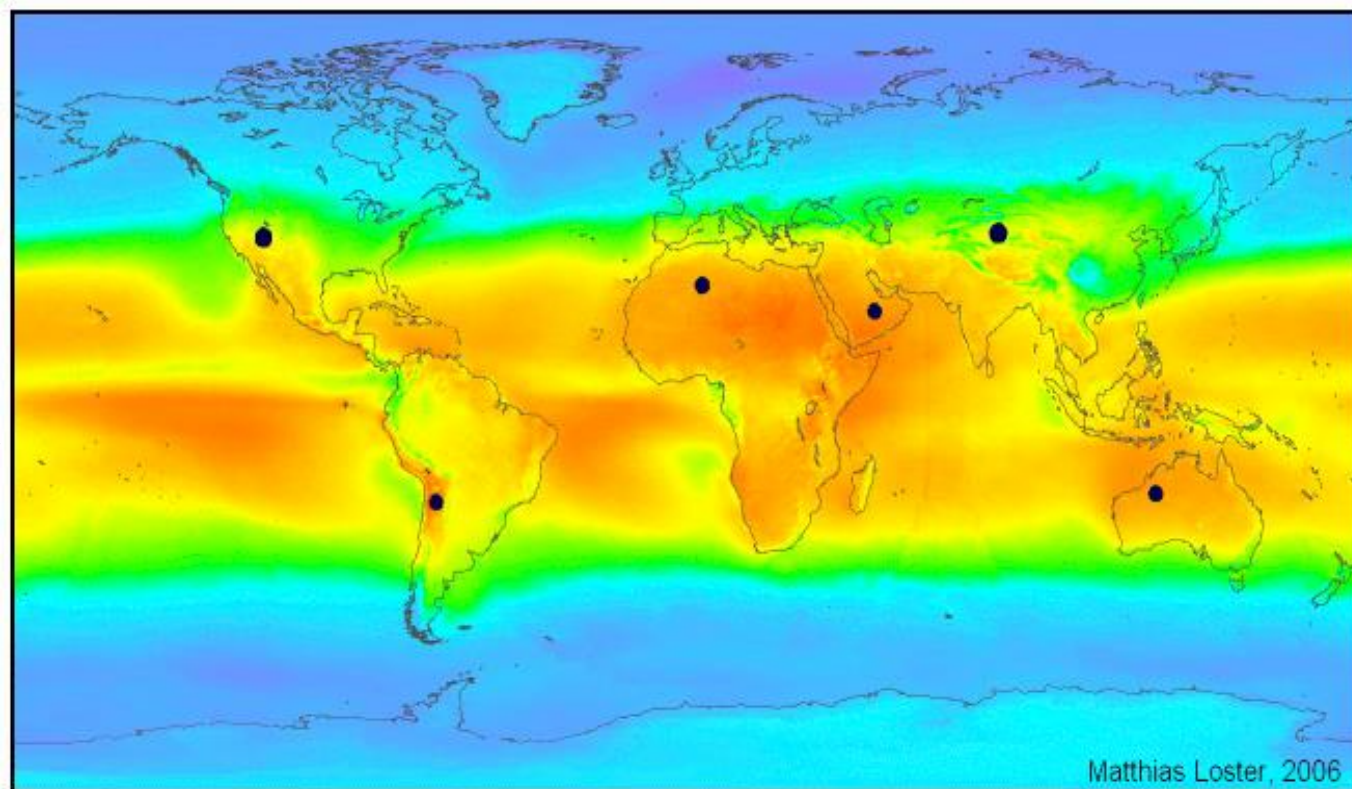


Variations importantes entre les différents points du globe
(extrêmes : Equateur et Pôles)

FORÇAGES ASTRONOMIQUES

Rayonnement solaire non uniforme

Polaire
Tempérée
Tropicale
Equatoriale
Tropicale
Tempérée
Polaire

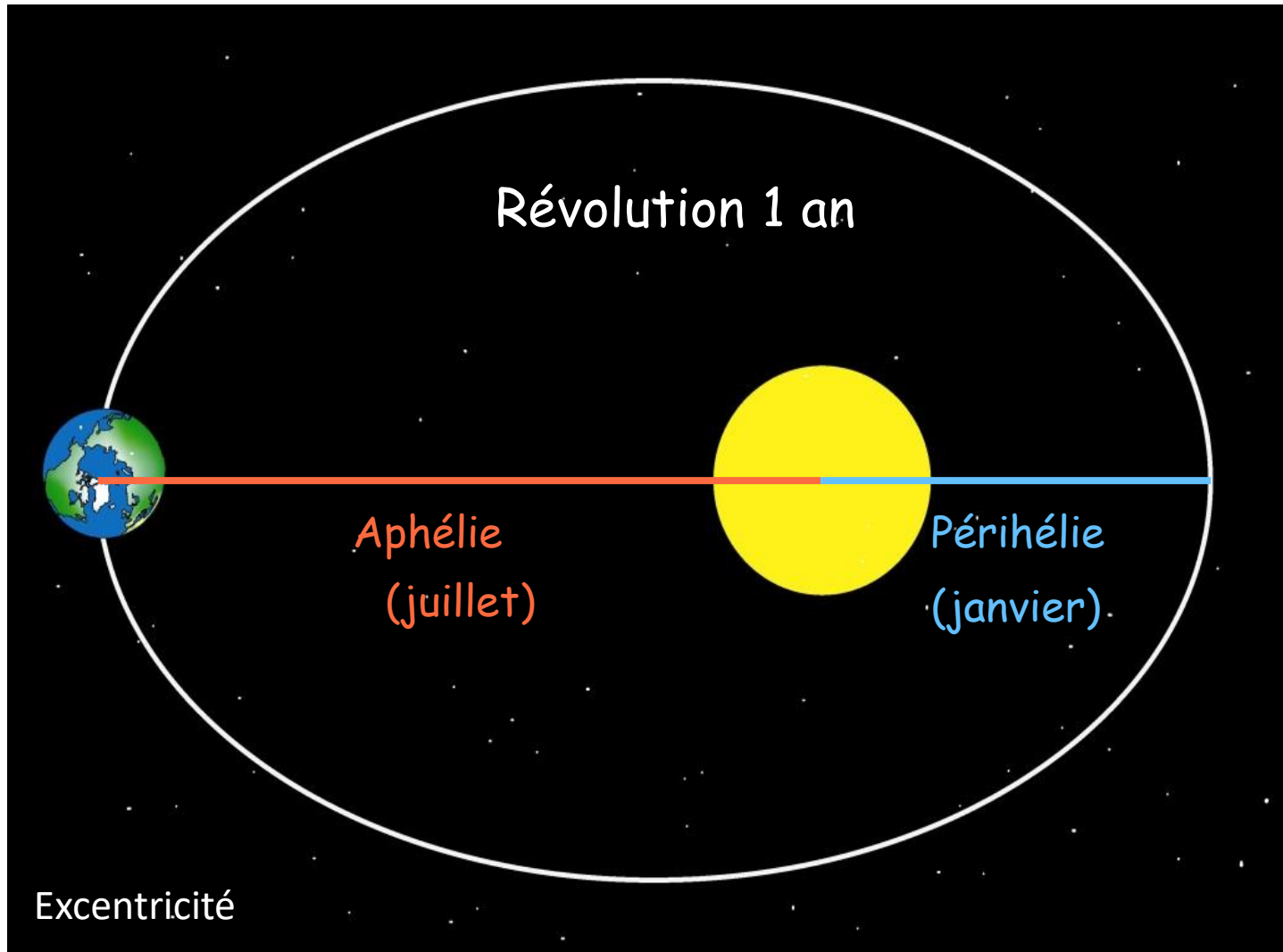


$\Sigma \bullet = 18 \text{ TWe}$

Création de **Saisons** et **Zones Climatiques**

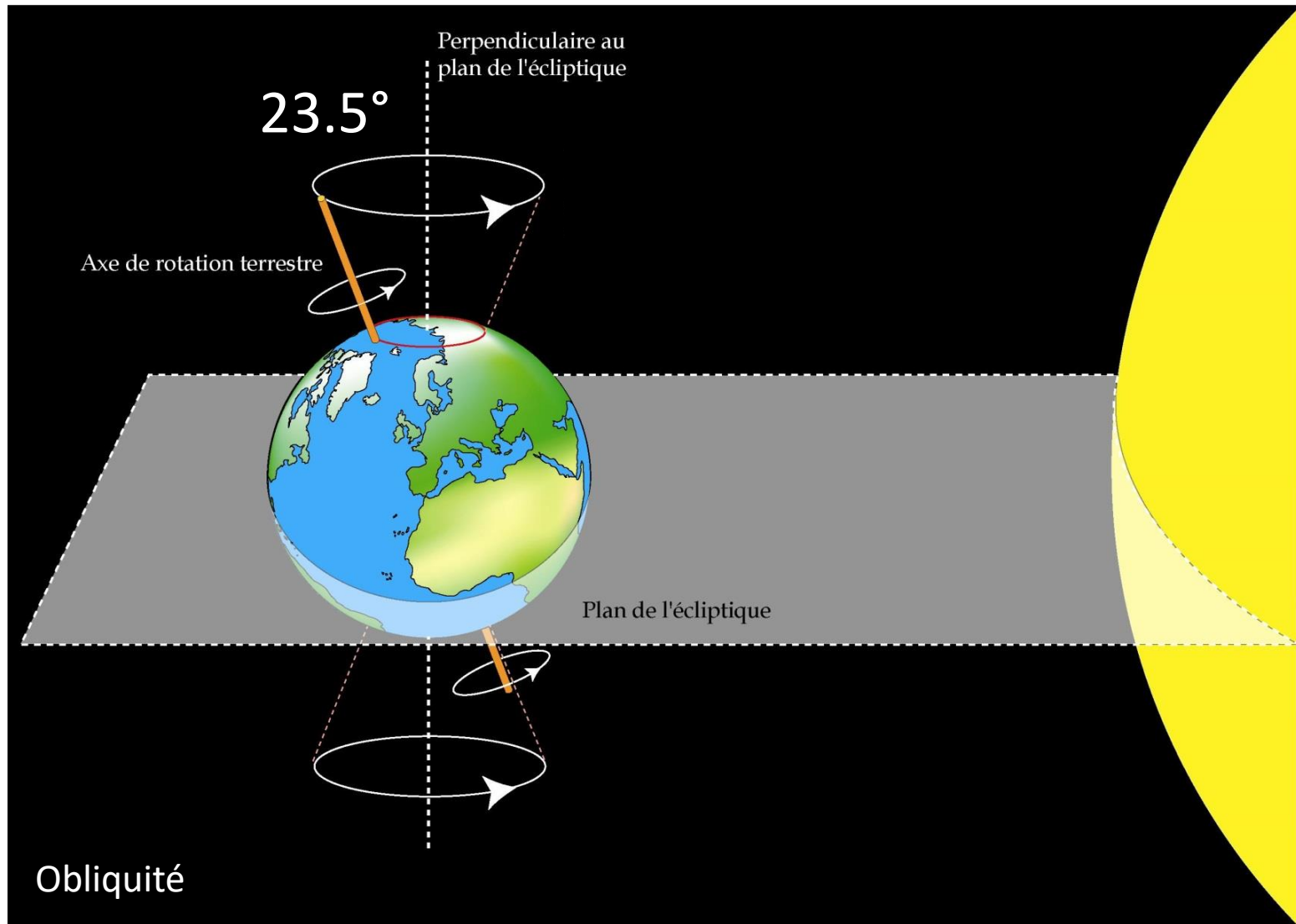
I/ Les Saisons et Zones Climatiques

I Les Saisons et Zones Climatiques



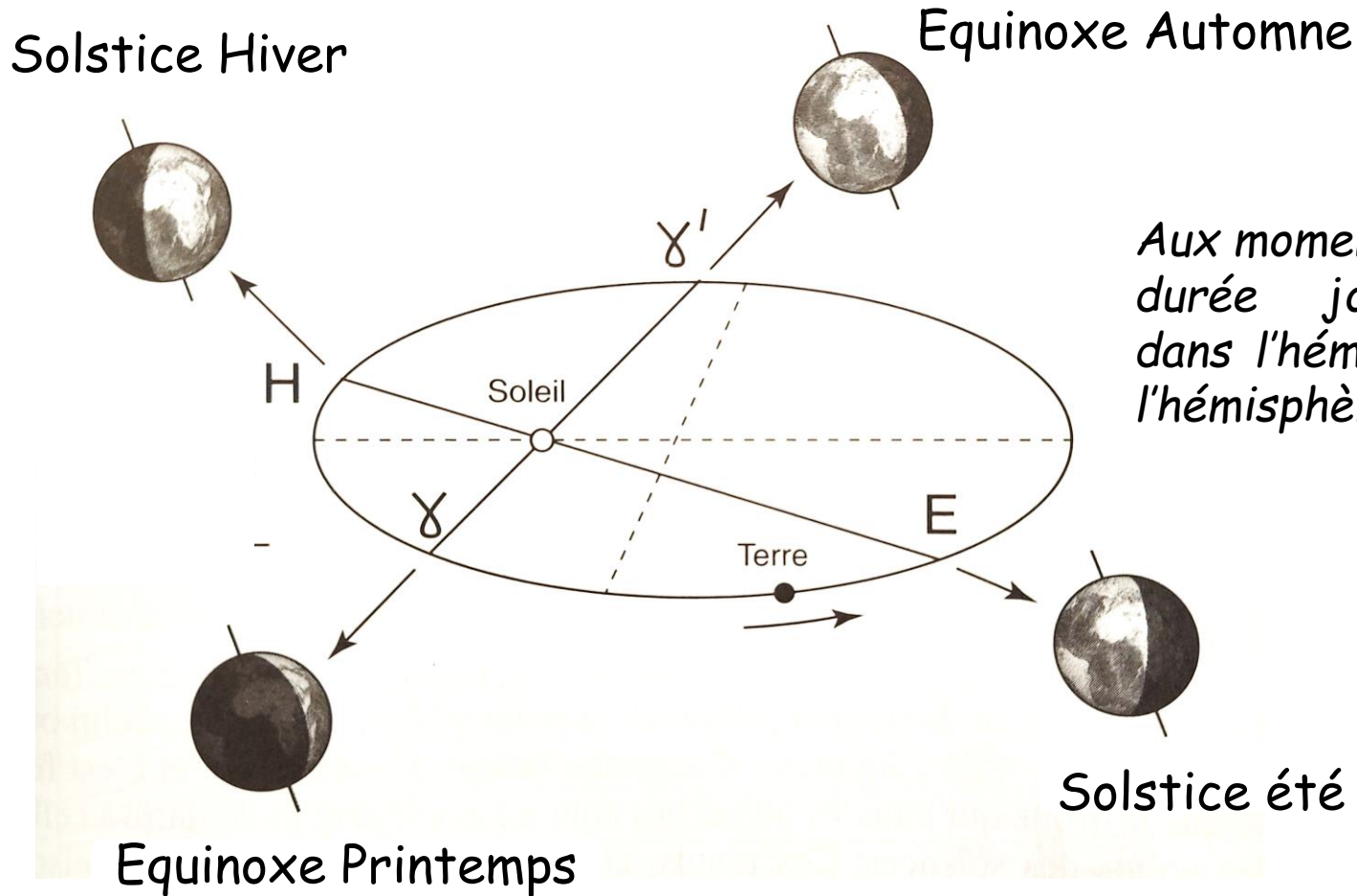
I Les Saisons et Zones Climatiques

Axe de Rotation - Moteur des Saisons



I Les Saisons et Zones Climatiques

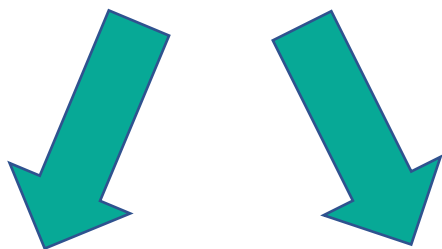
HEMISPHERE NORD



Aux moment des **équinoxes**,
durée jour équivalente
dans l'hémisphère Nord et
l'hémisphère Sud

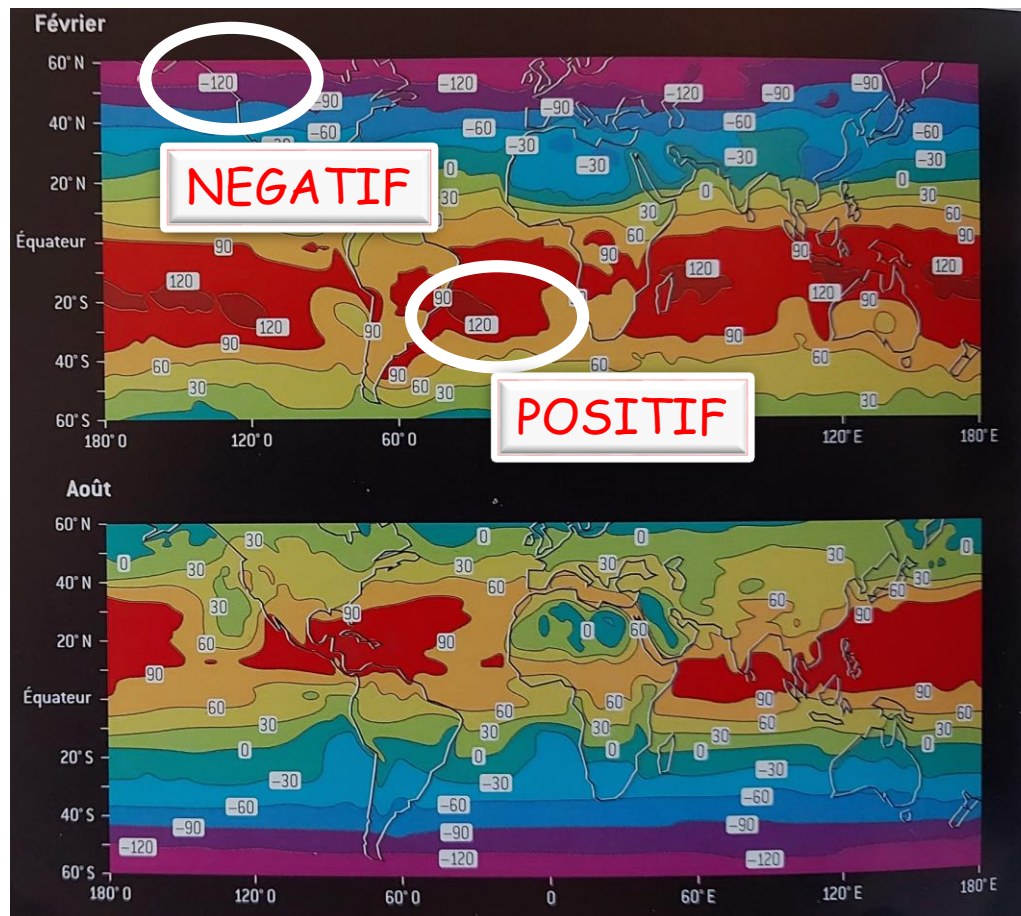
I Les Saisons et Zones Climatiques

Distribution de chaleur
(flux solaire au sommet de
l'atmosphère)



Saisonnière
(saison,
heure....)

Géographique
(latitude, lieu
exact)



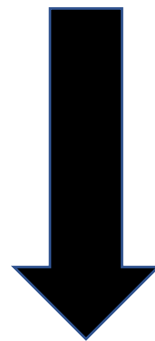
Bilan radiatif net (Delmas. Atmosphère, Océan et Climat)

Création de Zones Climatiques

Chaude (Equateur - Basses Latitudes)

Tempérée (Latitudes moyennes)

Froide -(Hautes Latitudes)

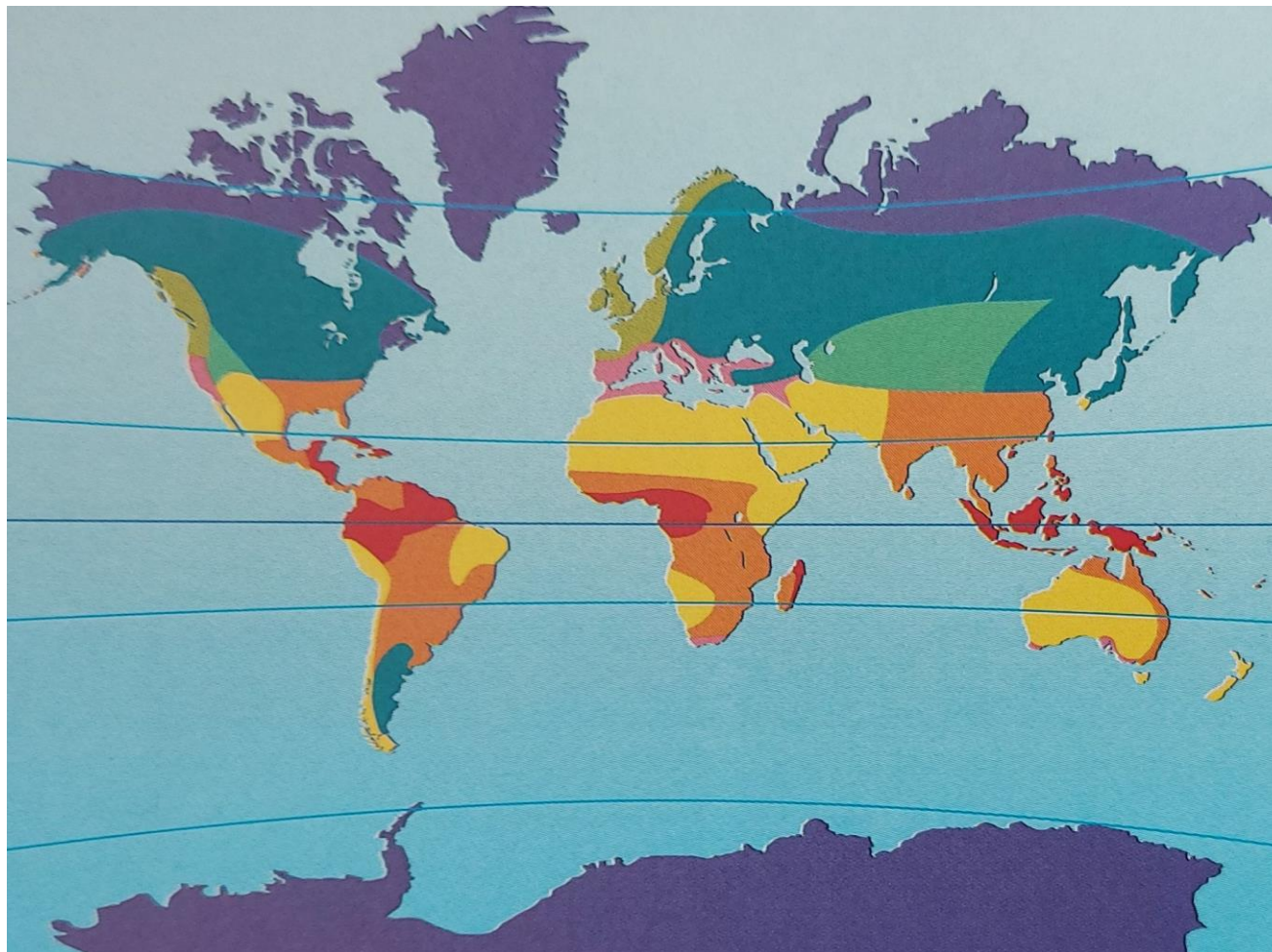


Inégalité de la répartition
de l'énergie calorifique

Soleil qui entraine la **Circulation Atmosphérique**

Création de Zones Climatiques

Océans, Continents, Cycle de l'Eau, circulation Atmosphérique, Topographie etc..



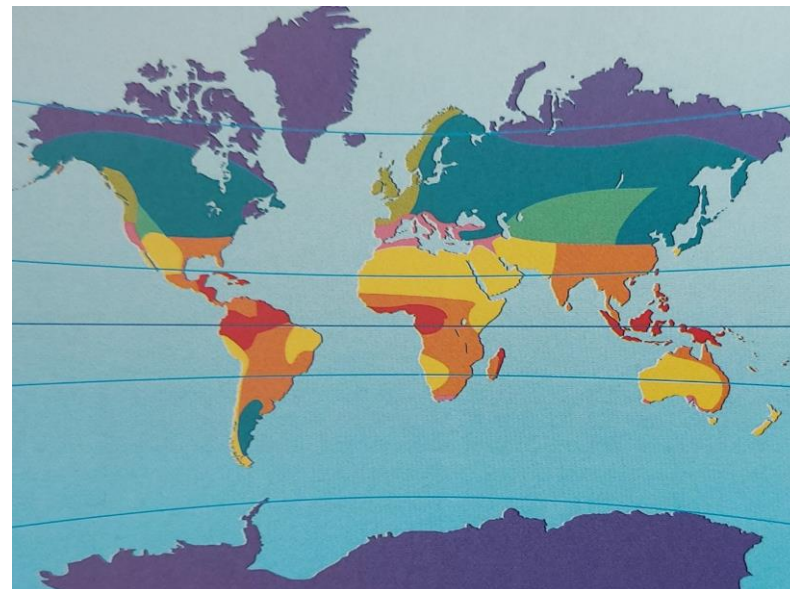
- Polaire
- Continentale
- Continentale sèche
- Océanique
- Méditerranéenne
- Aride chaude
- Tropicale
- Équatoriale

Création de Zones Climatiques

Climats chauds (arides et tropicaux): + de 18°C toute l'année.

Climats tempérés: + de 10°C pendant le mois le plus chaud et entre -3°C et -18°C pour mois le plus froid.

Climats polaires: moins de -3°C toute l'année.



Variabilités importantes selon la latitude.

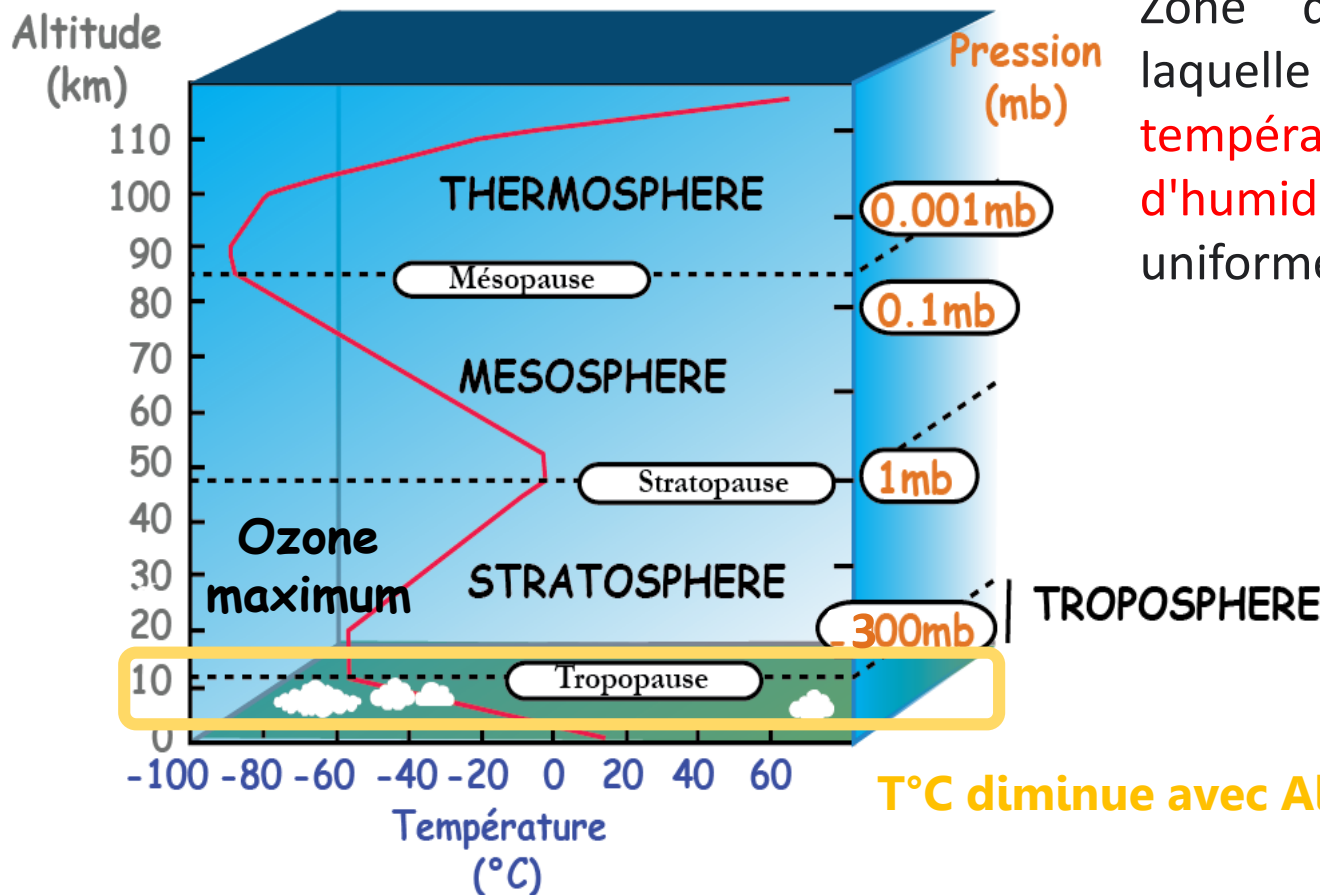
II/ Les mouvements de l'atmosphère

II/ Les mouvements de l'atmosphère

Rappels - Structure de l'atmosphère

Masse d'air:

Zone de l'atmosphère dans laquelle les conditions de température, de pression et d'humidité sont globalement uniformes



II/ Les mouvements de l'atmosphère

Masses d'Air soumises à plusieurs forces

Pression

Coriolis

Frottements

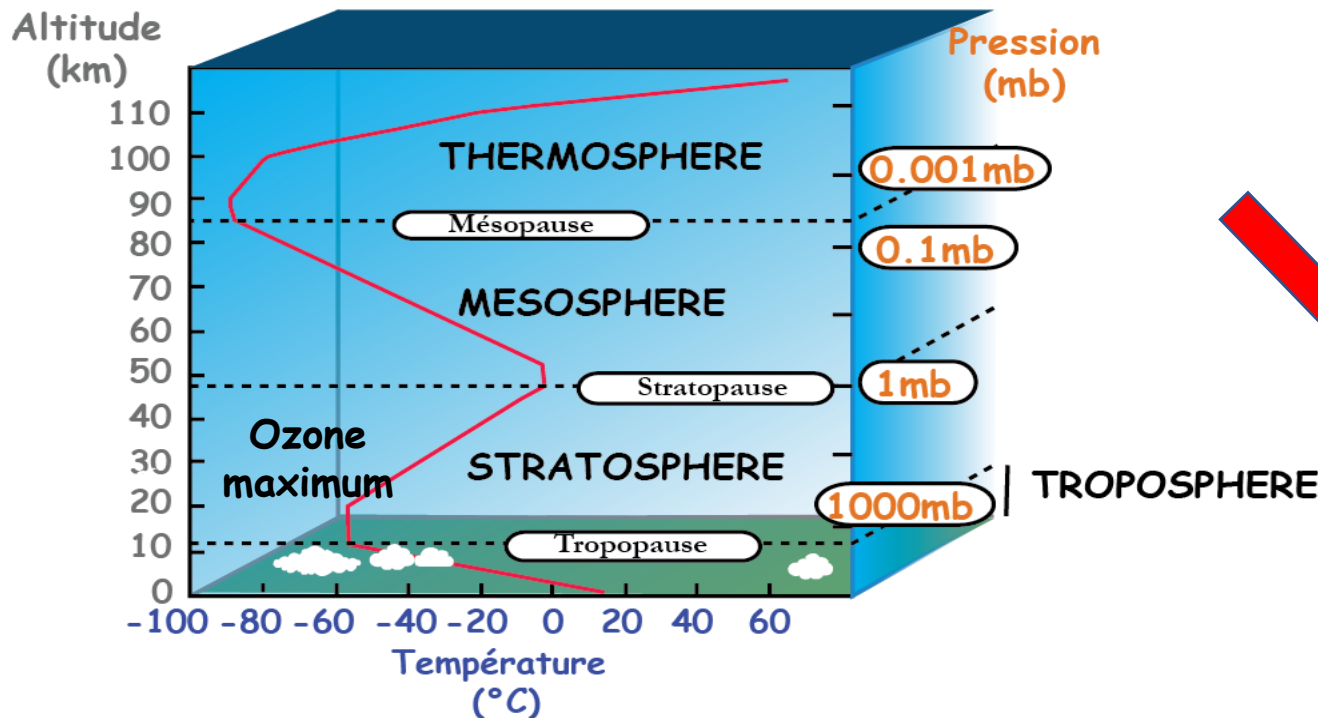
Gravité

II/ Les mouvements de l'atmosphère

Pression atmosphérique - Moteur des mouvements atmosphériques

Pression de l'air définie en tout point de l'atmosphère s'exprime en Pa/hPa ou mb (force par unité de surface \rightarrow N/m^2).

Déf: Poids de la colonne d'air qui s'exerce sur une surface horizontale de $1m^2$



Pression de l'air diminue avec l'altitude

Pression moyenne au niveau de la mer du globe : 1013 hPa.

II/ Les mouvements de l'atmosphère

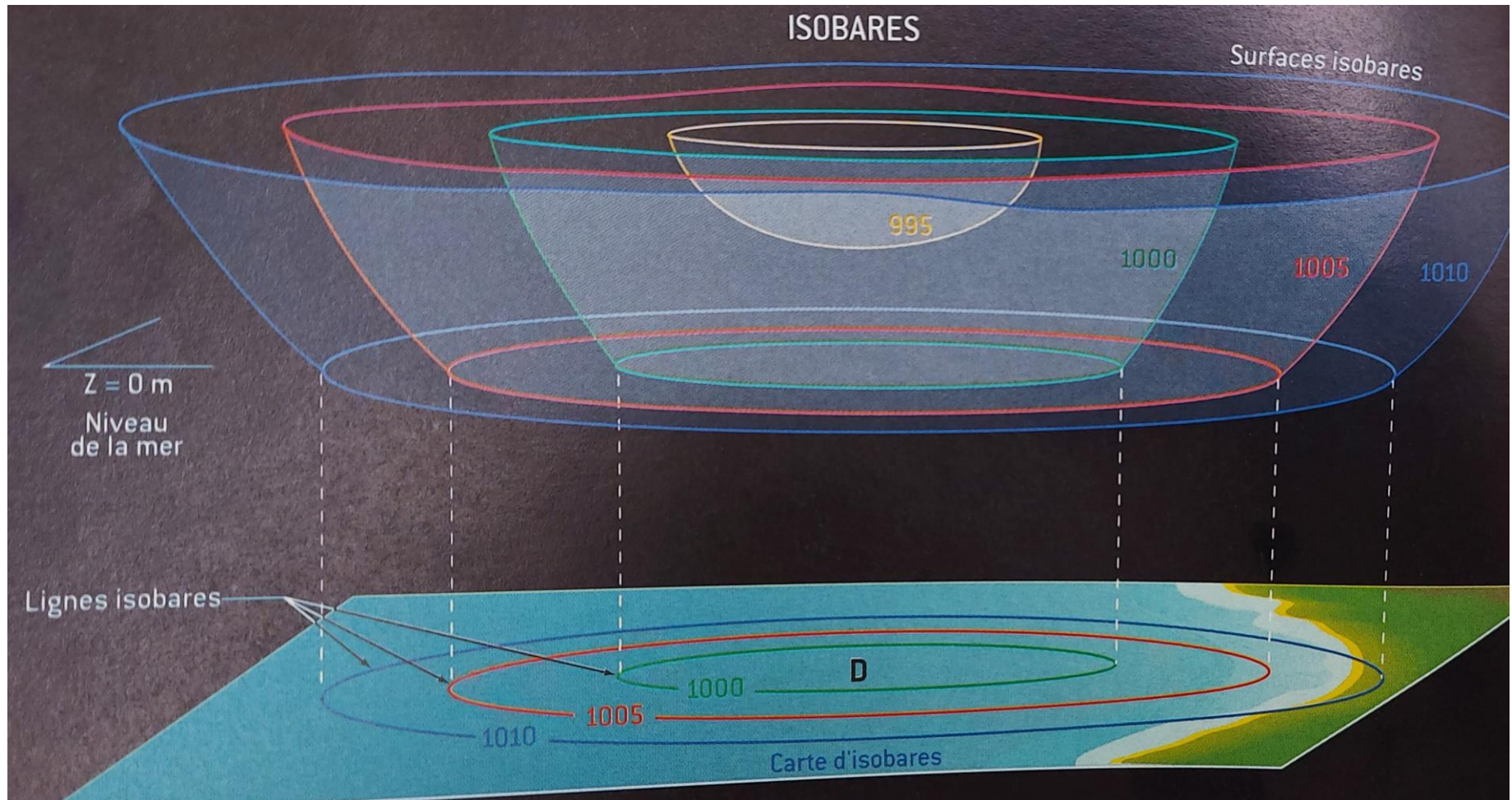
Représentation de la Pression atmosphérique

Isobares

Isobares : courbes qui relient des points de pressions atmosphériques égales généralement au niveau de la mer.

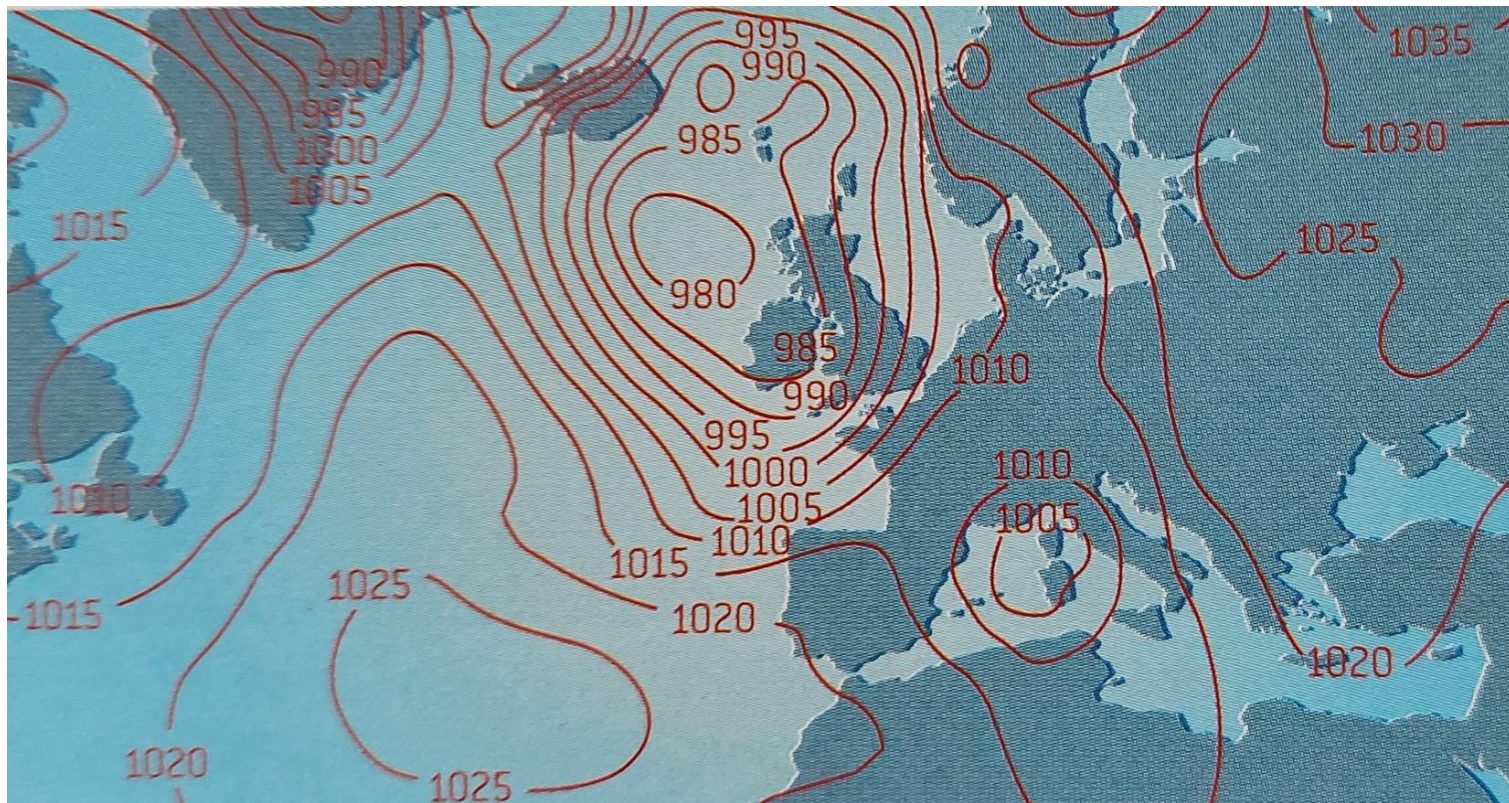
II/ Les mouvements de l'atmosphère

Isobares



(Delmas. Atmosphère, Océan et Climat)

II/ Les mouvements de l'atmosphère



Lignes Isobares

Différences de pressions décisives dans les mouvements atmosphériques (**Anticyclone** et **Dépression**)

II/ Les mouvements de l'atmosphère

déplacement



<i>Anticyclone</i>	<i>Dépression</i>
<i>Pression supérieure à 1013 hPa (zone Hautes Pressions)</i>	<i>Pression inférieure à 1013 hPa (Zone de Basses Pressions)</i>

Différences de pressions décisives dans les mouvements atmosphériques (**Anticyclone** et **Dépression**)

II/ Les mouvements de l'atmosphère

L'**ATMOSPHERE** et l'**OCEAN**, par leurs mouvements, sont responsables d'un transport d'énergie des zones excédentaires en énergie vers les zones déficitaires.

PÔLE NORD (*hautes latitudes*)



EQUATEUR (*basses latitudes*)



PÔLE SUD (*hautes latitudes*)

II/ Les mouvements de l'atmosphère

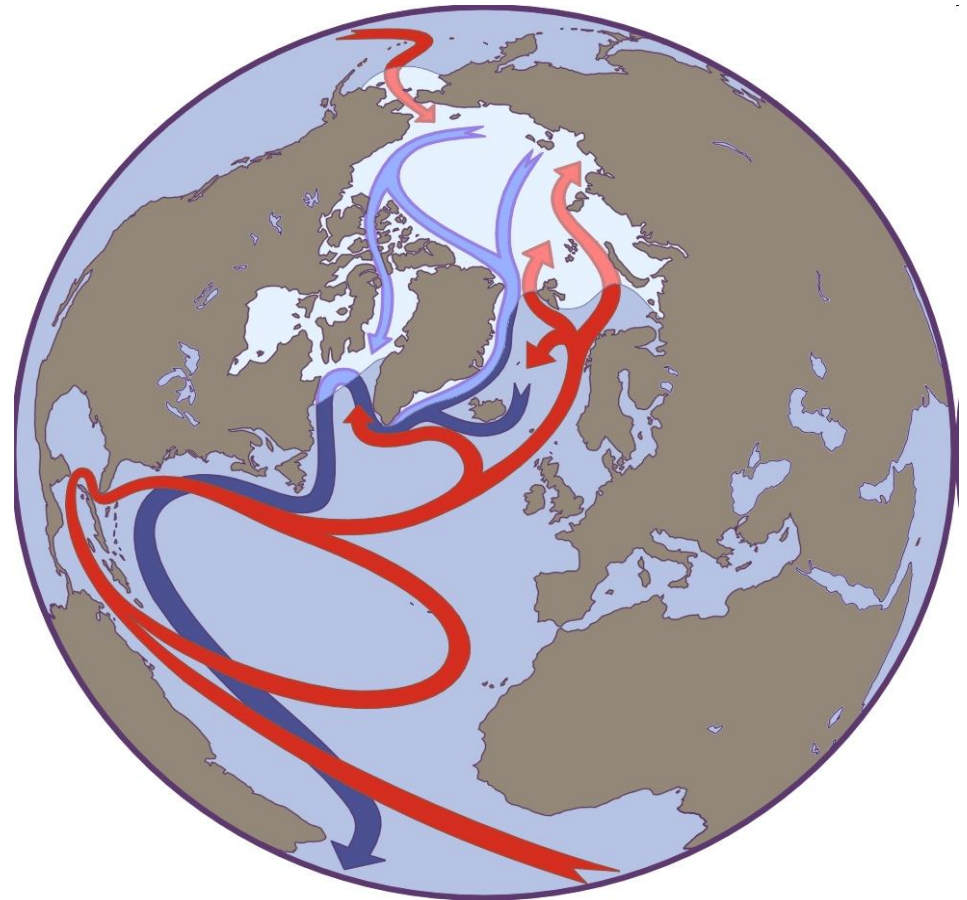
OCEAN

Année/seconde

Circulation de **Surface**
(rotation Terre/Vents)

Milliers d'années

Circulation profonde
Thermohaline
(densité des masses
d'eau)



II/ Les mouvements de l'atmosphère

DYNAMIQUE ATMOSPHERIQUE

- ① Verticale: dépend de la **stabilité thermique** de l'atmosphère.
- ② Horizontale: représente l'essentiel de la dynamique atmosphérique - **VENTS dirigés par différences de pression**

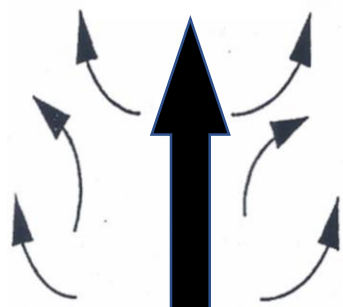
Vents : caractérisés par une intensité (vitesse) et une direction

II/ Les mouvements de l'atmosphère

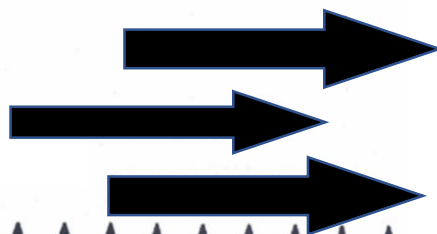
Moteur des mouvements verticaux

Apport de chaleur  Dilatation air  Déséquilibre des Pressions

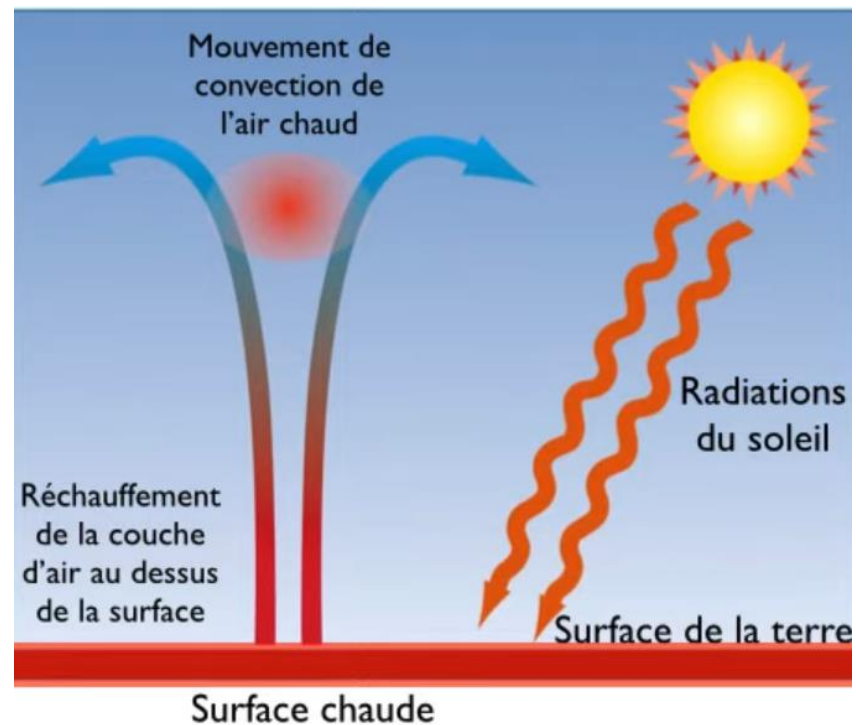
CONVECTION
(fluides, transport)



ADVECTION

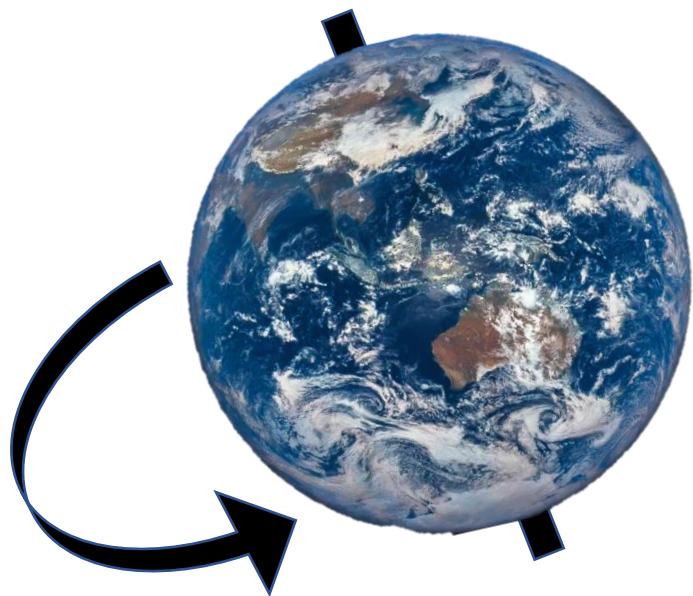


CONDUCTION (matériaux solides)



II/ Les mouvements de l'atmosphère

Moteur des mouvements horizontaux EFFET DE CORIOLIS



Rotation Terre
de l'Ouest vers l'Est

Du fait de la rotation de la Terre toute masse d'air en mouvement est déviée par la Force de Coriolis vers la **droite** dans l'hémisphère N et vers la **gauche** dans l'hémisphère S.



mouvements tourbillonnaires

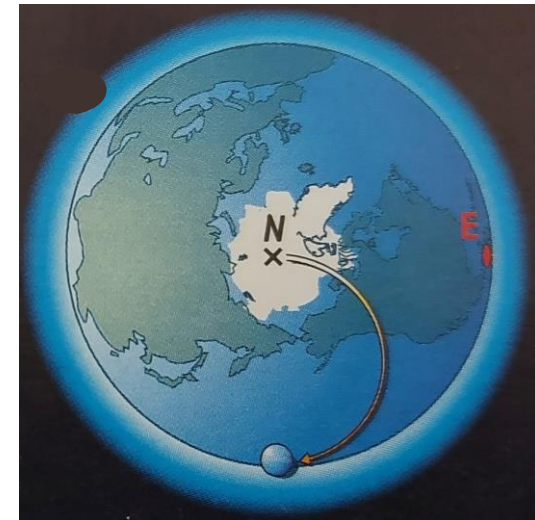
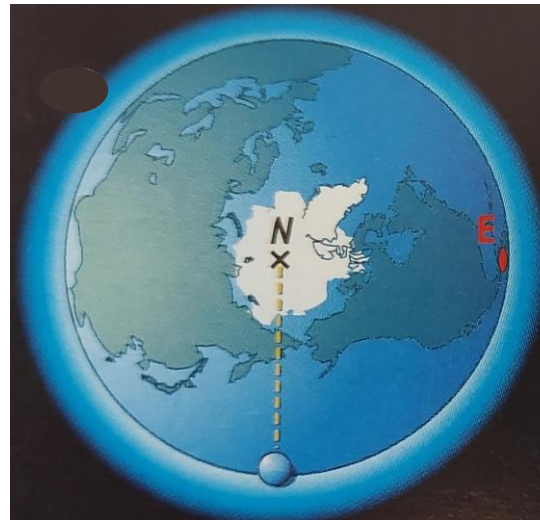
II/ Les mouvements de l'atmosphère

Mouvements horizontaux - EFFET DE CORIOLIS



Rotation Terre
de l'Ouest vers l'Est

Vitesse rotation plus importante à l'Equateur qu'aux pôles.



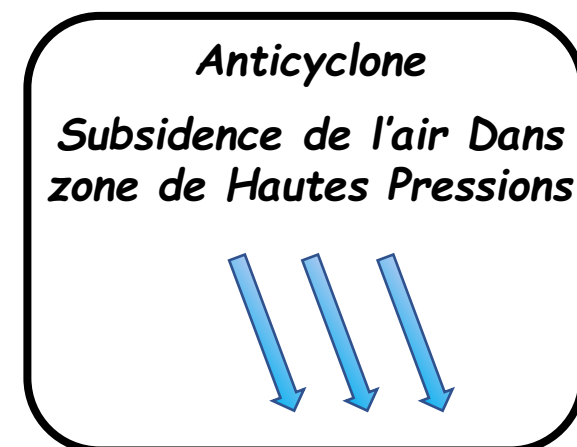
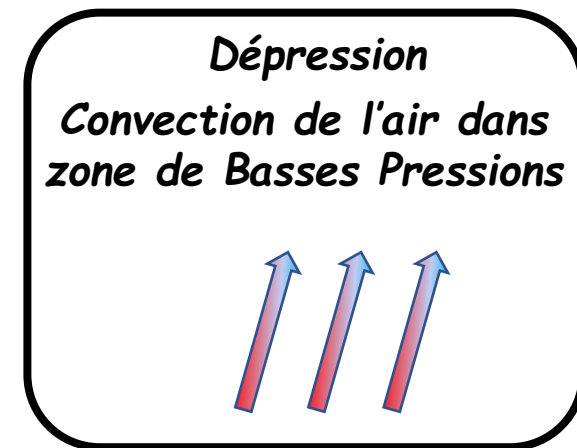
II/ Les mouvements de l'atmosphère

Anticyclone et Dépression

déplacement



Anticyclone	Dépression
Pression supérieure à 1013 hPa (zone Hautes Pressions)	Pression inférieure à 1013 hPa (Zone de Basses Pressions)
Sens horaire Hémi. N	Sens anti-horaire Hémi. N



Thermique ou Dynamique

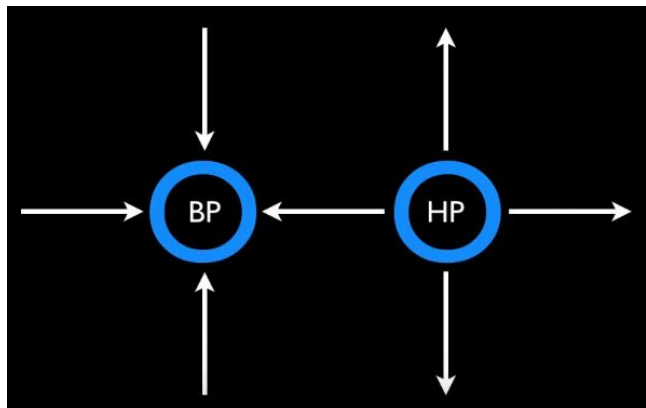
II/ Les mouvements de l'atmosphère

Anticyclone et Dépression

déplacement
→

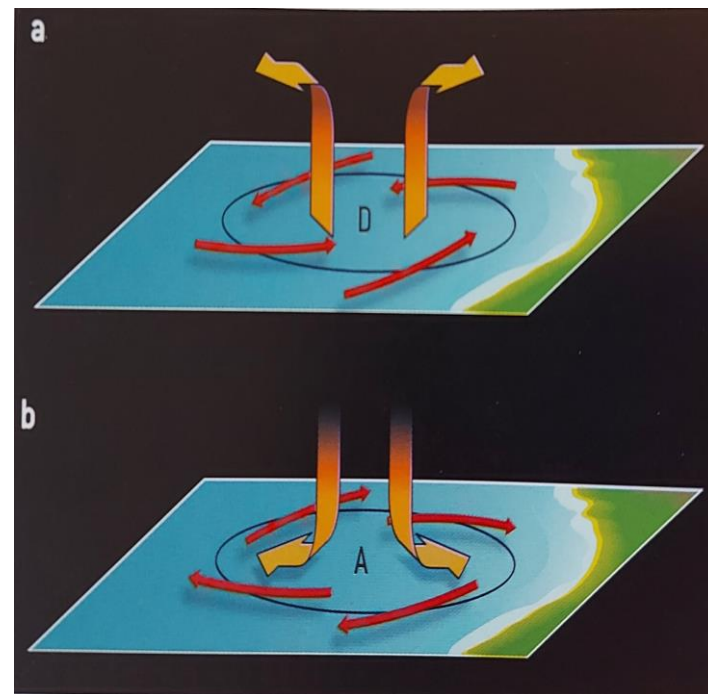
Anticyclone

Dépression



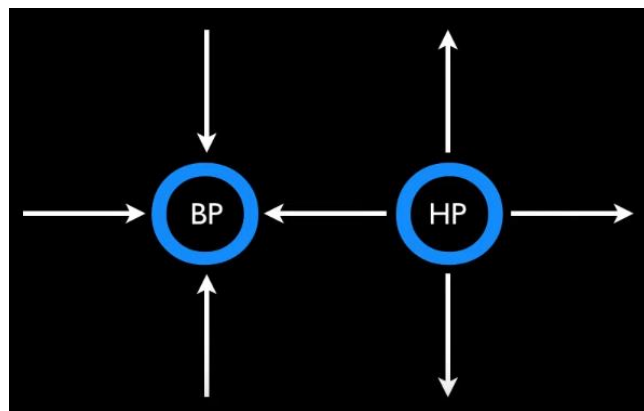
Air converge vers BP

Air diverge des HP

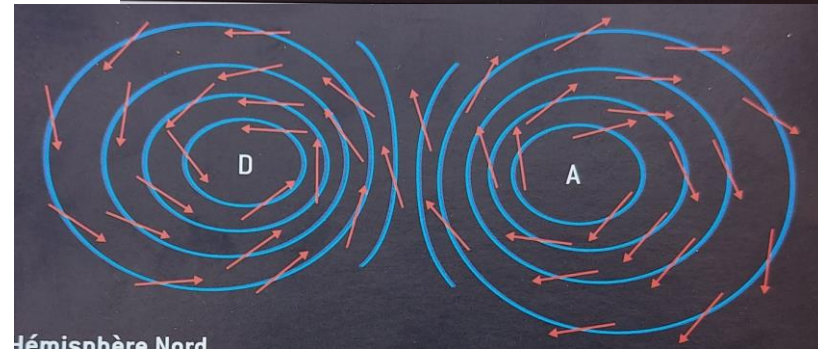
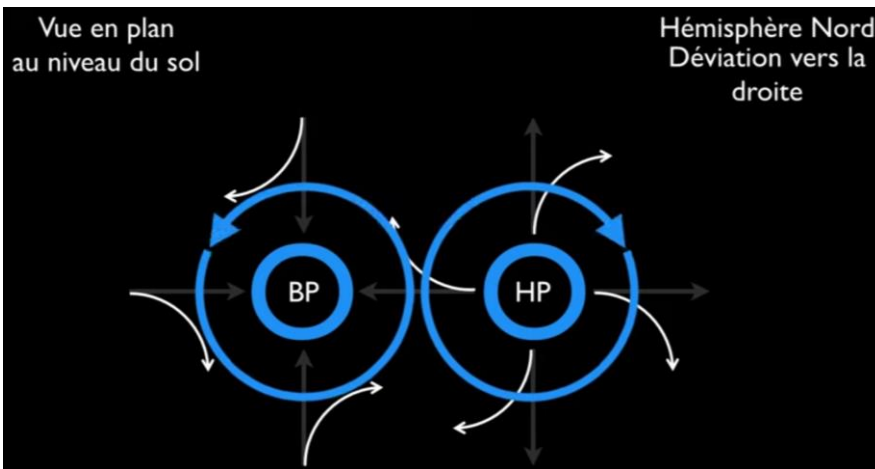
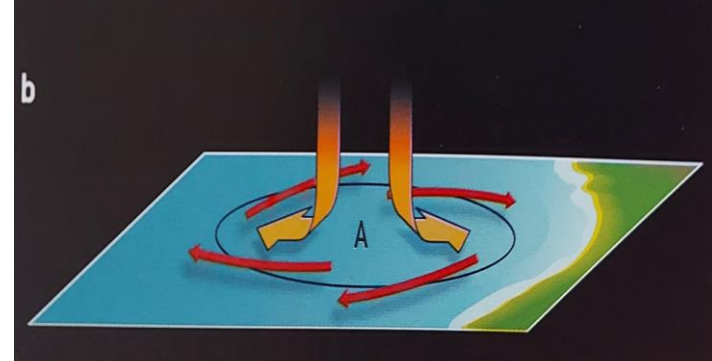
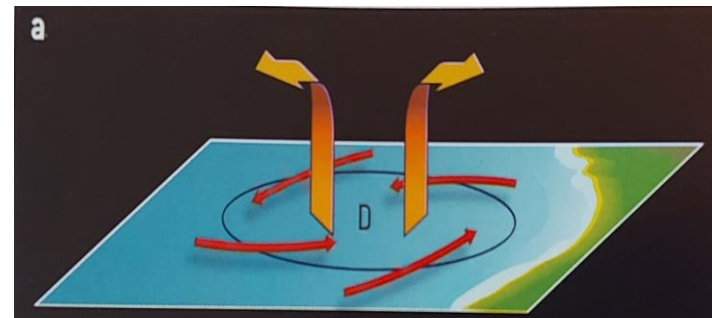


II/ Les mouvements de l'atmosphère

Anticyclone et Dépression



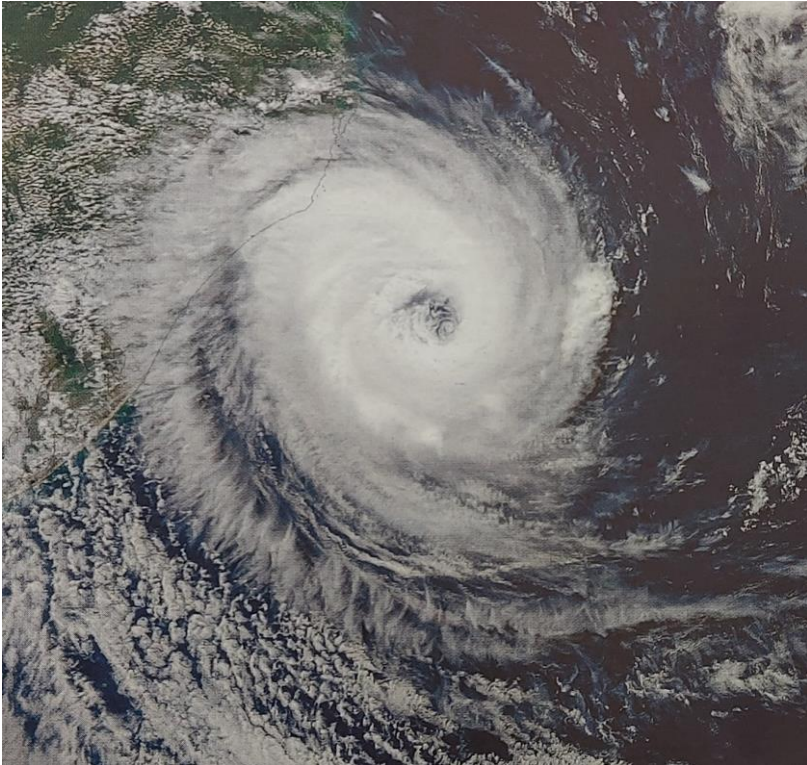
Air converge vers BP
Air diverge des HP



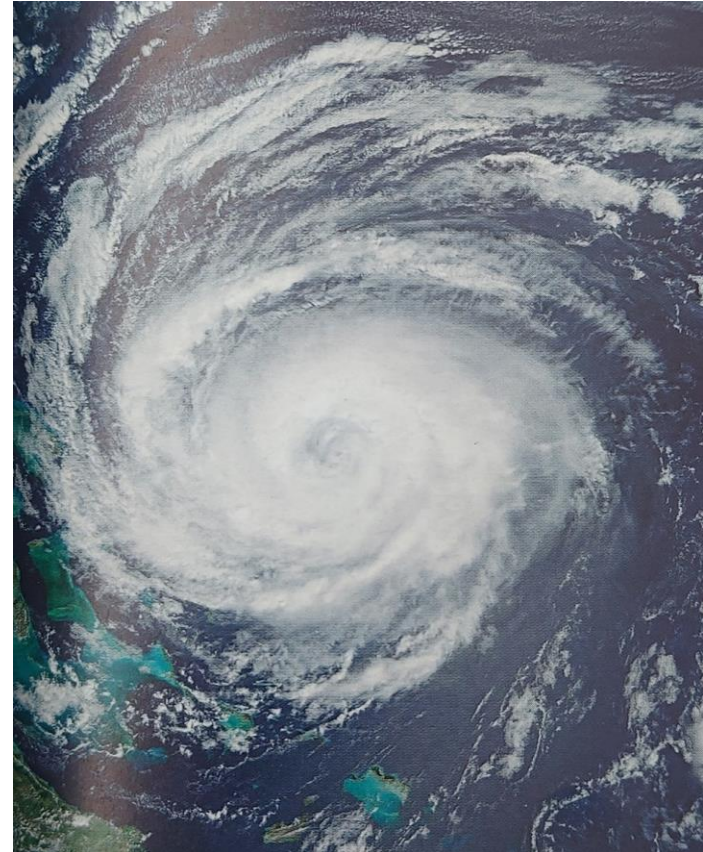
Effet Coriolis

II/ Les mouvements de l'atmosphère

Anticyclone et Dépression



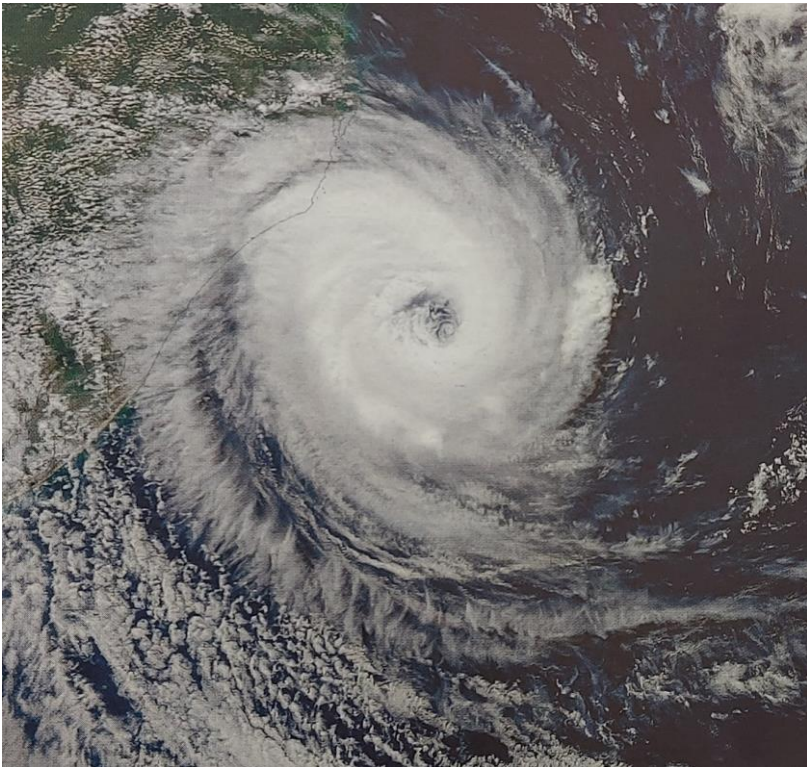
Cyclones



II/ Les mouvements de l'atmosphère

Anticyclone et Dépression

Cyclones



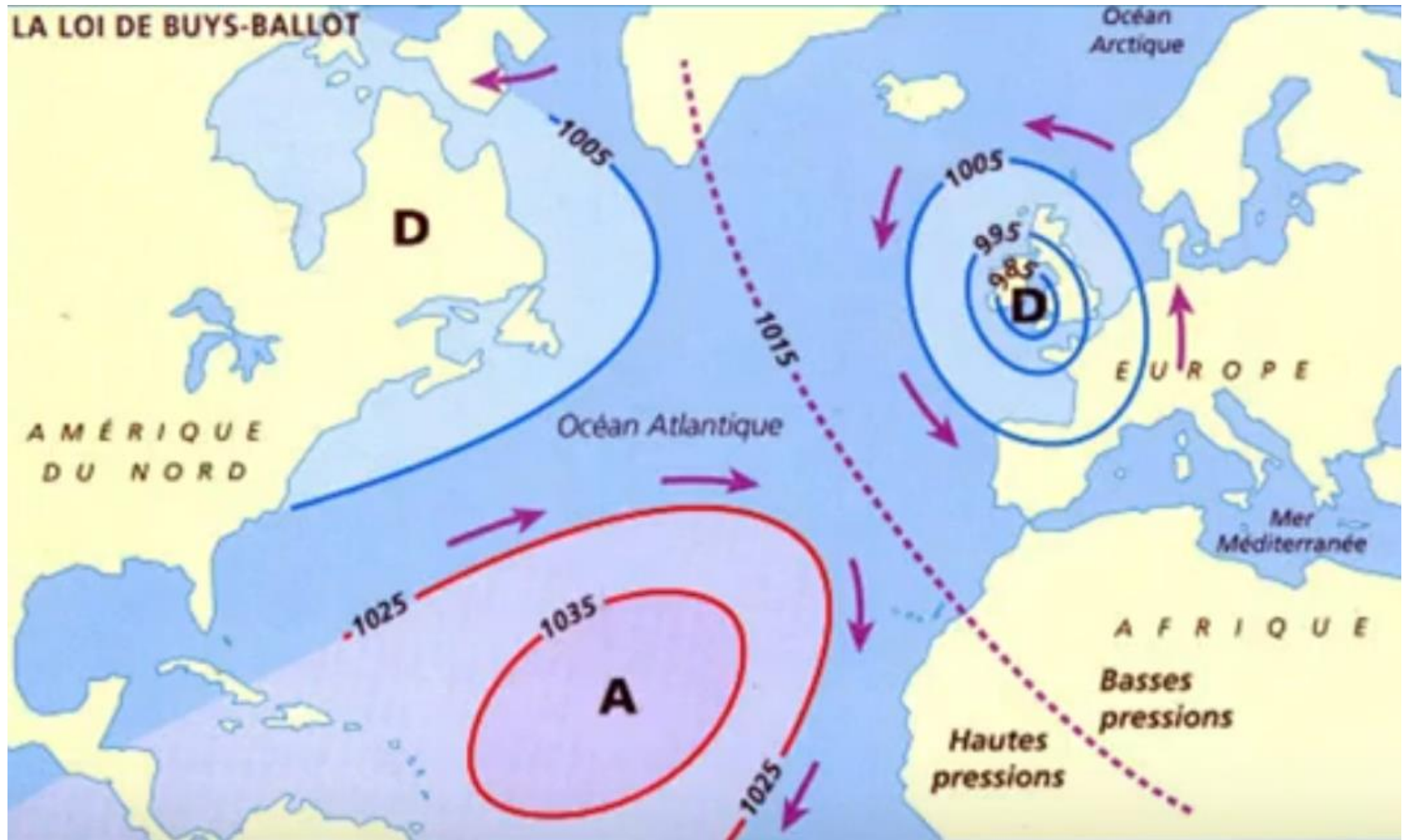
Hémisphère Sud



Hémisphère Nord

II/ Les mouvements de l'atmosphère

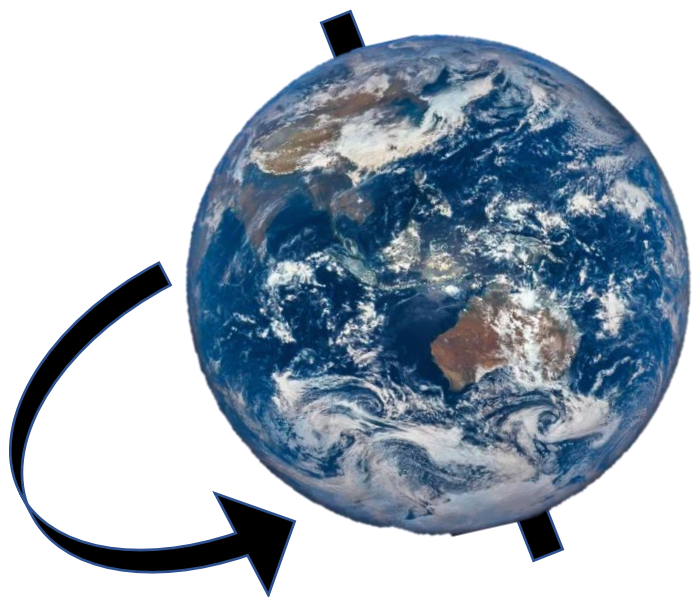
Anticyclone et Dépression



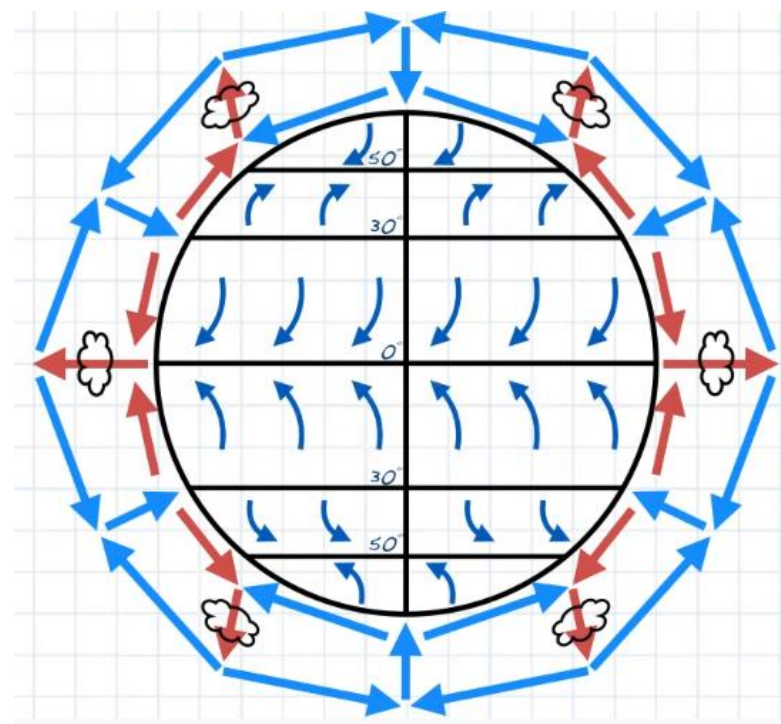
II/ Les mouvements de l'atmosphère

Mouvements horizontaux - FORCE DE CORIOLIS

Direction des Vents et Force de Coriolis



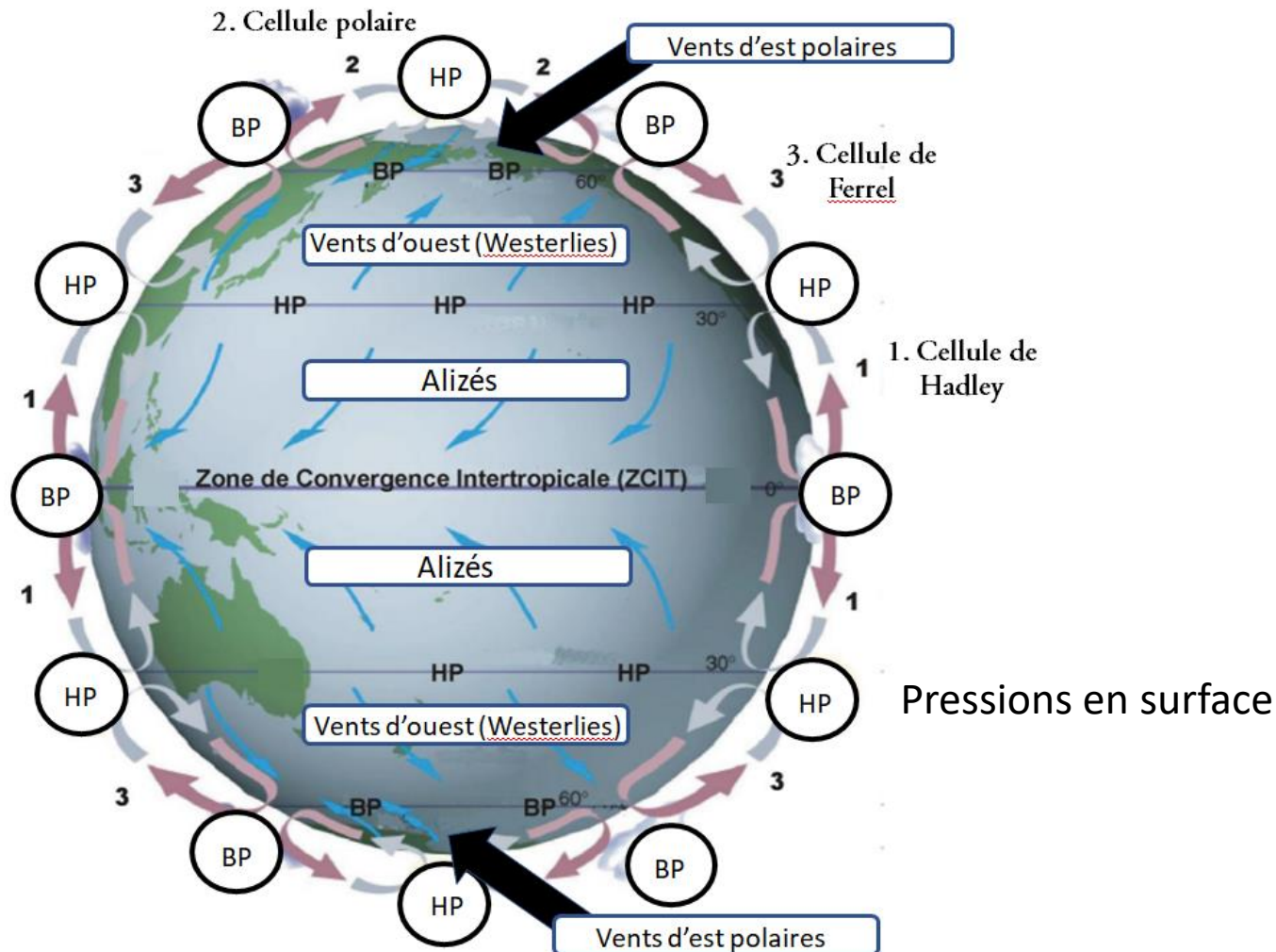
Rotation Terre
de l'Ouest vers l'Est



III/ La circulation atmosphérique

III/ La circulation atmosphérique

CIRCULATION ATMOSPHERIQUE



III/ La circulation atmosphérique

CIRCULATION ATMOSPHERIQUE

Déplacement de masses d'air

Zonale (direction Est-Ouest/Ouest-Est)

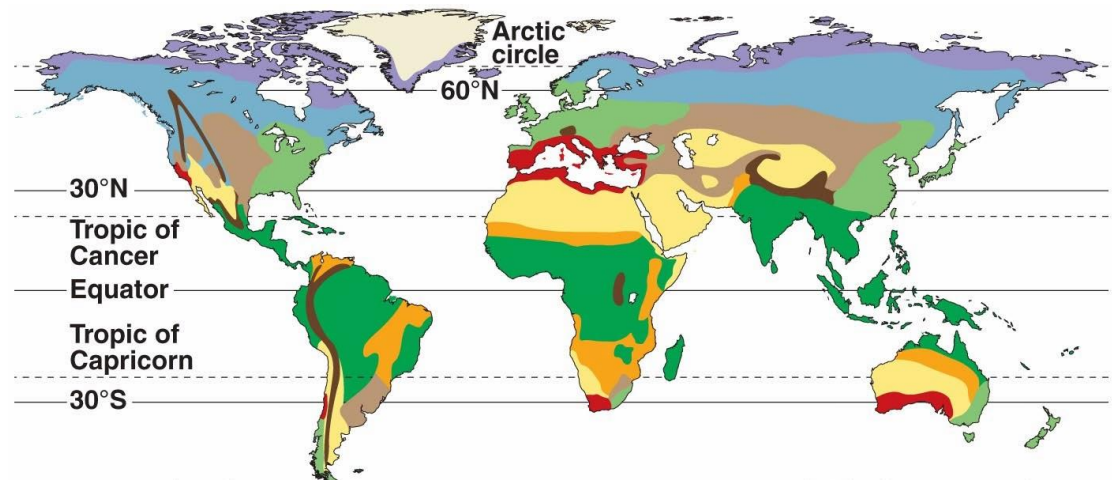
Méridienne (direction Nord-Sud/Sud-Nord)

Déplacements des masses d'air de zones de Hautes pressions vers des zones de Basses pressions

III/ La circulation atmosphérique

CIRCULATION ATMOSPHERIQUE

Zonale (direction des parallèles)



* **Tropicale - Intertropicale (vents *Alizés*)**

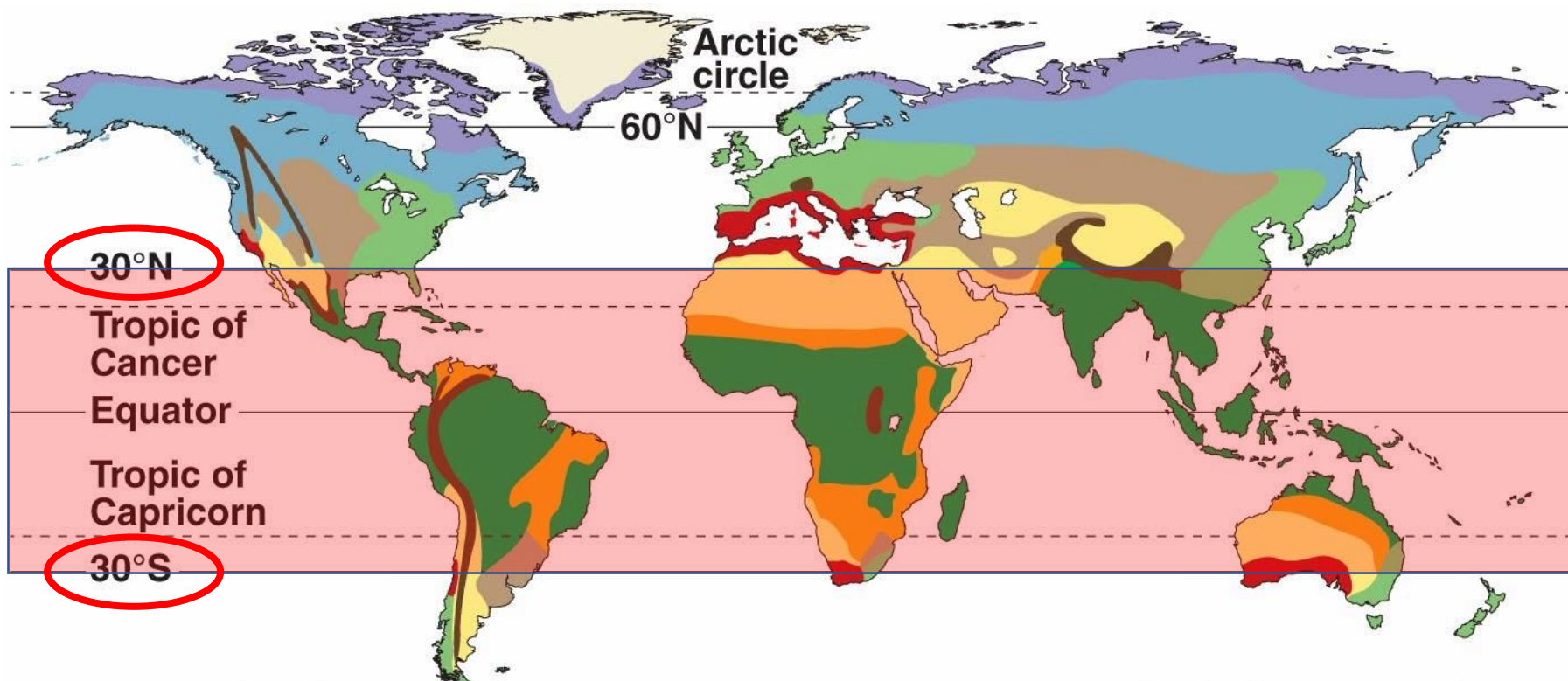
* **2 Zones Tempérées de circulation des *Vents d'Ouest (Westerlies)* (entre 30° et 60° de latitude)**

* **2 Zones polaires et subpolaires (au delà de 60° de latitude, *Vents d'Est polaires*)**

III/ La circulation atmosphérique

CIRCULATION ATMOSPHERIQUE ZONALE

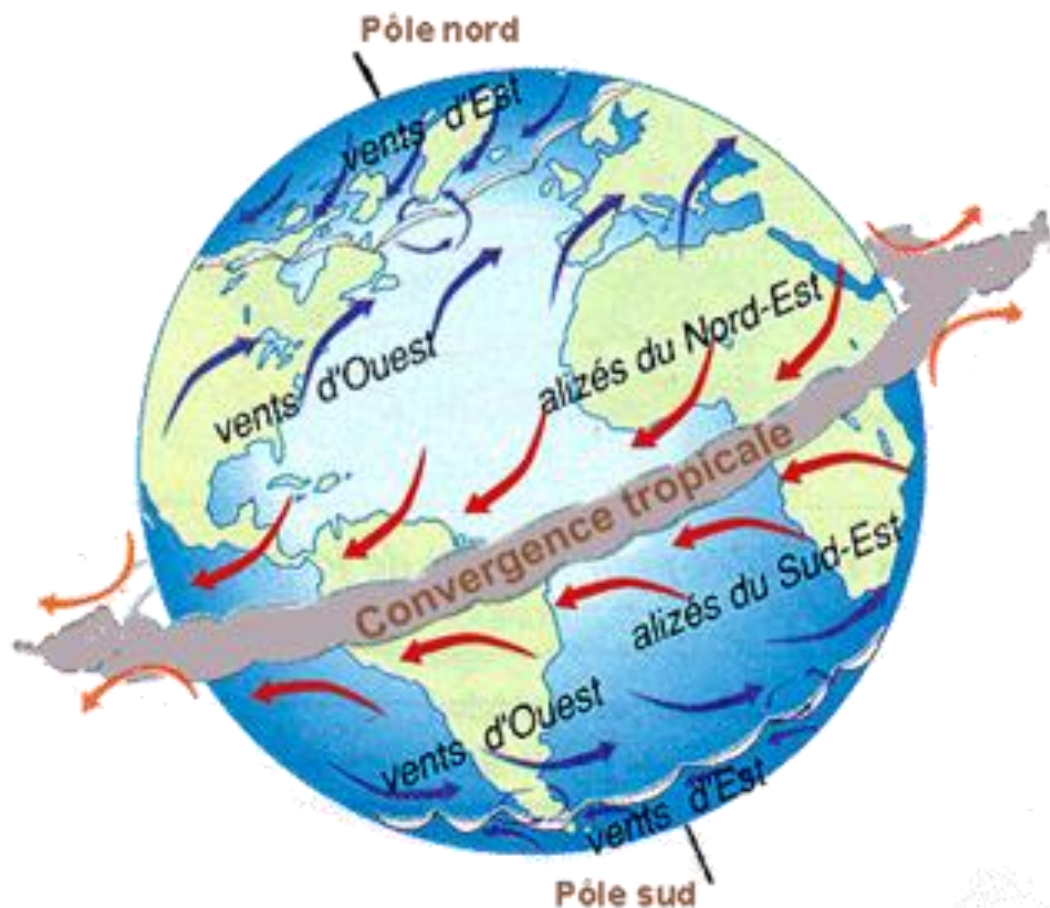
** Tropicale - Intertropicale*



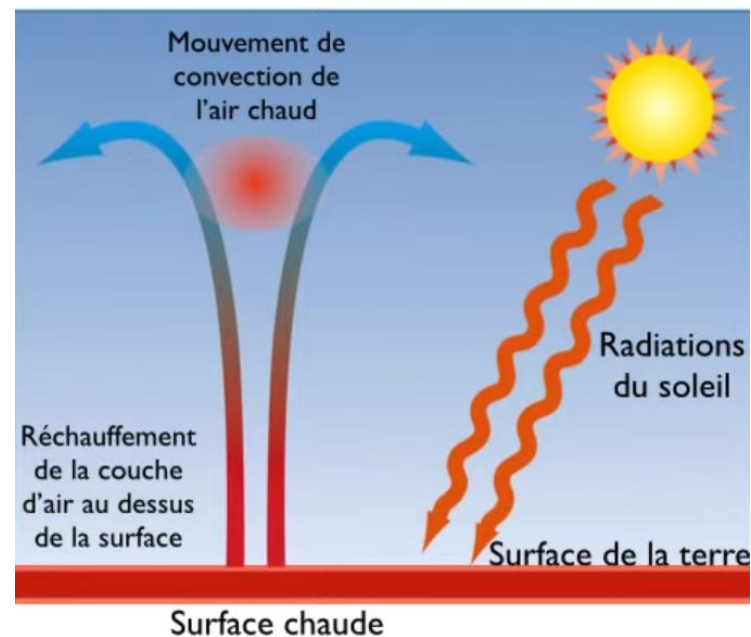
III/ La circulation atmosphérique

CIRCULATION ATMOSPHERIQUE ZONALE

La Zone de Convergence Intertropicale (ZCIT)



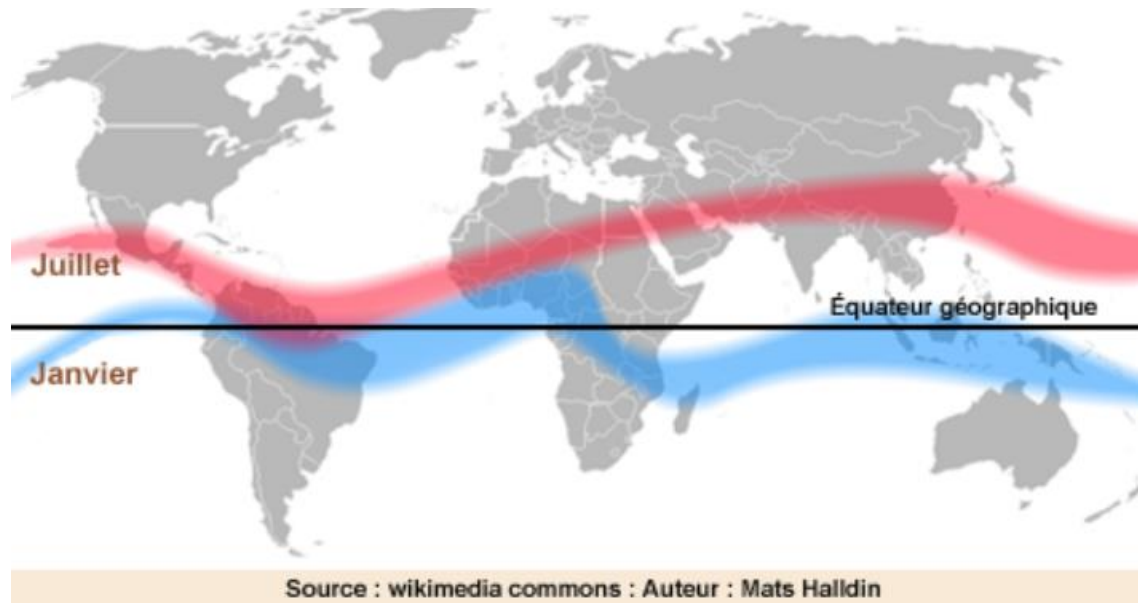
- Zone de **basses pressions**
(**Dépression**)



III/ La circulation atmosphérique

CIRCULATION ATMOSPHERIQUE ZONALE

La Zone de Convergence Intertropicale (ZCIT)



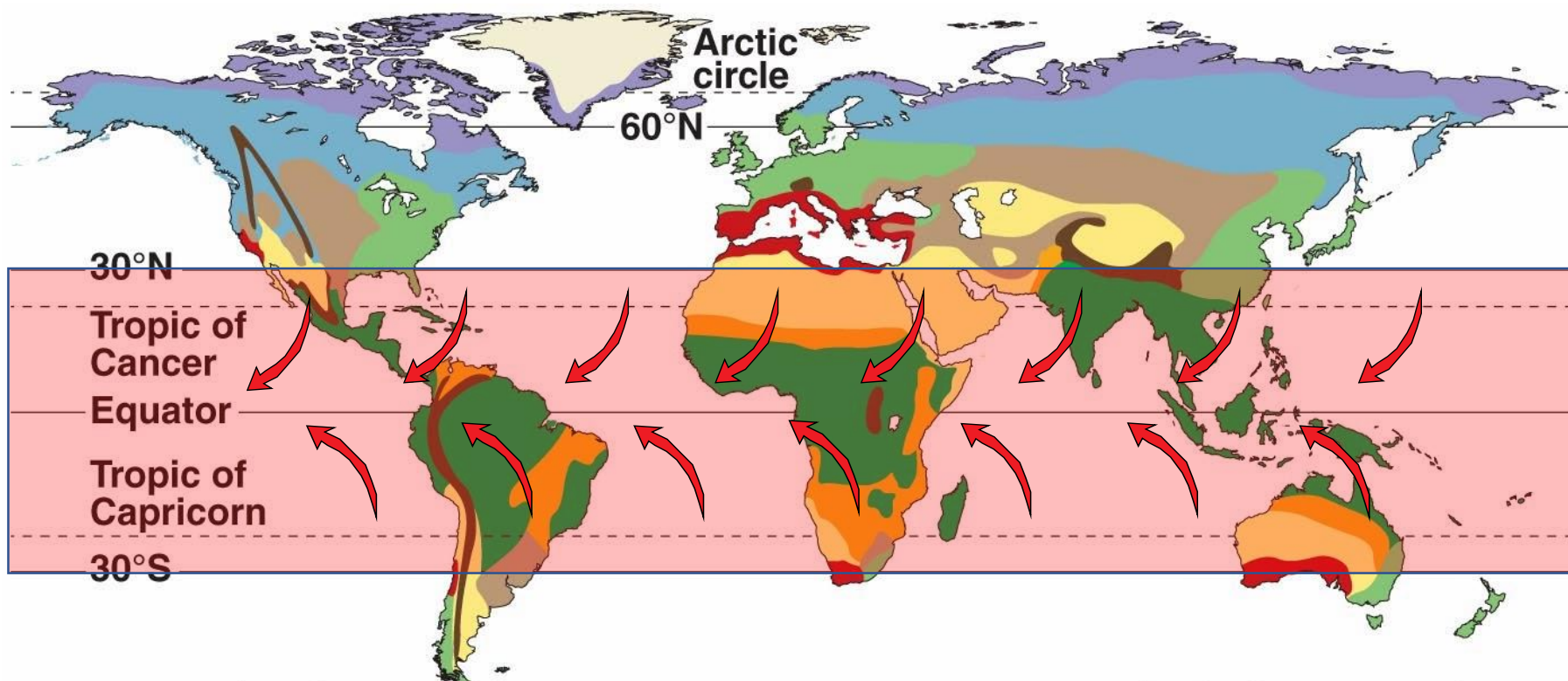
EQUATEUR METEOROLOGIQUE

Décalée vers le Nord (5°N en été Austral et 15°N été Boréal) en raisons des Solstices

III/ La circulation atmosphérique

CIRCULATION ATMOSPHERIQUE ZONALE

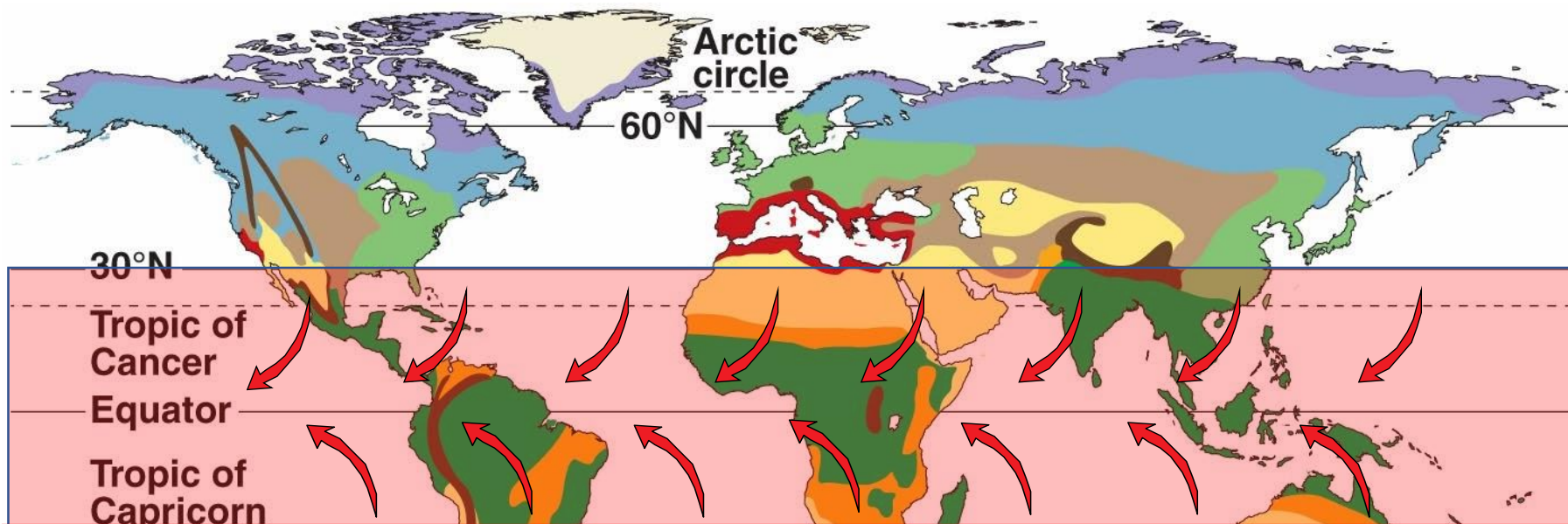
Convergence des vents horizontaux **Alizés** en raison de différences de pressions (0 à 3 km d'altitude)



III/ La circulation atmosphérique

CIRCULATION ATMOSPHERIQUE ZONALE

Convergence des vents horizontaux **Alizés** en raison de différences de pressions (0 à 3 km d'altitude)

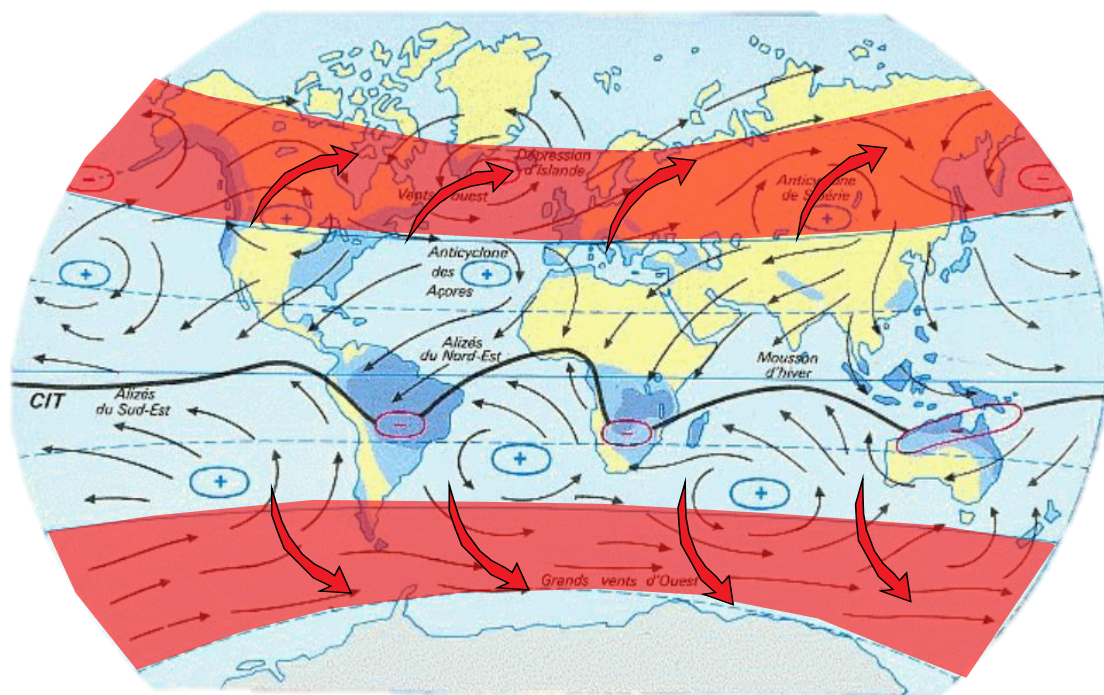


Vents Alizés (vents du sud-est dans l'hémisphère sud, nord-est dans l'hémisphère nord moins rapides que rotation Terre)

III/ La circulation atmosphérique

CIRCULATION ATMOSPHERIQUE ZONALE

* **2 Zones Tempérées** de circulation des vents d'ouest (**Westerlies**) (entre 30° et 60° de latitude)



- Alternance centres anticycloniques et dépressionnaires

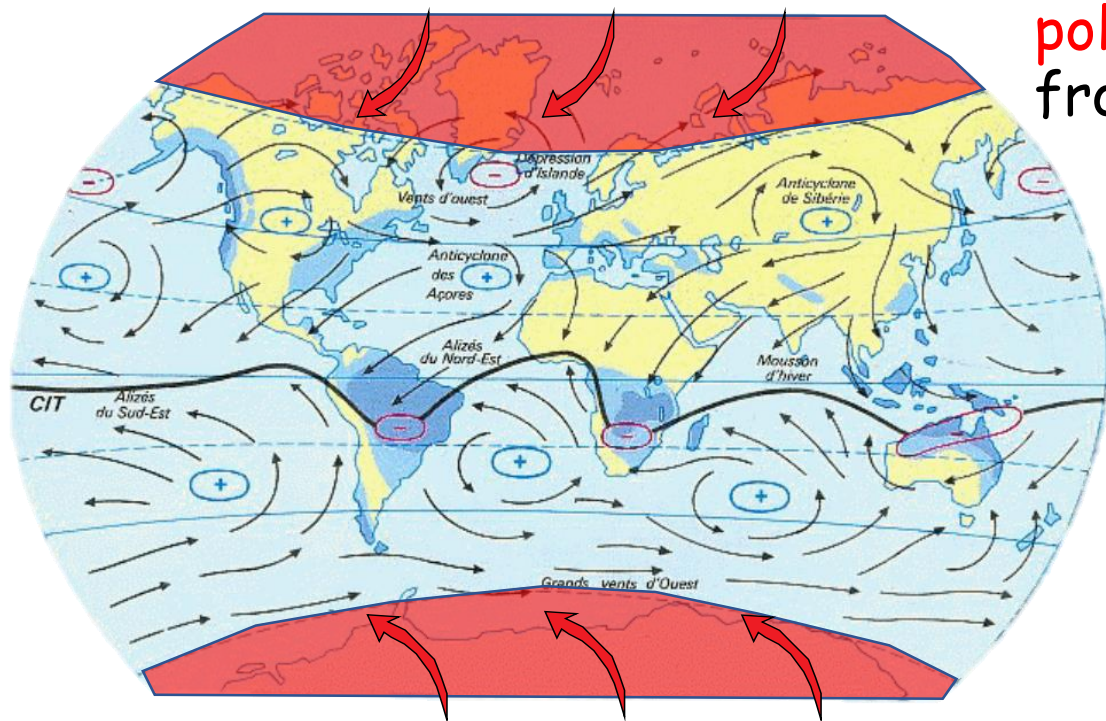
- Vents d'ouest (Westerlies)

III/ La circulation atmosphérique

CIRCULATION ATMOSPHERIQUE ZONALE

* 2 Zones polaires et subpolaires (au delà de 60° de latitude)

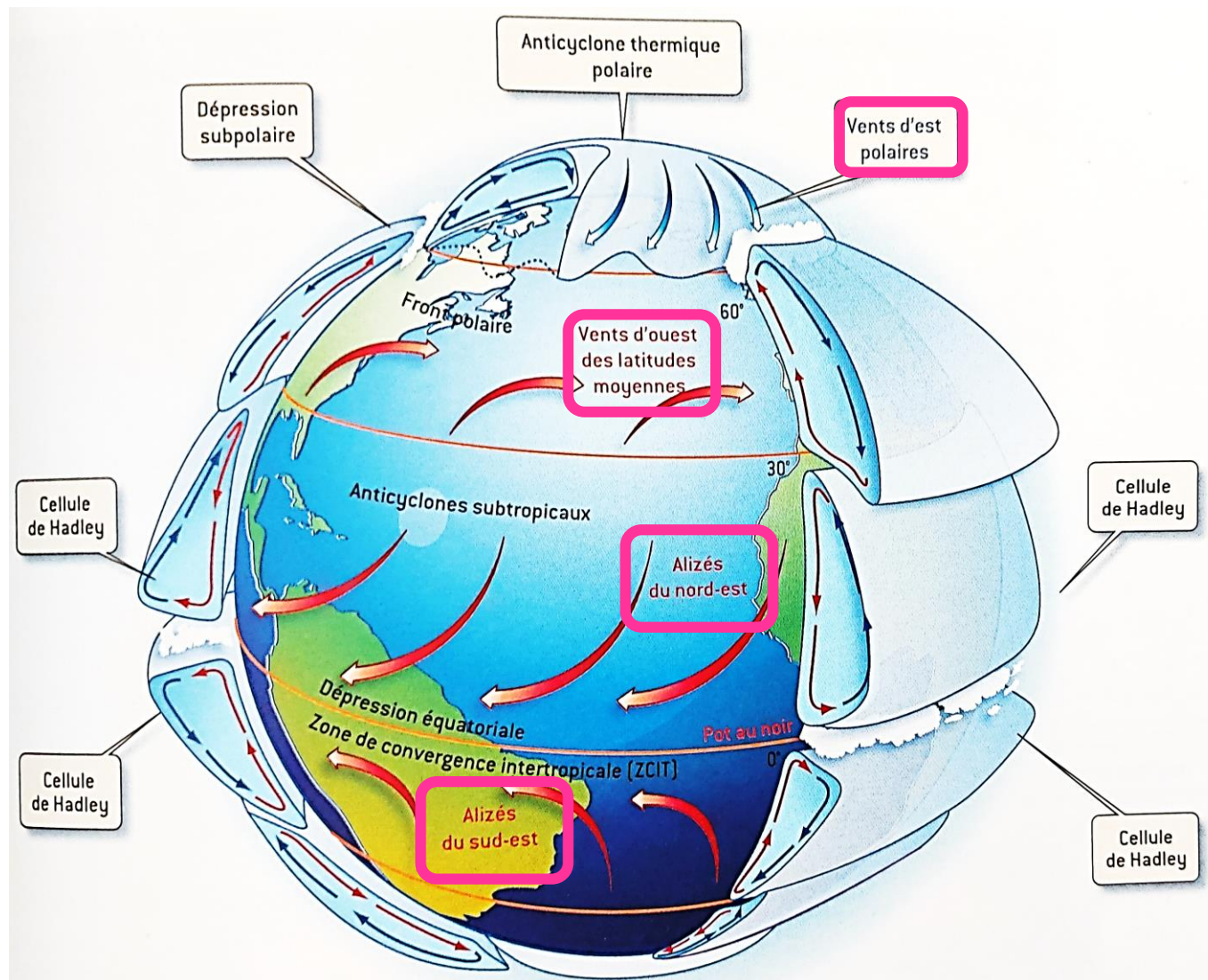
-Anticyclone thermique polaire (créé par densité air froid)



-Couronne de faibles pressions entraînant des vents d'Est polaires

III/ La circulation atmosphérique

CIRCULATION ATMOSPHERIQUE ZONALE



III/ La circulation atmosphérique

CIRCULATION ATMOSPHERIQUE MERIDIENNE

Déplacement de masses d'air

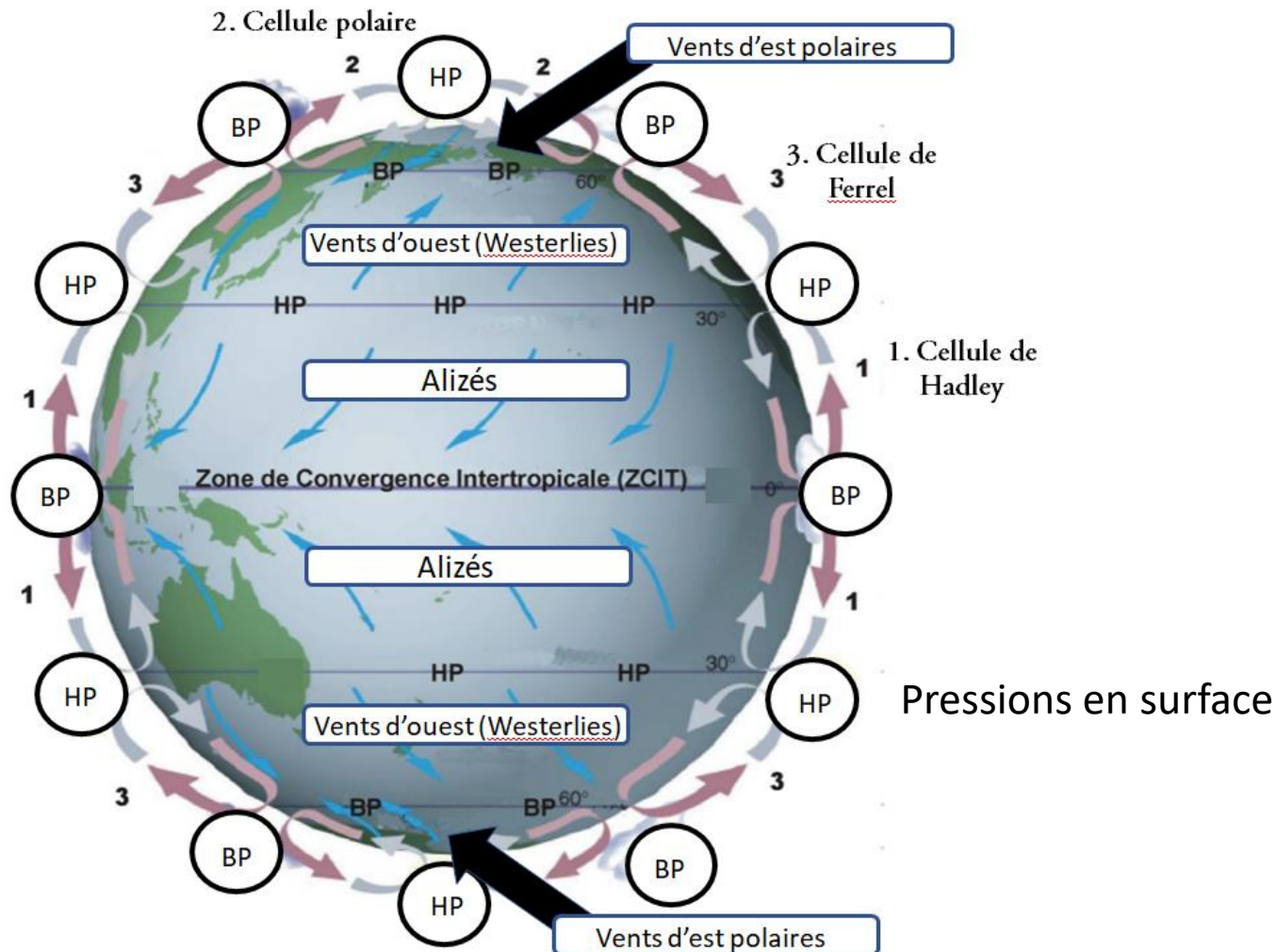
Zonale (direction Est-Ouest)

Méridienne (direction Nord-Sud)

*S'organise en cellules
ascendantes et descendantes de
CONVECTION*

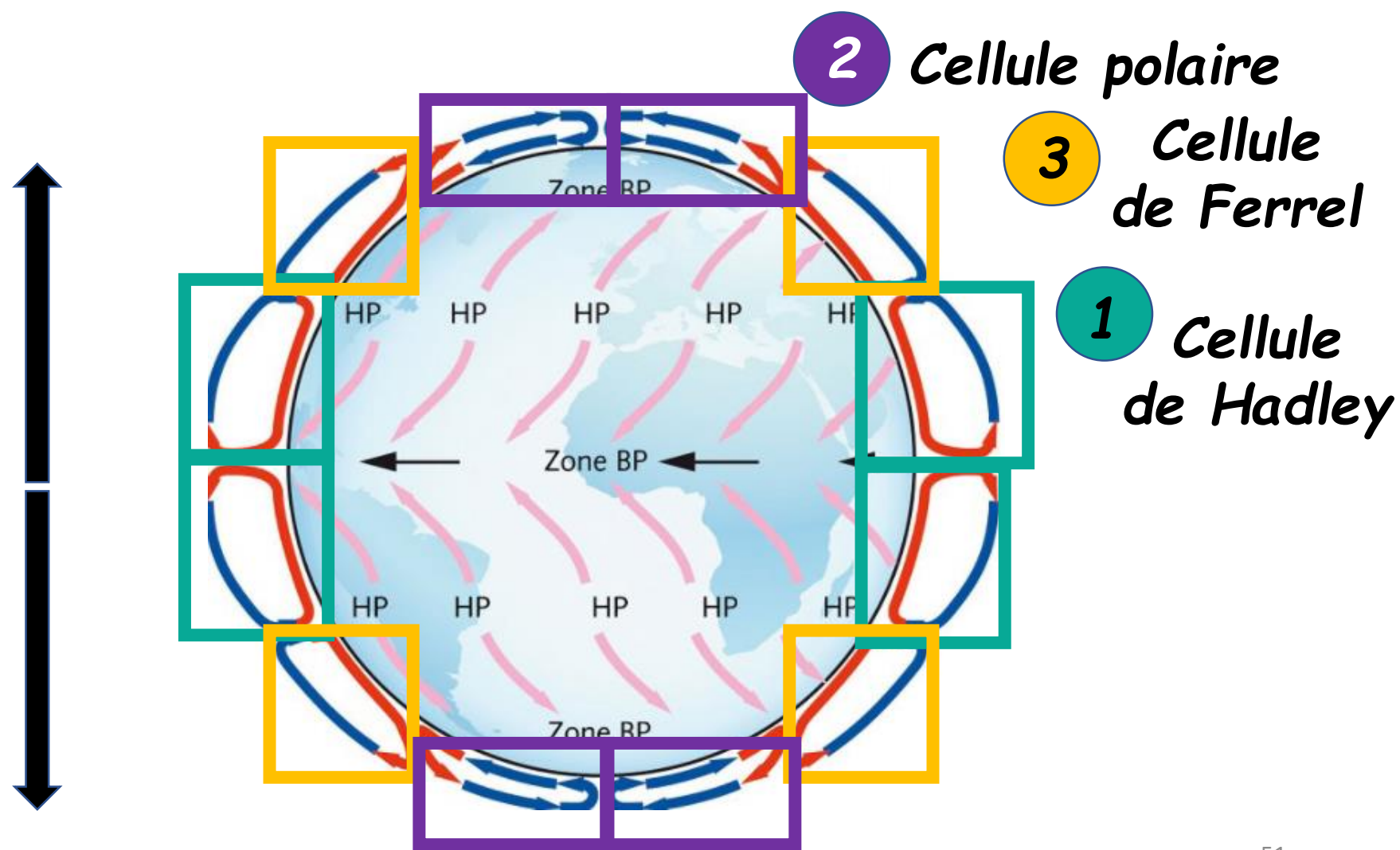
III/ La circulation atmosphérique

CIRCULATION ATMOSPHERIQUE



III/ La circulation atmosphérique

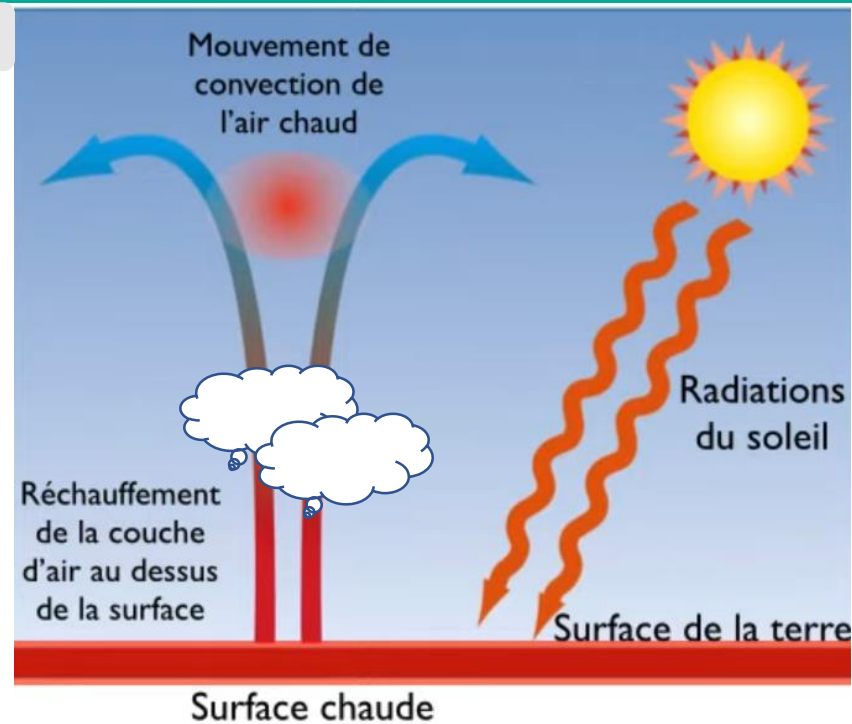
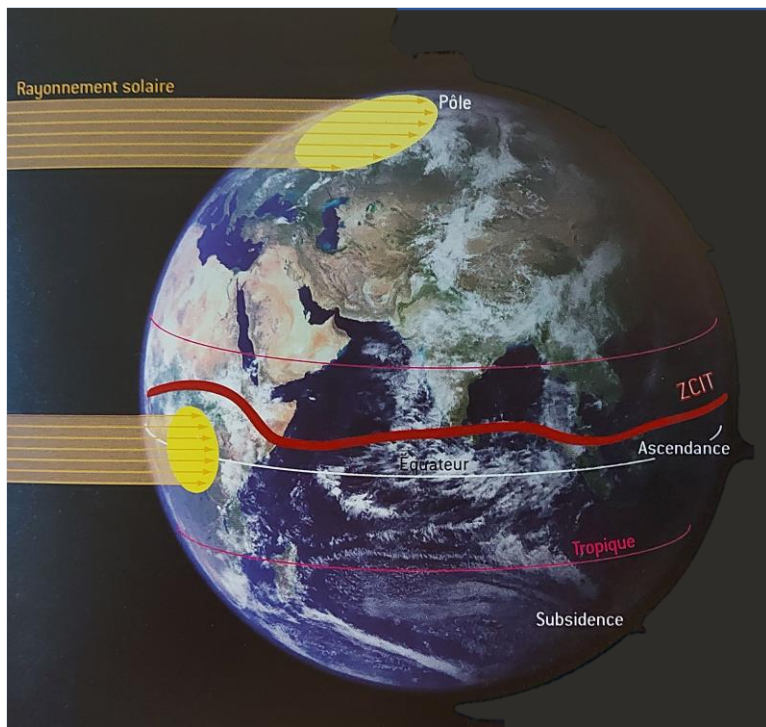
Circulation atmosphérique - un modèle tri-cellulaire



III/ La circulation atmosphérique

1 À l'Equateur

Refroidissement



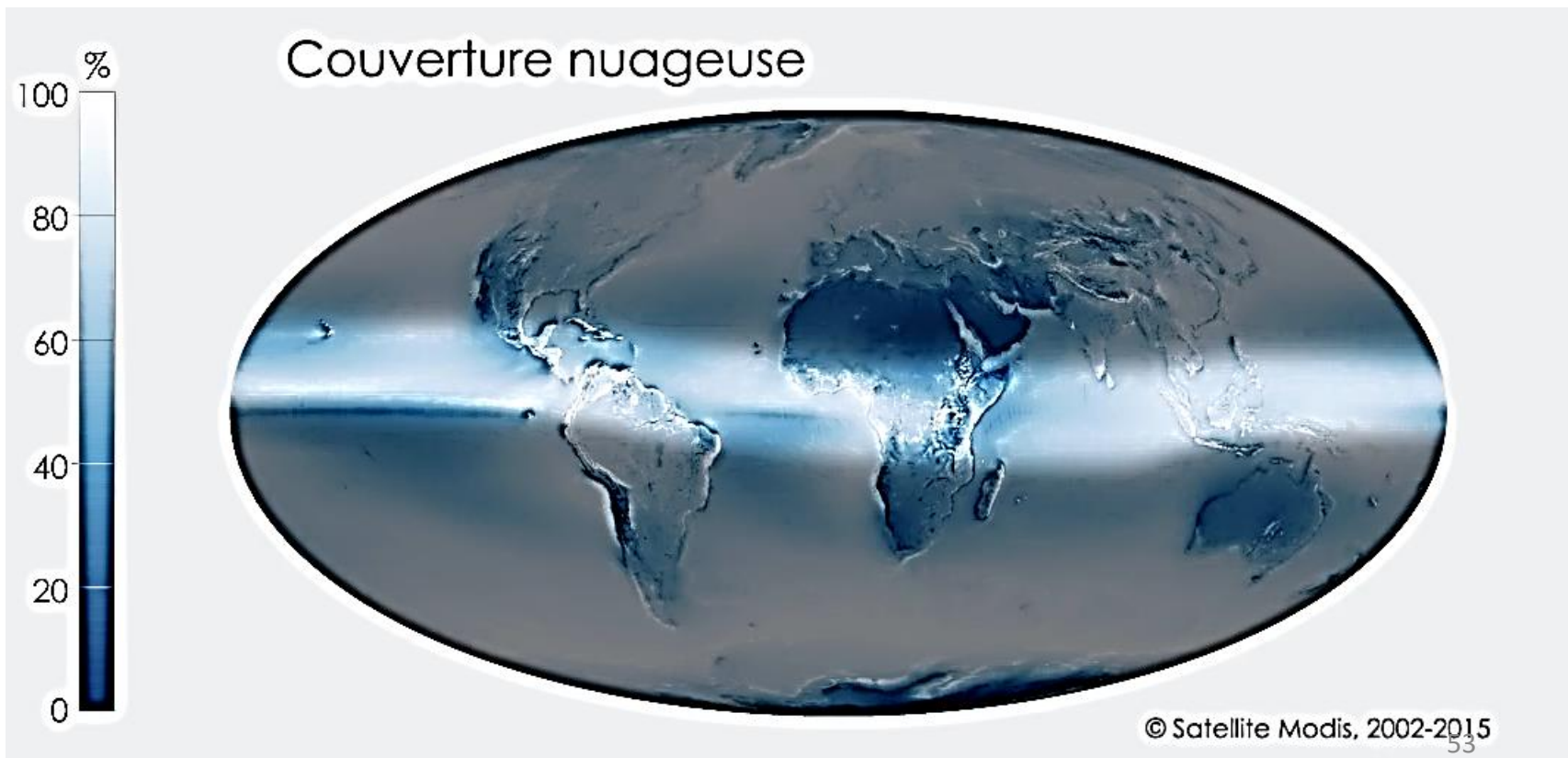
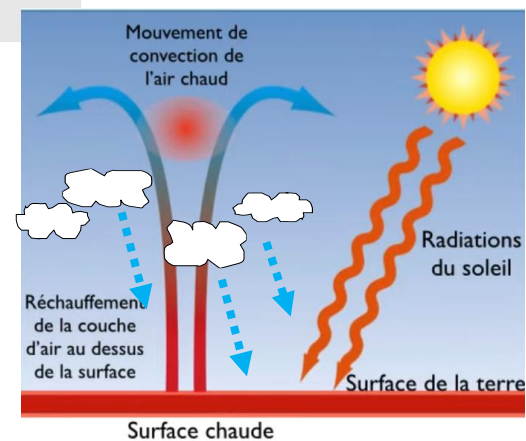
Air chaud

Ascendance (convection) de l'air humide jusqu'à la Tropopause

I/ La Zone de Convergence Intertropicale (ZICT)

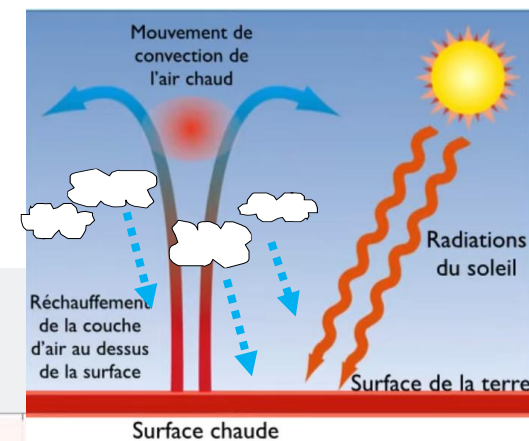
1 À l'Equateur

Condensation

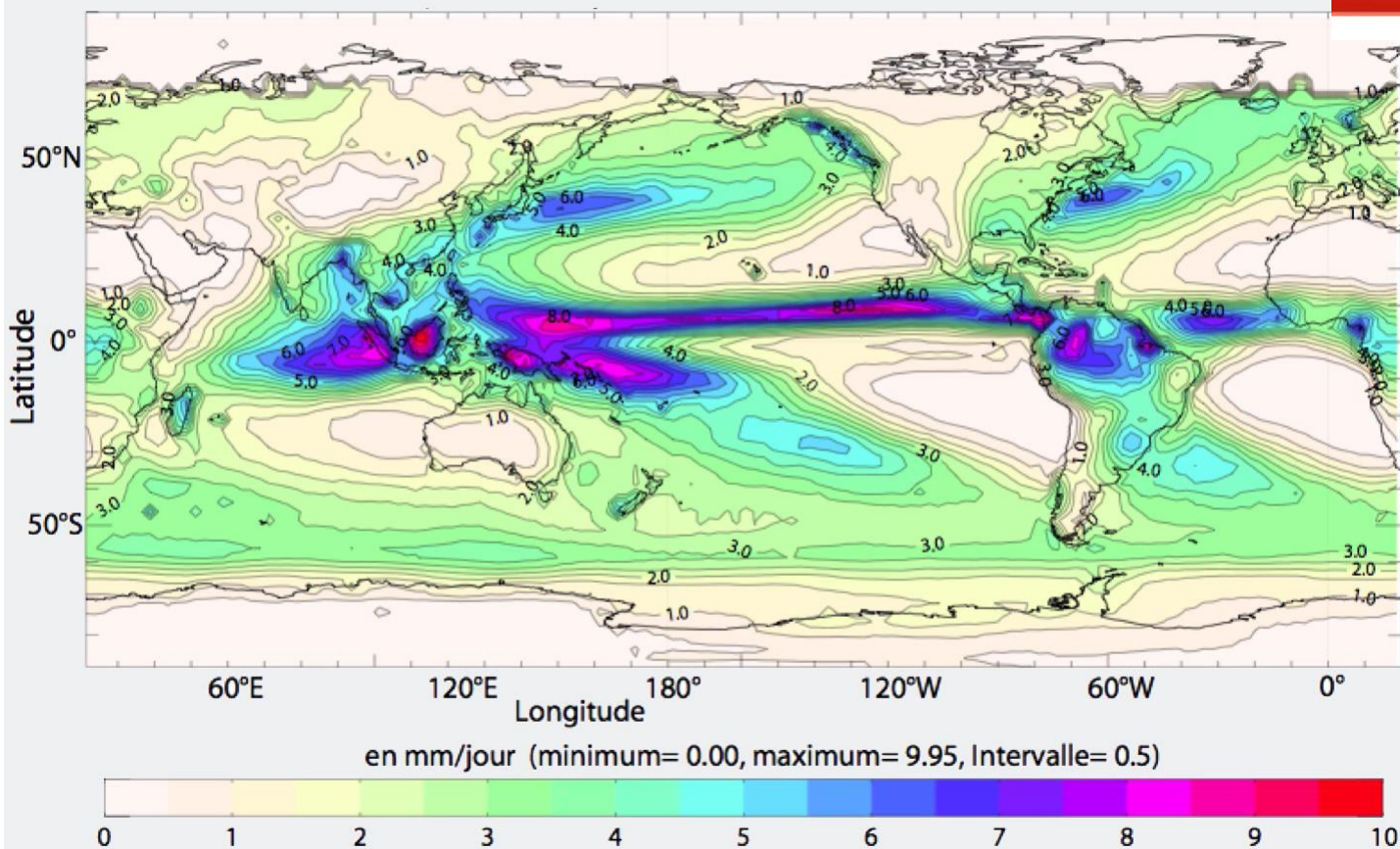


III/ La circulation atmosphérique

1 À l'Equateur



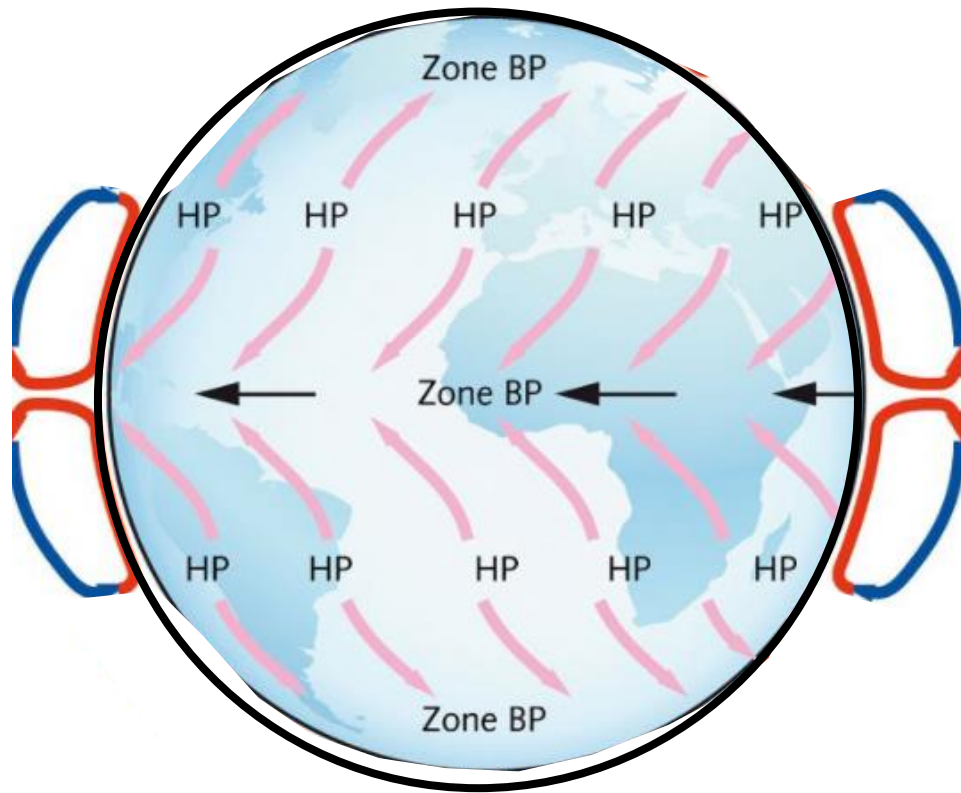
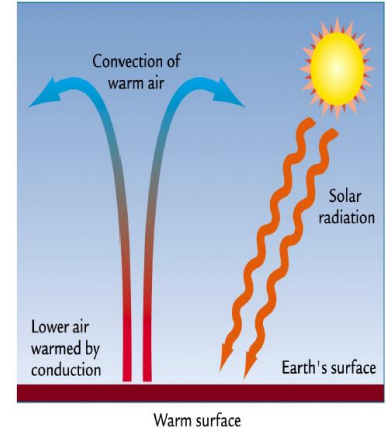
Précipitations moyennes sur 1979-2007



III/ La circulation atmosphérique

1 À l'Equateur

Zone ascendante de la cellule de Hadley



1 Cellules de Hadley

30°N
Advection

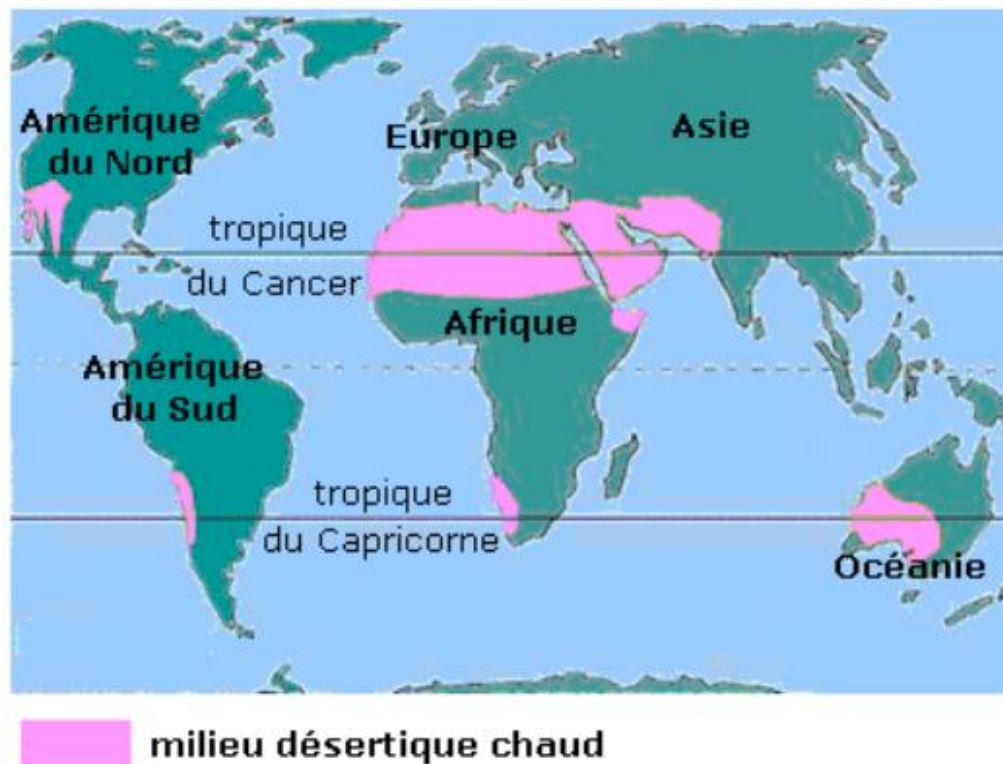
30°S

Puis **Subsidence** de l'air **sec** jusqu'à 30° N et S

Création Zones de **HAUTES** pressions subtropicales

III/ La circulation atmosphérique

Climat **Tropical** puis **Aride** chaud (désertique) à environ 30° de latitude (subtropiques)



23.5°

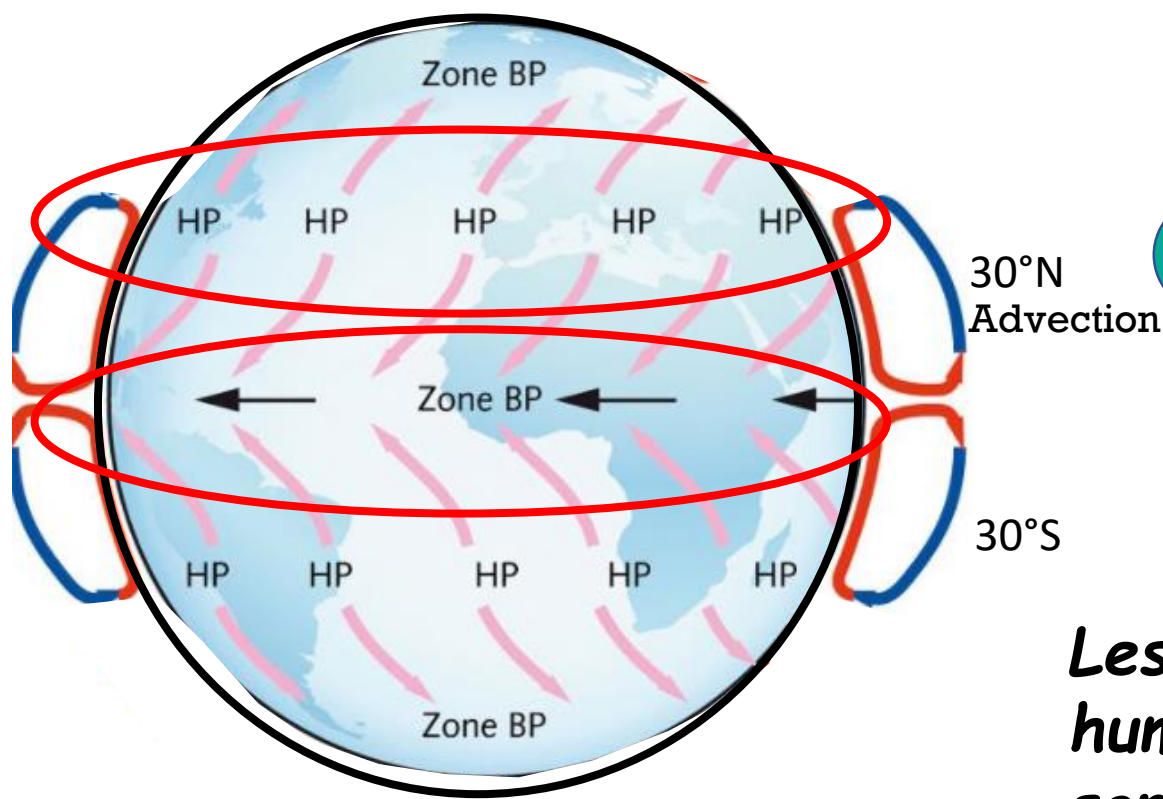
Très peu de Nuages
et de précipitations

23.5°

Également Zone de
Salinité de surface
élevée

III/ La circulation atmosphérique

1 À l'Equateur



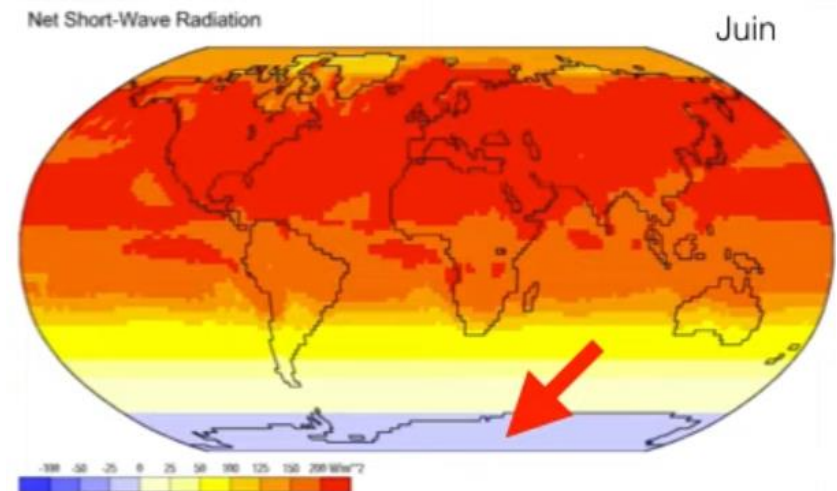
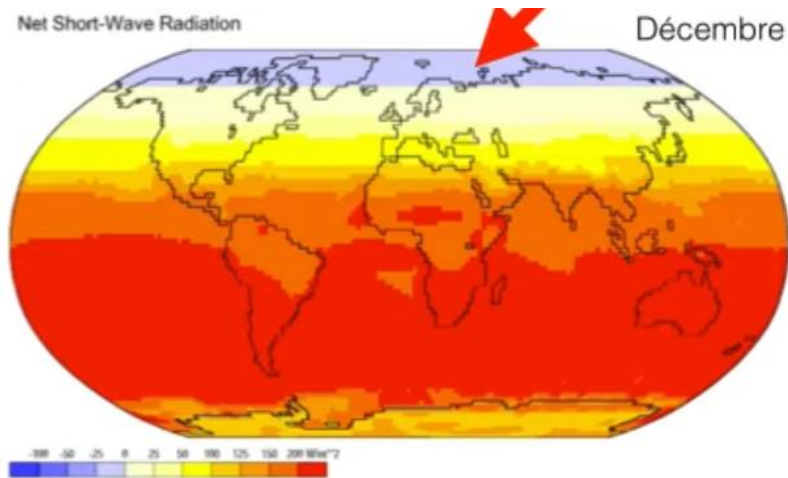
1 Cellules de Hadley

Les Alizés chargés en humidité se créent et sont dirigés vers BP de ZCIT.

III/ La circulation atmosphérique

2 Aux pôles

Absence d'énergie solaire pendant 6 mois refroidit la Troposphère

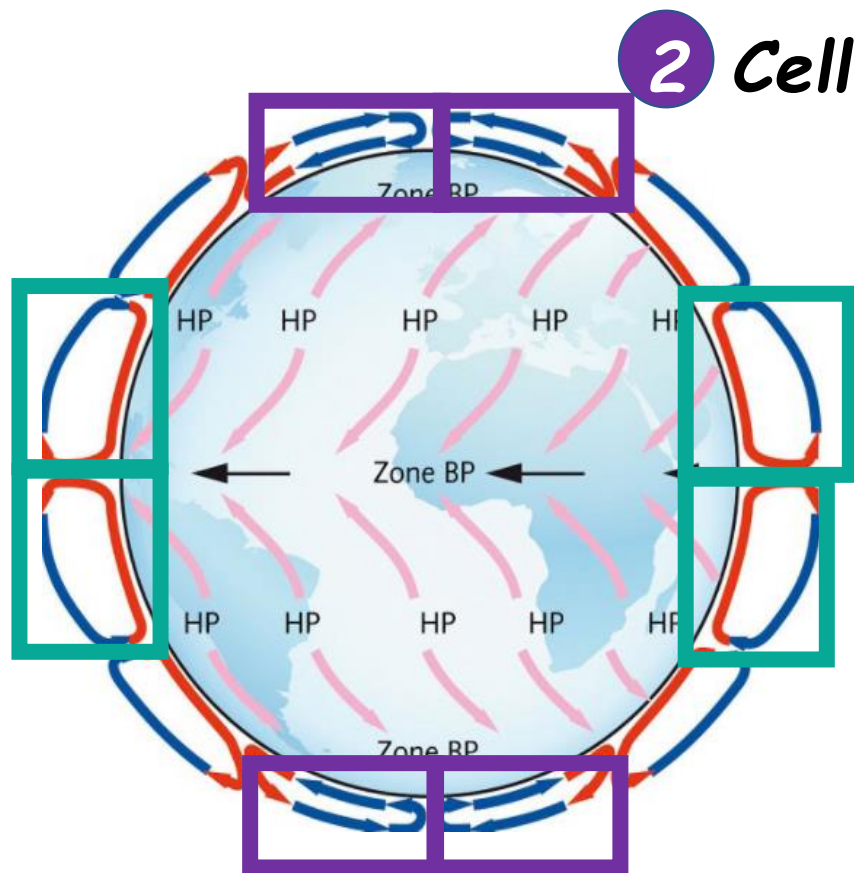


III/ La circulation atmosphérique

2 Aux pôles

- Zone de hautes pressions
(Anticyclone polaire)

2 Cellule polaire

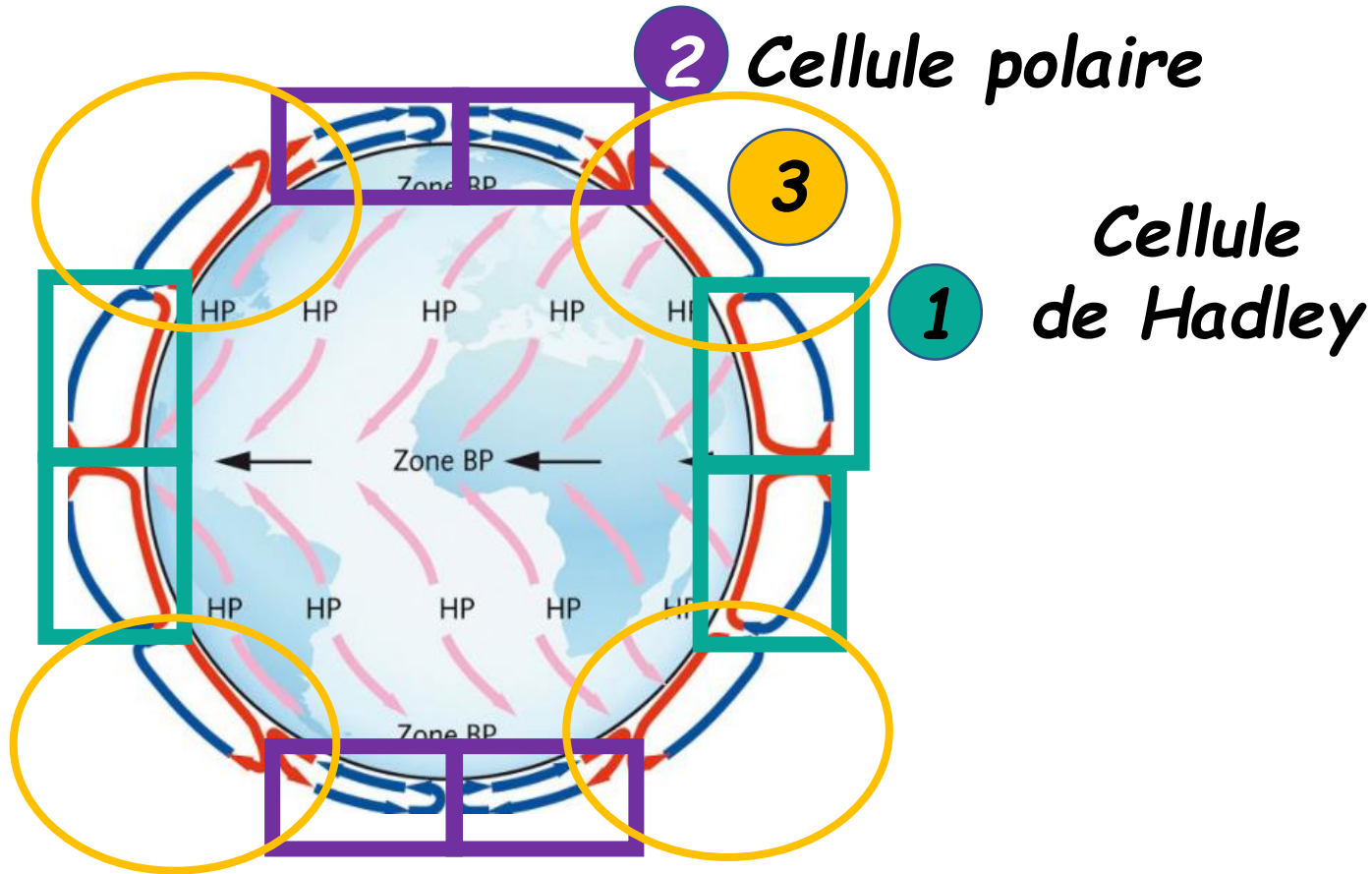


1 Cellule de Hadley

Subsidence et glissement de l'air (sec)

III/ La circulation atmosphérique

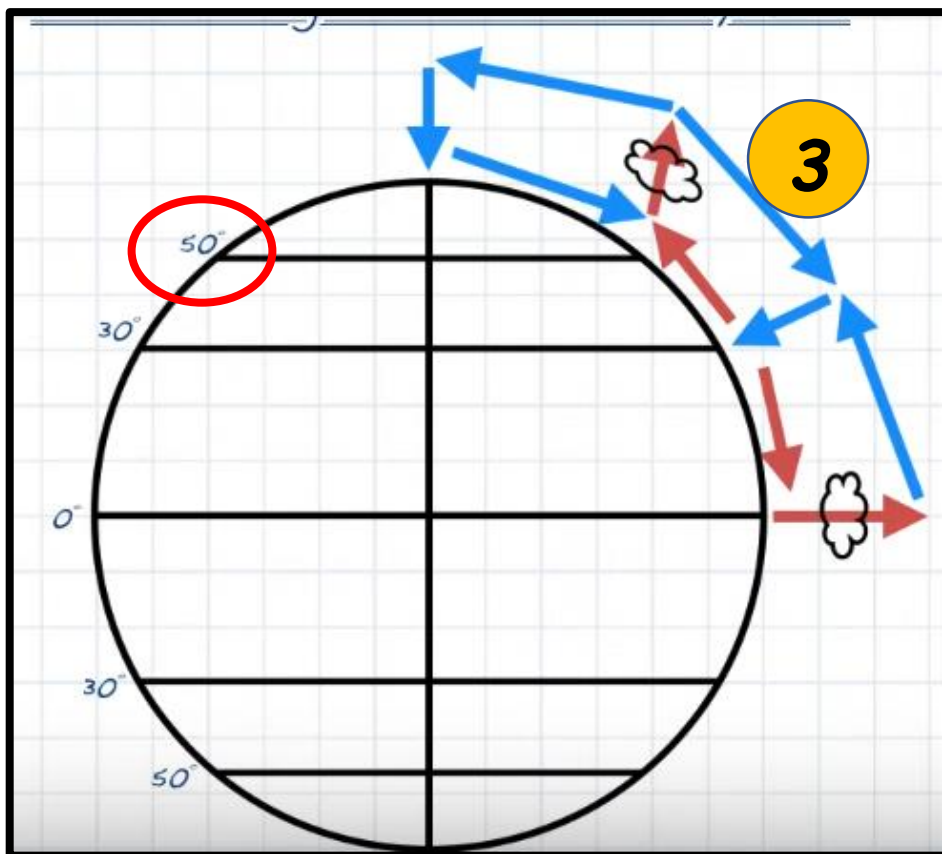
2 Aux pôles



III/ La circulation atmosphérique

3 Cellule de Ferrel

3 Cellule de Ferrel



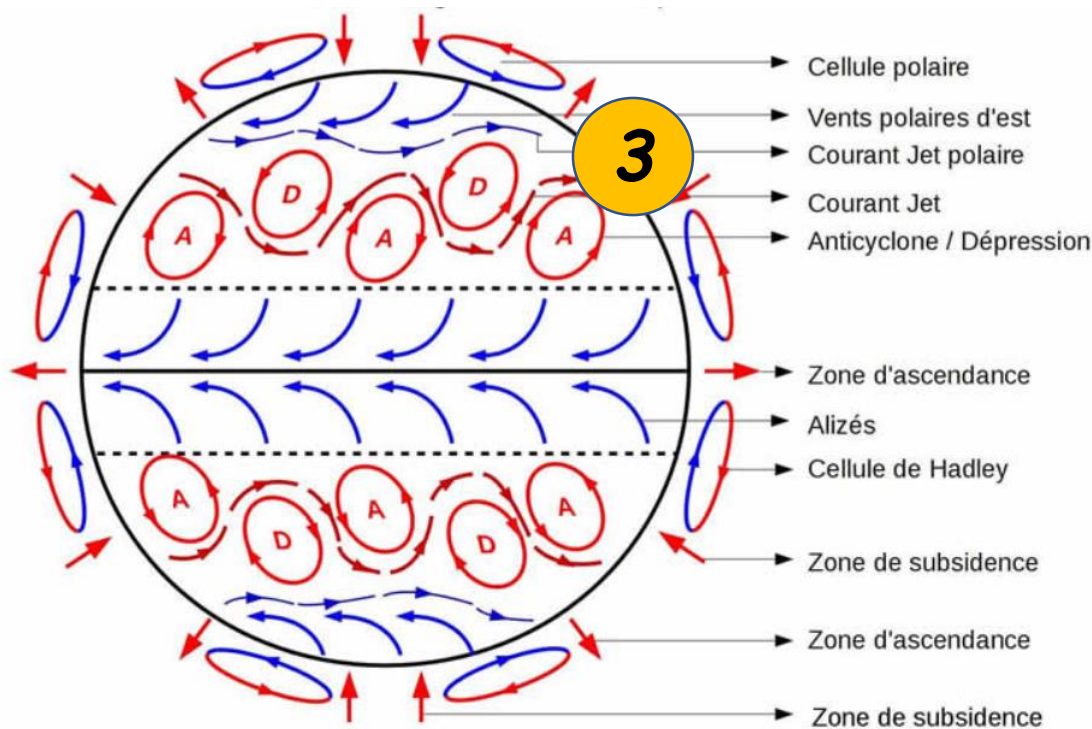
Air froid des pôles
rencontre l'air chaud des
zones subtropicales

Ascendance forcée de
l'air (**Dépression**)

III/ La circulation atmosphérique

3 Cellule de Ferrel

3 Cellule de Ferrel

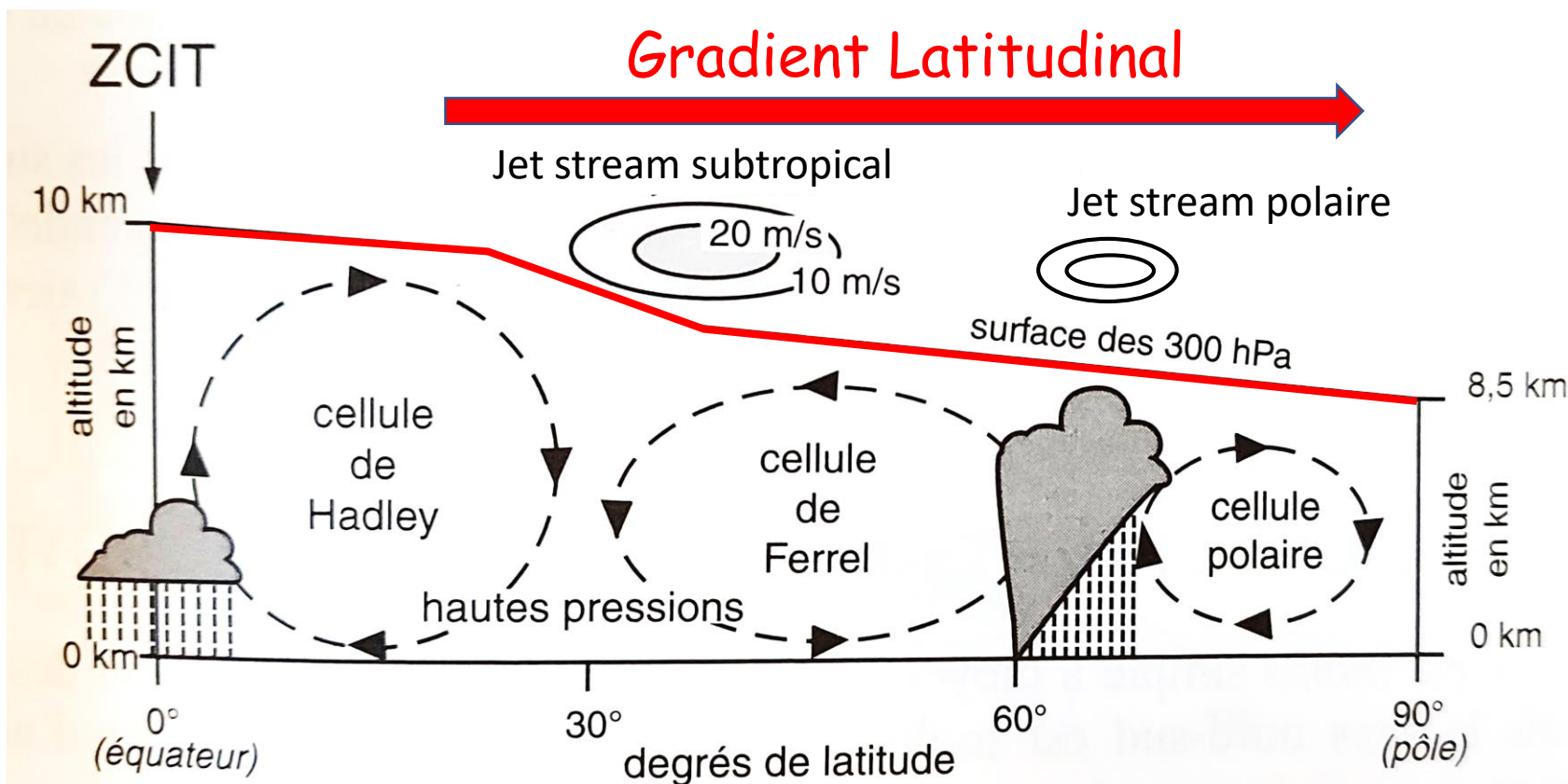


**Air froid des pôles
rencontre l'air chaud
des zones
subtropicales**

**Ascendance forcée
de l'air
(Dépression)**

En haute altitude

Surfaces de Pression en altitude s'abaissent de l'Equateur vers les Pôles



III/ La circulation atmosphérique

Les courants Jet ou Jet Stream

**Puissant courants
aériens**

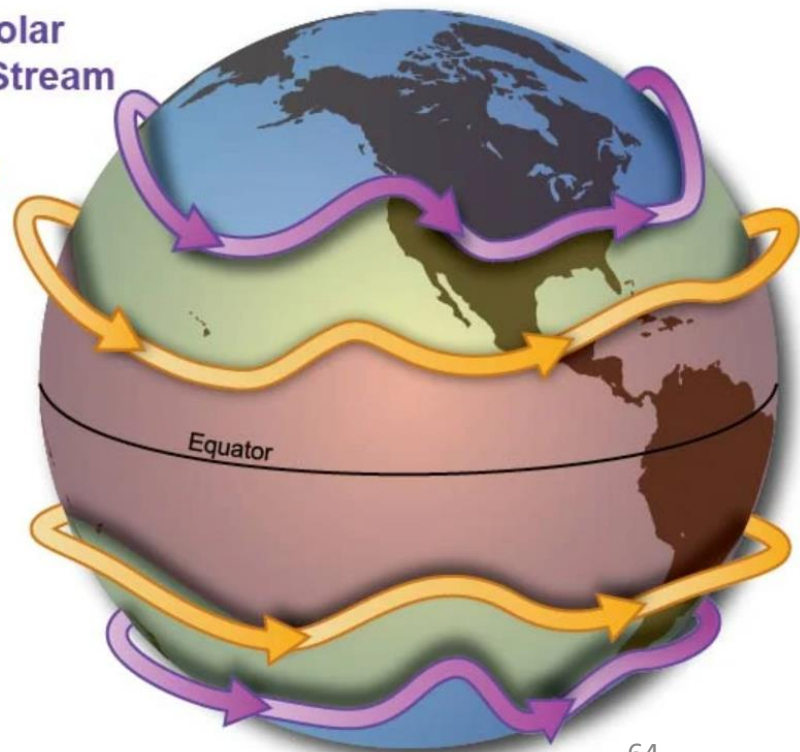
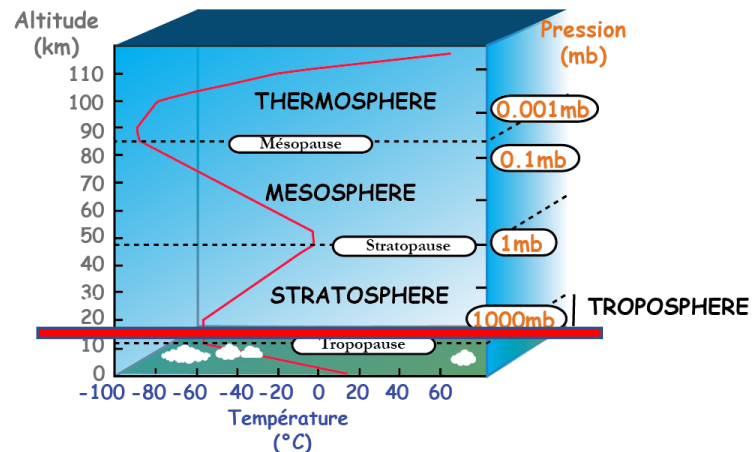


**Aux frontières des
cellules méridiennes
(N/S)**

Polar
Jet Stream

Subtropical
Jet Stream

Dans les deux hémisphères, les courants-jet ont une même direction : ouest-est.

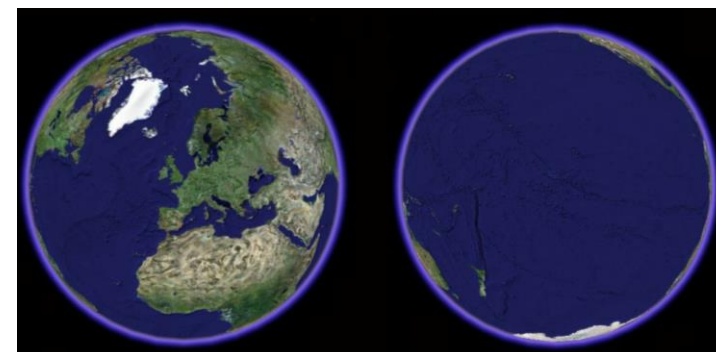
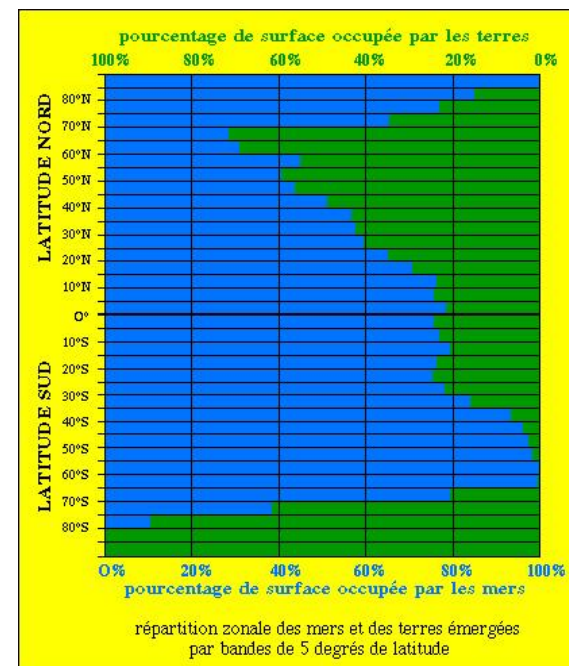
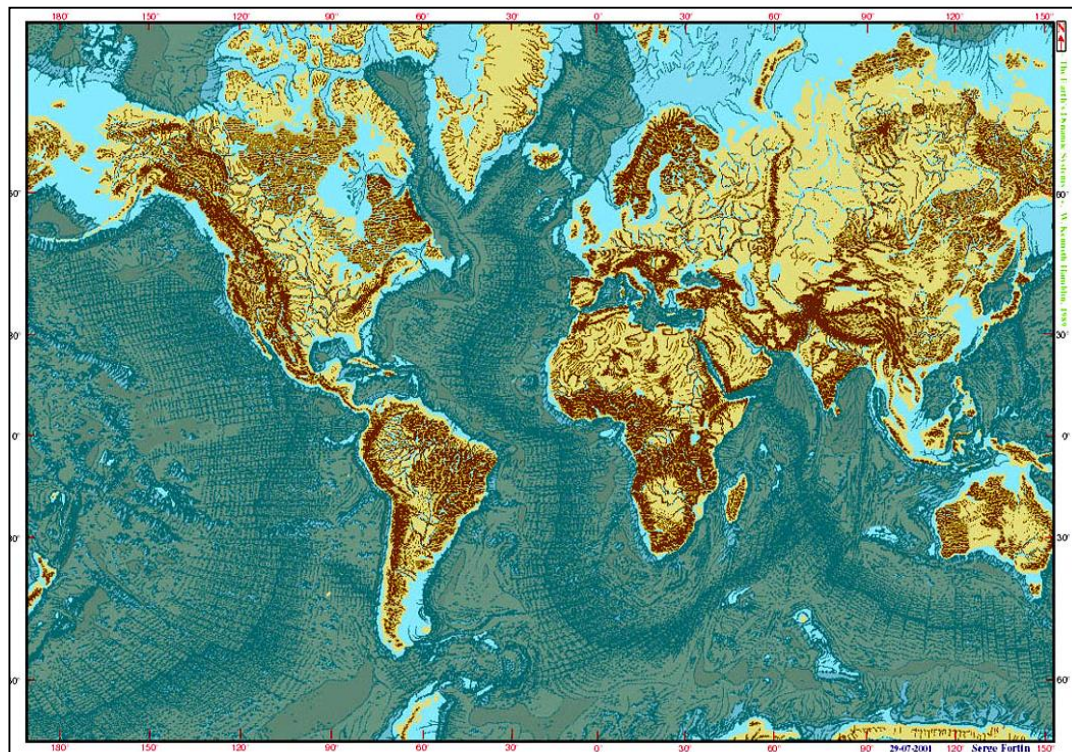


IV/ Impact des continents et océans

IV/ Impact des continents et océans

IV/ Impact des continents et océans

Distribution inégale des surfaces océaniques et continentales (reliefs ou non)



IV/ Impact des continents et océans

Création d'une Azonalité des climats

Circulation de Walker

La différence de température entre les océans et les continents génère des zones de HP et BP

Réponse **plus lente des océans** aux variations de **Température** que pour les continents

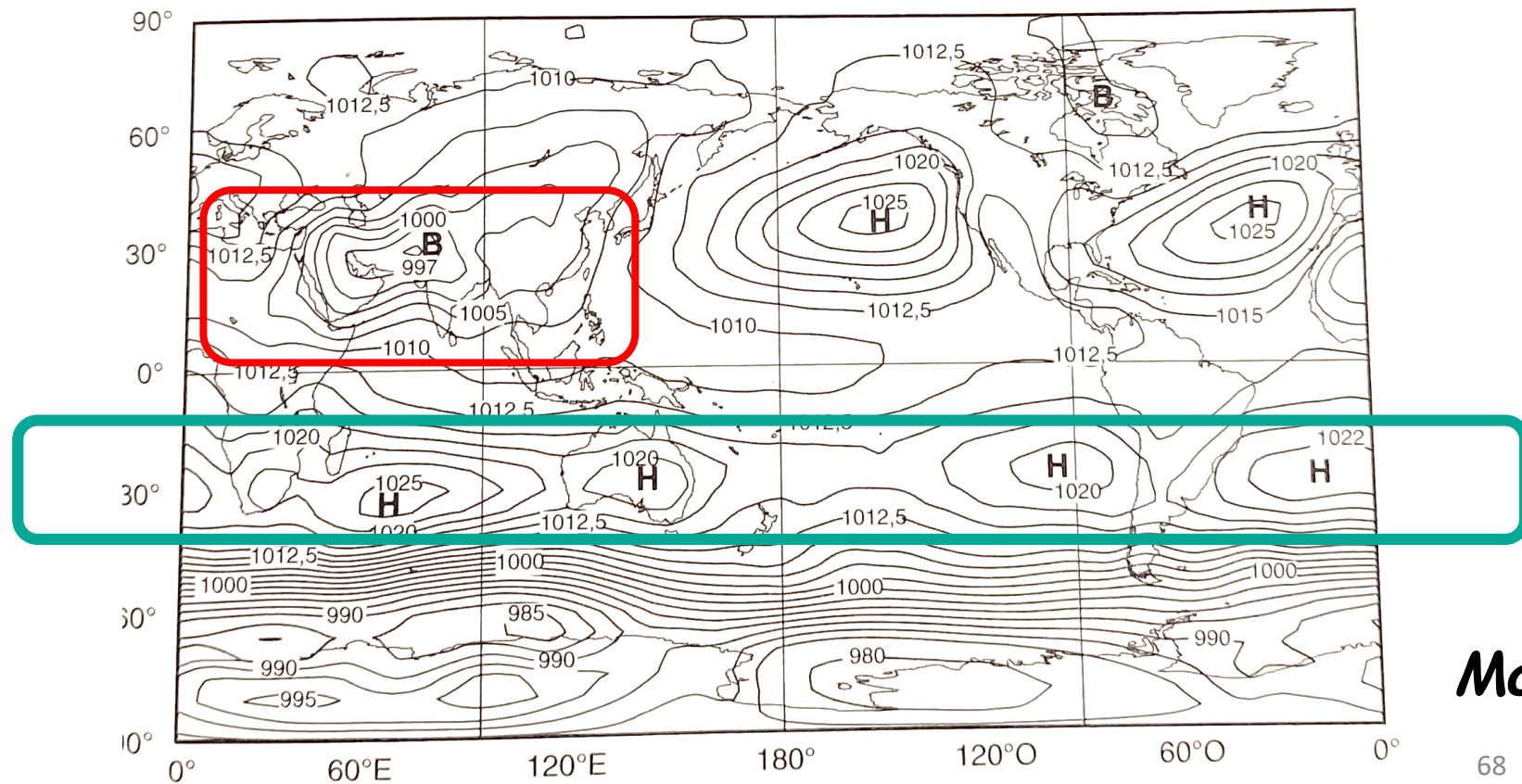
IV/ Impact des continents et océans

Création d'une Azonalité des climats

30° de Latitude
zone de
HP

Circulation de Walker

JUILLET



Mais...

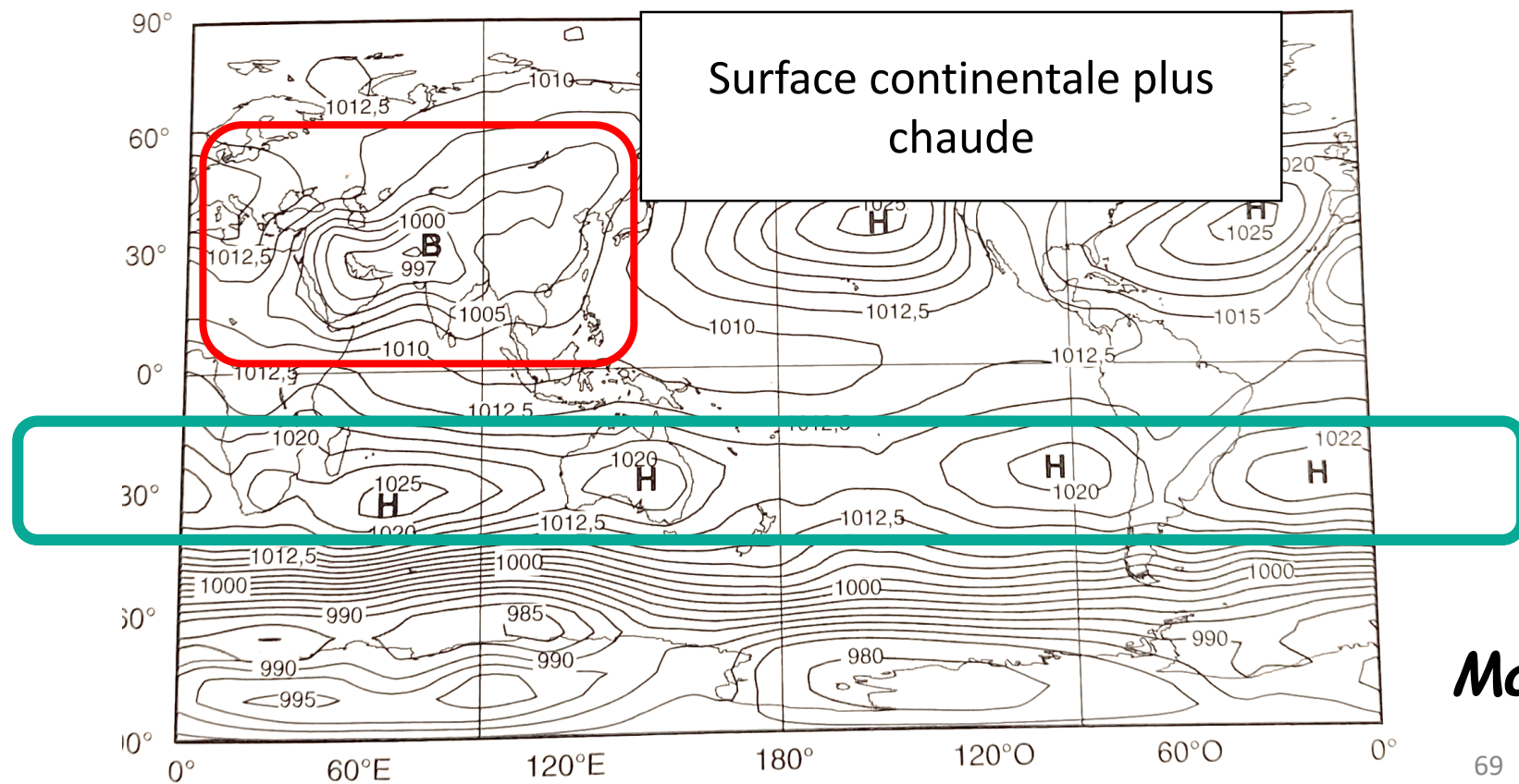
IV/ Impact des continents et océans

Création d'une Azonalité des climats

30° de Latitude
zone de
HP

Circulation de Walker

JUILLET



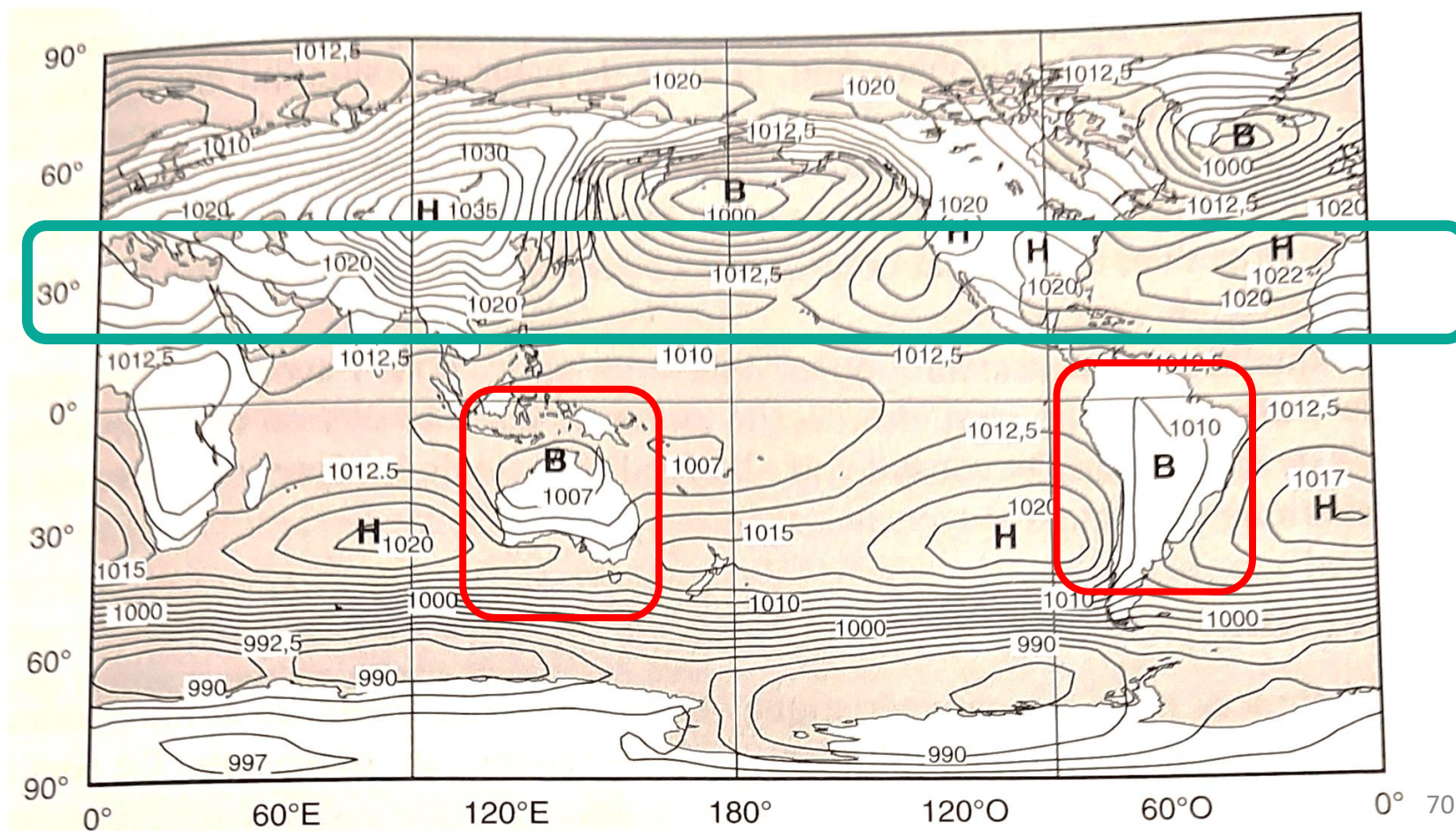
Mais...

IV/ Impact des continents et océans

Création d'une Azonalité des climats

Circulation de Walker

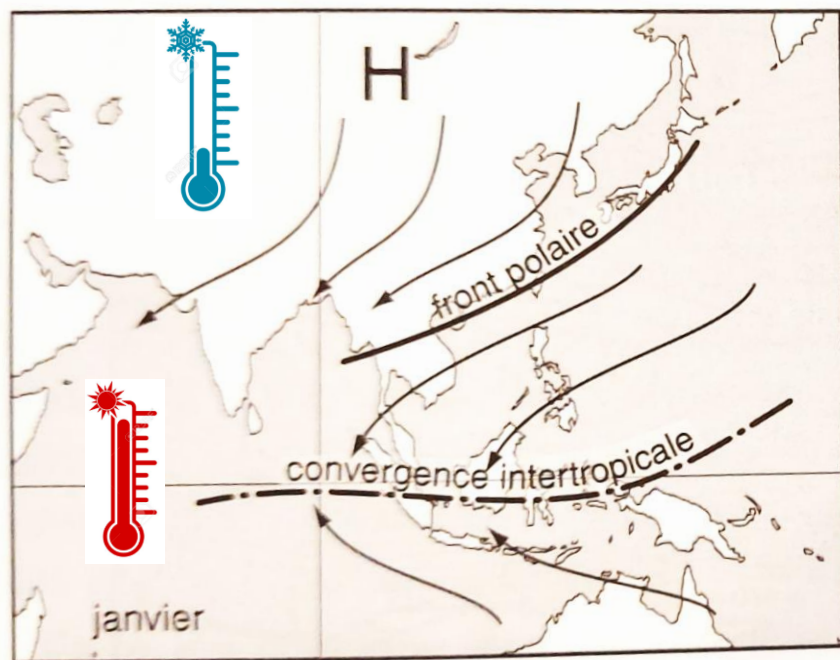
JANVIER



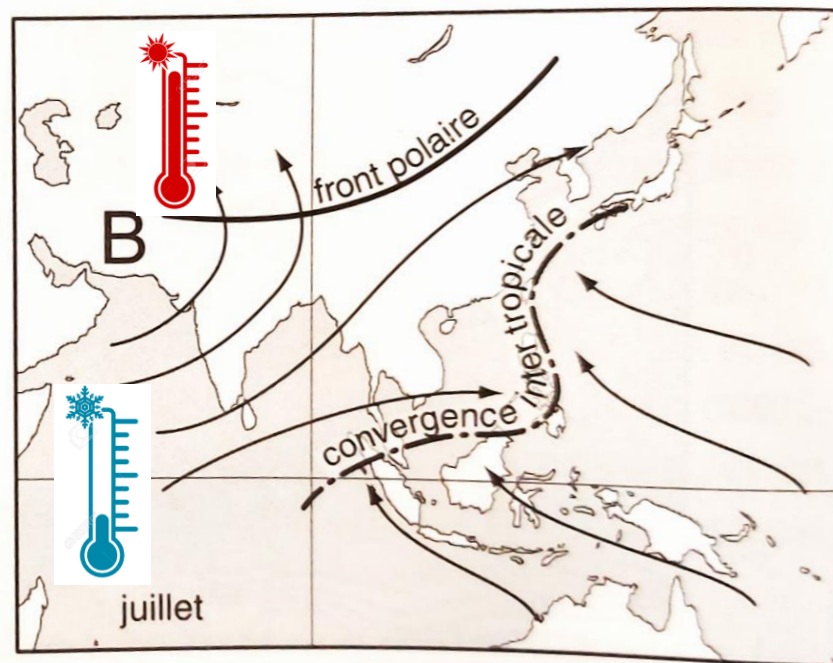
IV/ Impact des continents et océans

Création d'une Azonalité des climats

Exemple des Moussons (vents saisonniers) asiatiques



Janvier



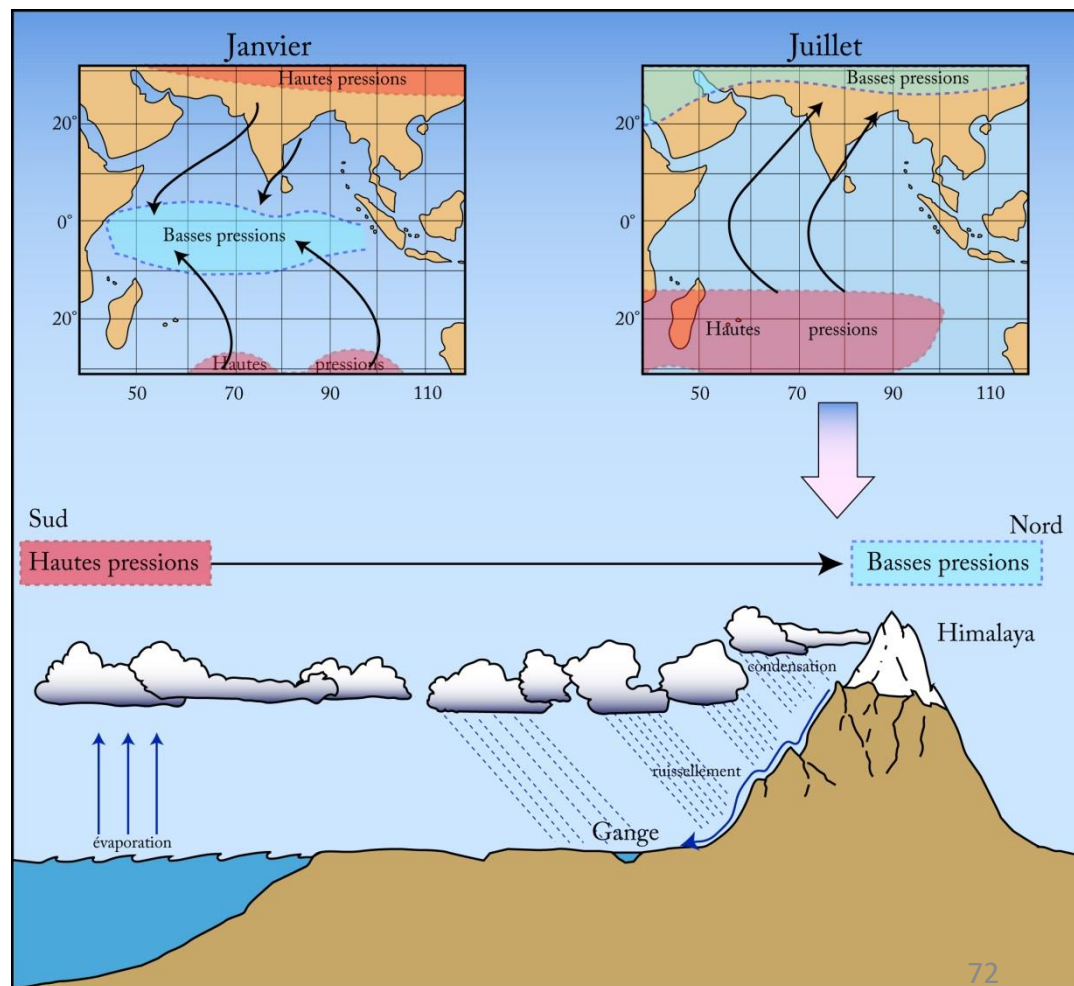
Juillet

IV/ Impact des continents et océans

Création d'une Azonalité des climats

Exemple des Moussons (vents saisonniers) asiatiques

Dues au déplacement de la ZCIT



IV/ Impact des continents et océans

Création d'une Azonalité des climats

Exemple des Moussons (vents saisonniers) asiatiques



En Eté

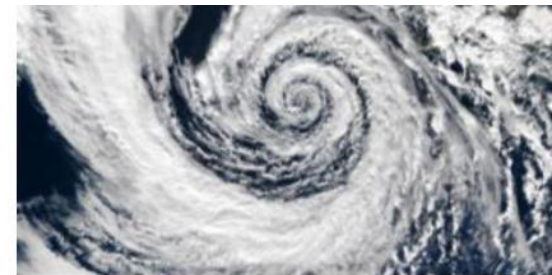


Dues au déplacement de la ZCIT

Conclusion- Acquisition des connaissances

1) Mécanismes des Saisons

- Savoir expliquer l'existence de saisons et les paramètres impactant ces dernières
- Connaître les notions de Solstices, Equinoxes, Périhélie, Aphélie



2) Mouvements des masses d'air

- Distinguer Anticyclone et Dépression, connaître leur impact sur la circulation atmosphérique
- Rôle de l'Effet de Coriolis

3) Circulation atmosphérique

- Connaître la circulation zonale et méridienne (cellules convectives)
- Lien avec les grands champs de vents (Vents Est polaires, Westerlies, Alizés)
- Zone de Convergence Intertropicale
- Mécanisme de base des Moussons
- Impacts sur le développement de zones climatiques

Prochain cours



Structure de l'Océan

Christophe Colin

christophe.colin@universite-paris-saclay.fr