

FIG. 3.18 – Champ de pression réduite au niveau de la mer moyenné sur les 44 ans de réanalyse ERA40 (a) décembre-janvier-février (b) juin-juillet-août

Présentation à l'échelle du globe

Le vent :

On distingue le vent zonal u (>0 pour un vent d'Ouest) et le vent méridien v (>0 pour un vent de Sud)

- Profil méridien de la moyenne zonale et verticale du vent zonal
- Champ de vent zonal moyenné
- Profil méridien de la moyenne zonale du vent zonal
- Profil méridien de la moyenne zonale du vent méridien et profil méridien de la moyenne zonale de la vitesse verticale

Synthèse :

En étudiant les champs en moyenne annuelle, on met en évidence :

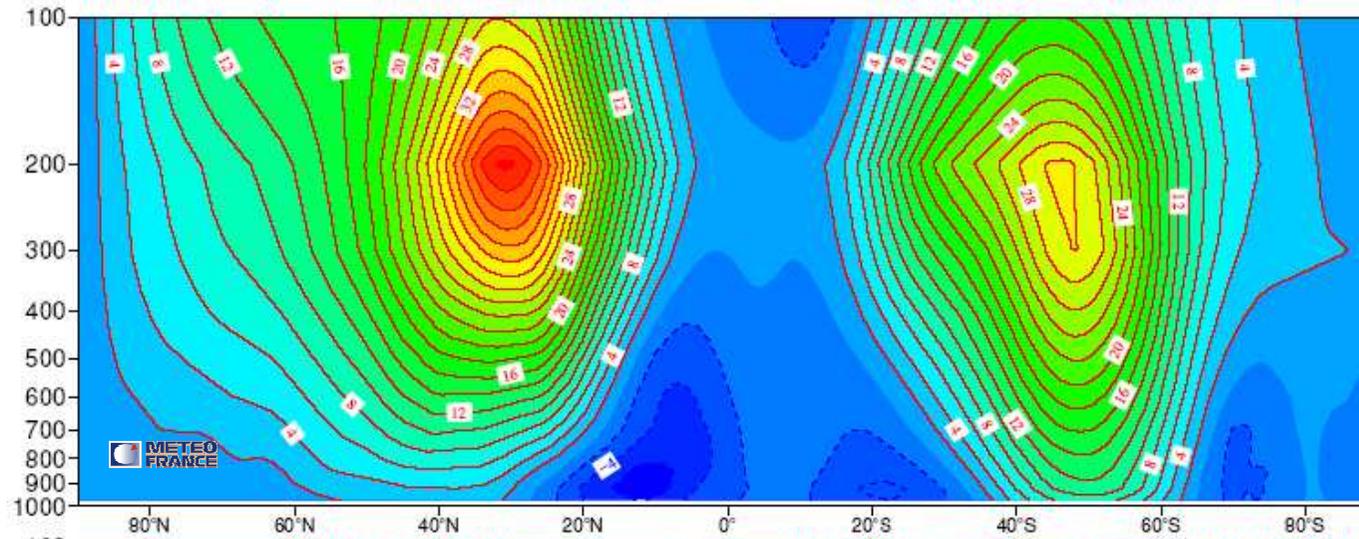
Le courant jet subtropical

Les alizés

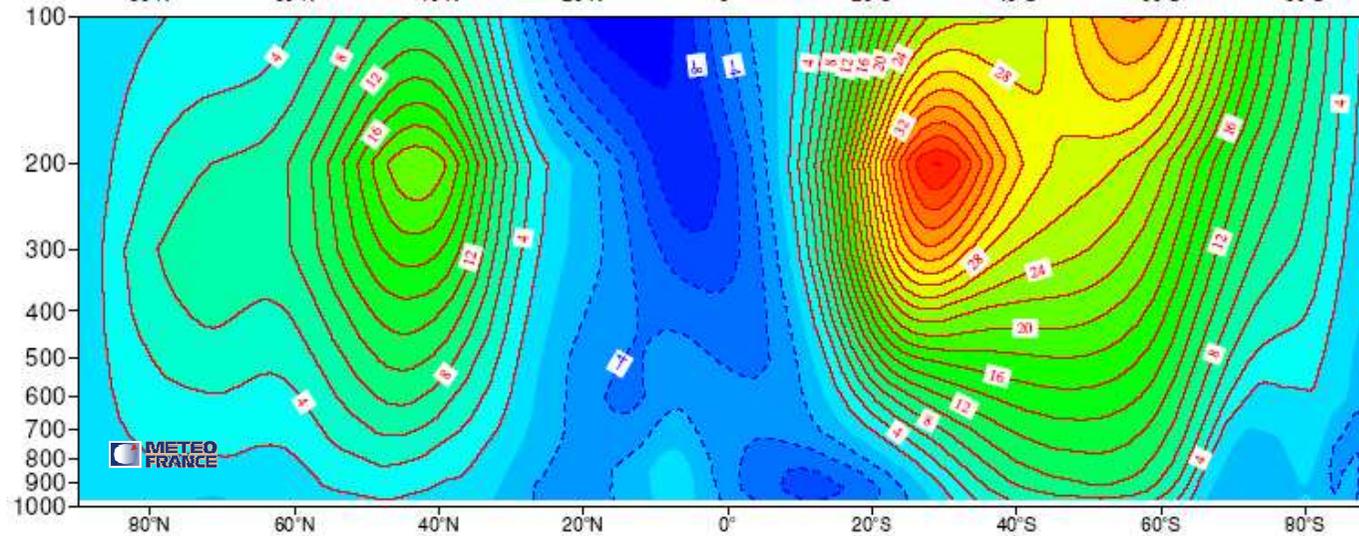
Cellules de Hadley

ZCIT

Toutefois, ces différentes structures ne sont pas toujours visibles au jour le jour, possèdent une variabilité spatio-temporelle grande (intra-saisonnière), sont influencées par la nature des basses couches (Océan, continent, relief), ne sont pas nécessairement axisymétriques.



a)

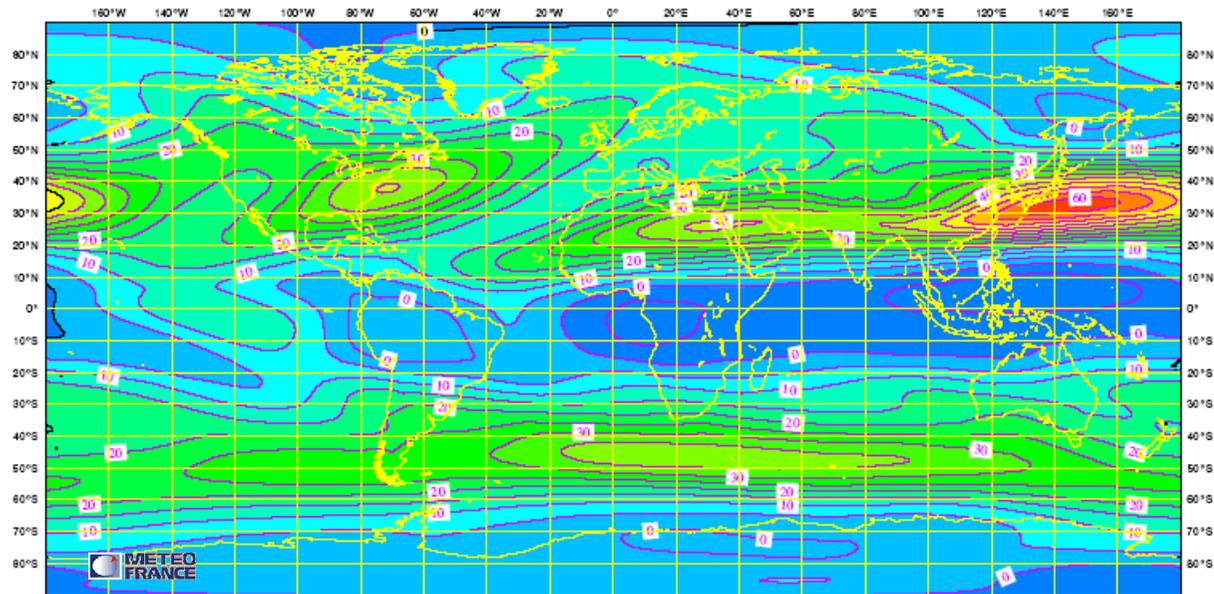


b)

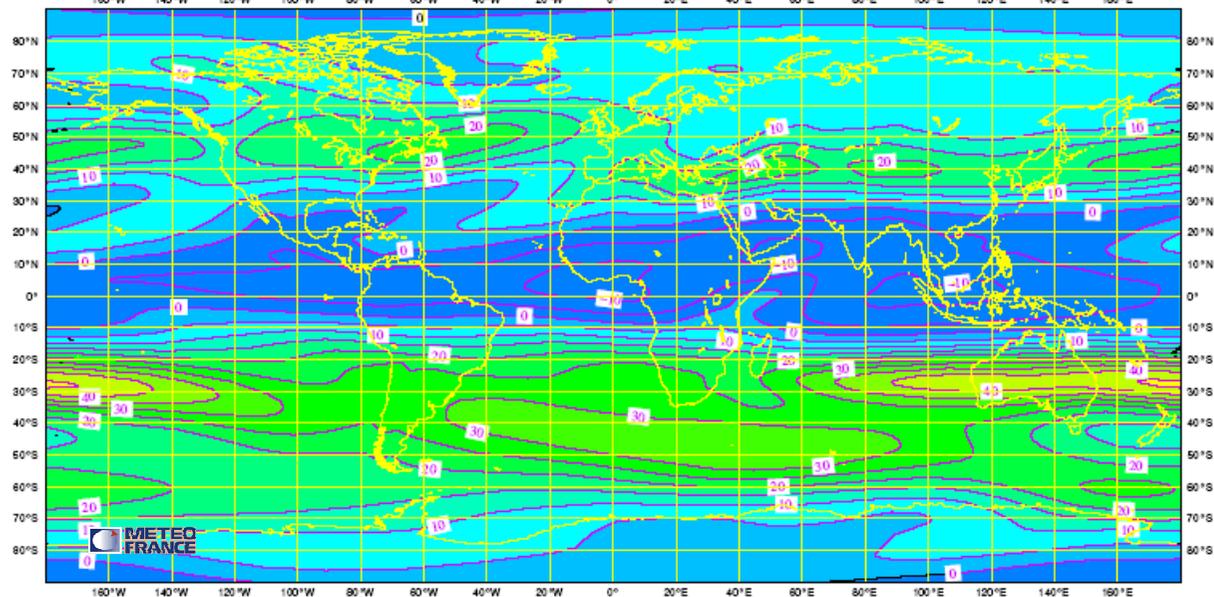
Présence du courant jet subtropical : noyau de vent très fort au niveau de la tropopause vers 30° de latitude, plus fort à un niveau de pression donné dans l'HS.

Dans l'hémisphère d'été, noyau moins intense et plus proche du pôle qu'en hiver.

Dans la bande tropicale, vent d'Est ; max près du sol et plus fort dans l'hémisphère d'hiver → alizés



a)



b)

Le jet subtropical ne correspond pas à un axe de vent fort continu (influence du relief, des continents)

Structure plus régulière dans l'hémisphère Sud.

Vent max sur les bords Ouest pacifiques et atlantiques

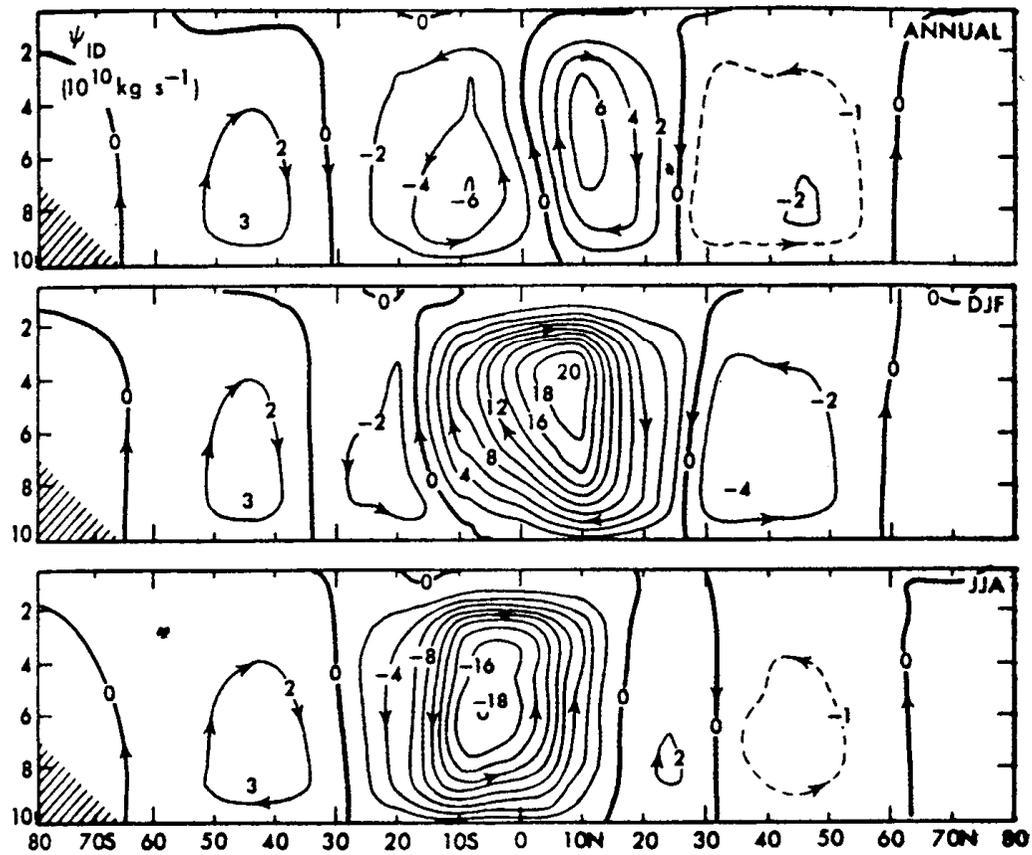
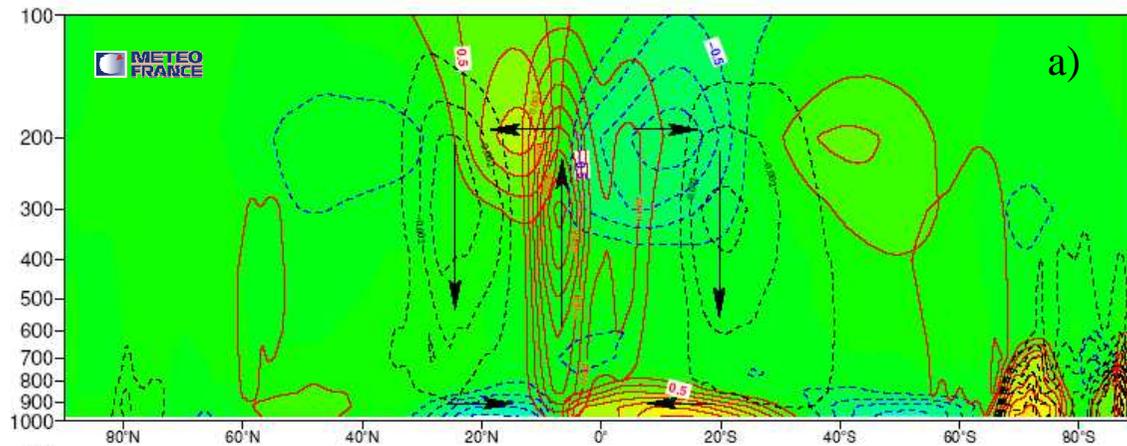
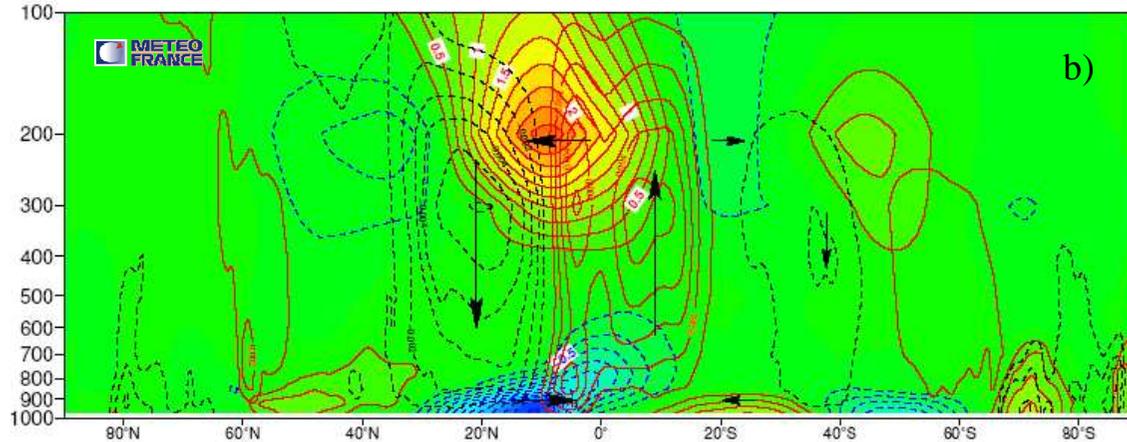


FIG. 1.12: La fonction de courant de l'écoulement méridien, exprimée en débit massique (10^{10} kg/s). De haut en bas: moyenne annuelle, hiver boréal, été boréal. D'après Peixoto et Oort, 1992.



Le max de vent méridien moyen est plus faible que le max de vent zonal.

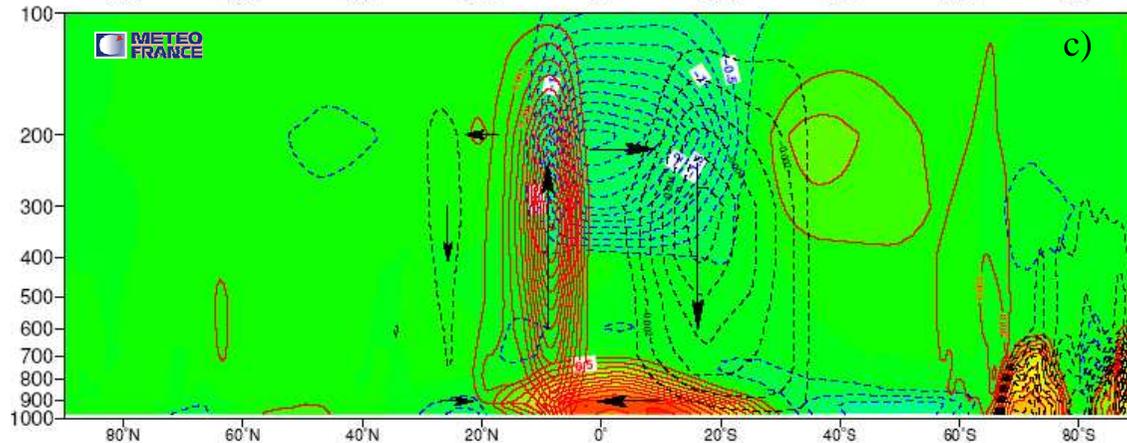


2 extréma de signes opposés :

-) dans les basses couches (convergence)
-) au voisinage de la tropo (divergence)

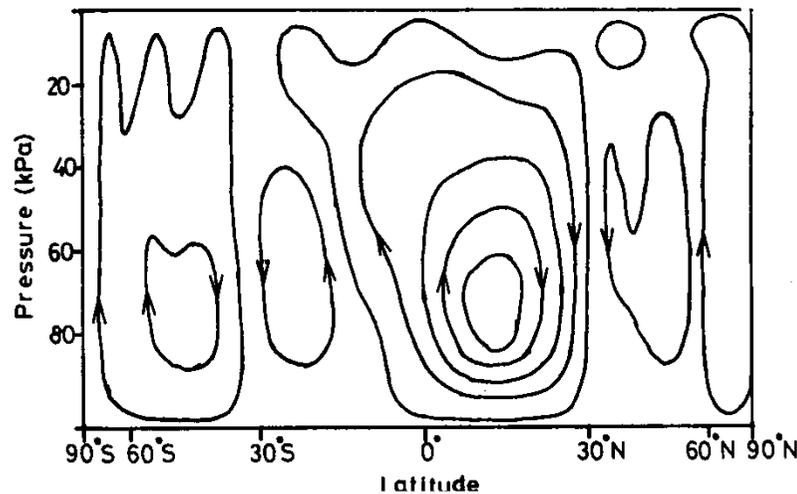
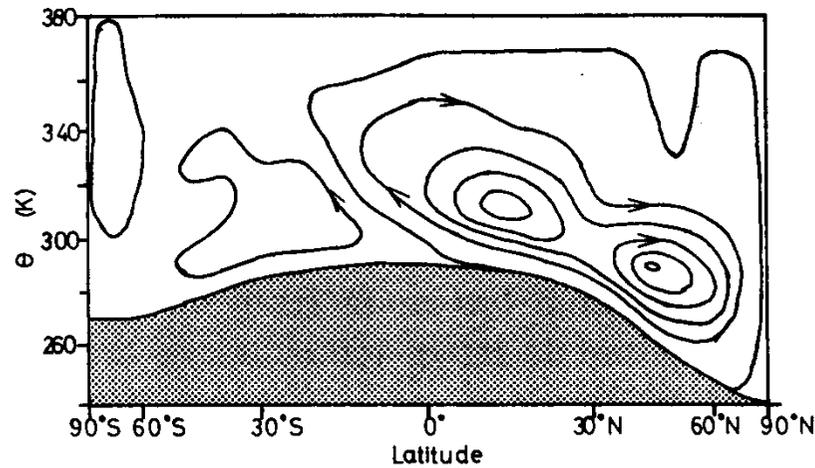
Avec la vitesse verticale → circulation fermée (**visible sur les champs en moyenne annuelle**)

- 2 cellules de part et d'autre de l'équateur
cellules de Hadley
- ZCIT : zone de convergence intertropicale = zone de convergence des alizés en basses couches.



Variations de ces circulations avec les saisons : seule la cellule de l'hémisphère d'hiver est bien marquée.

Fonction de courant méridienne: (a) moyenne quasi-lagrangienne sur des iso-theta (b) moyenne eulérienne



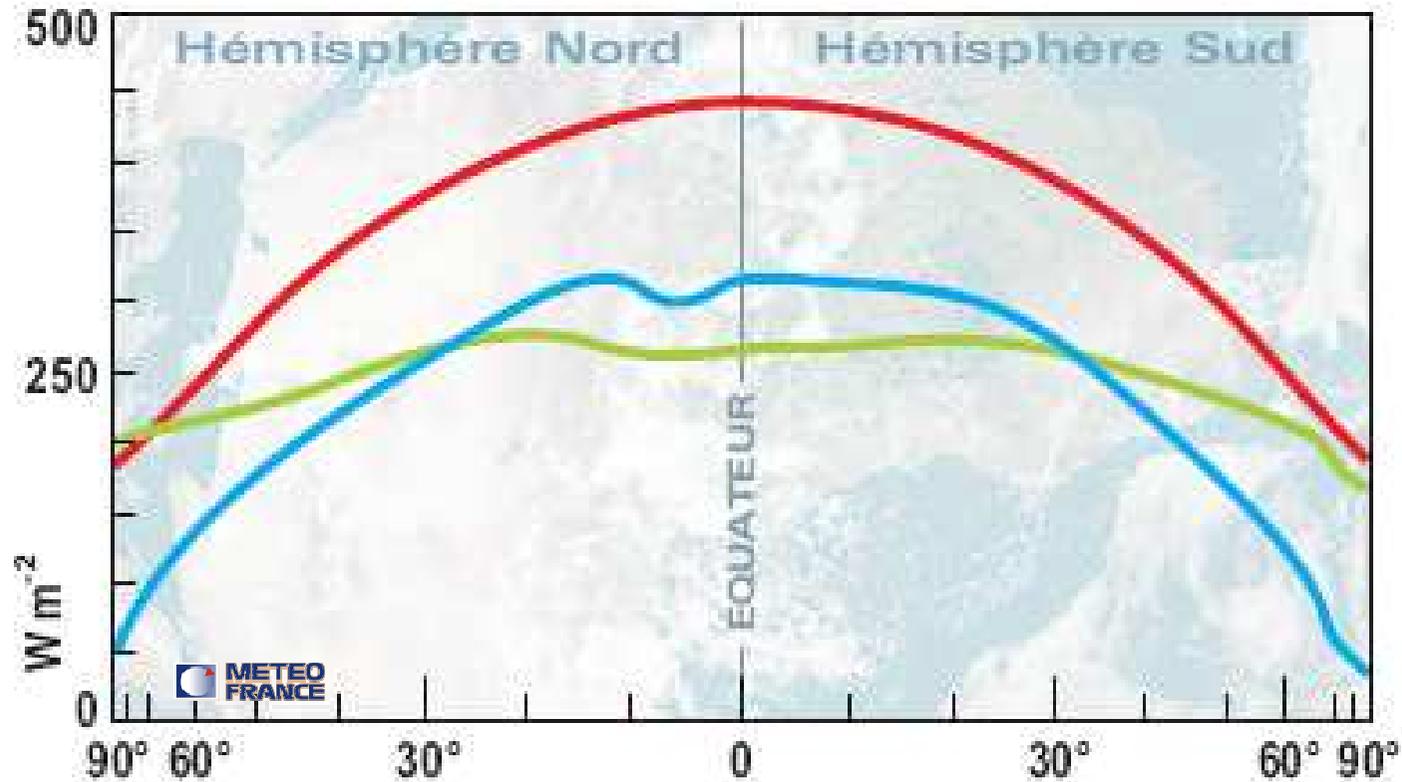
Présentation à l'échelle du globe

Le bilan radiatif :

- par cercle de latitude
- sur la verticale

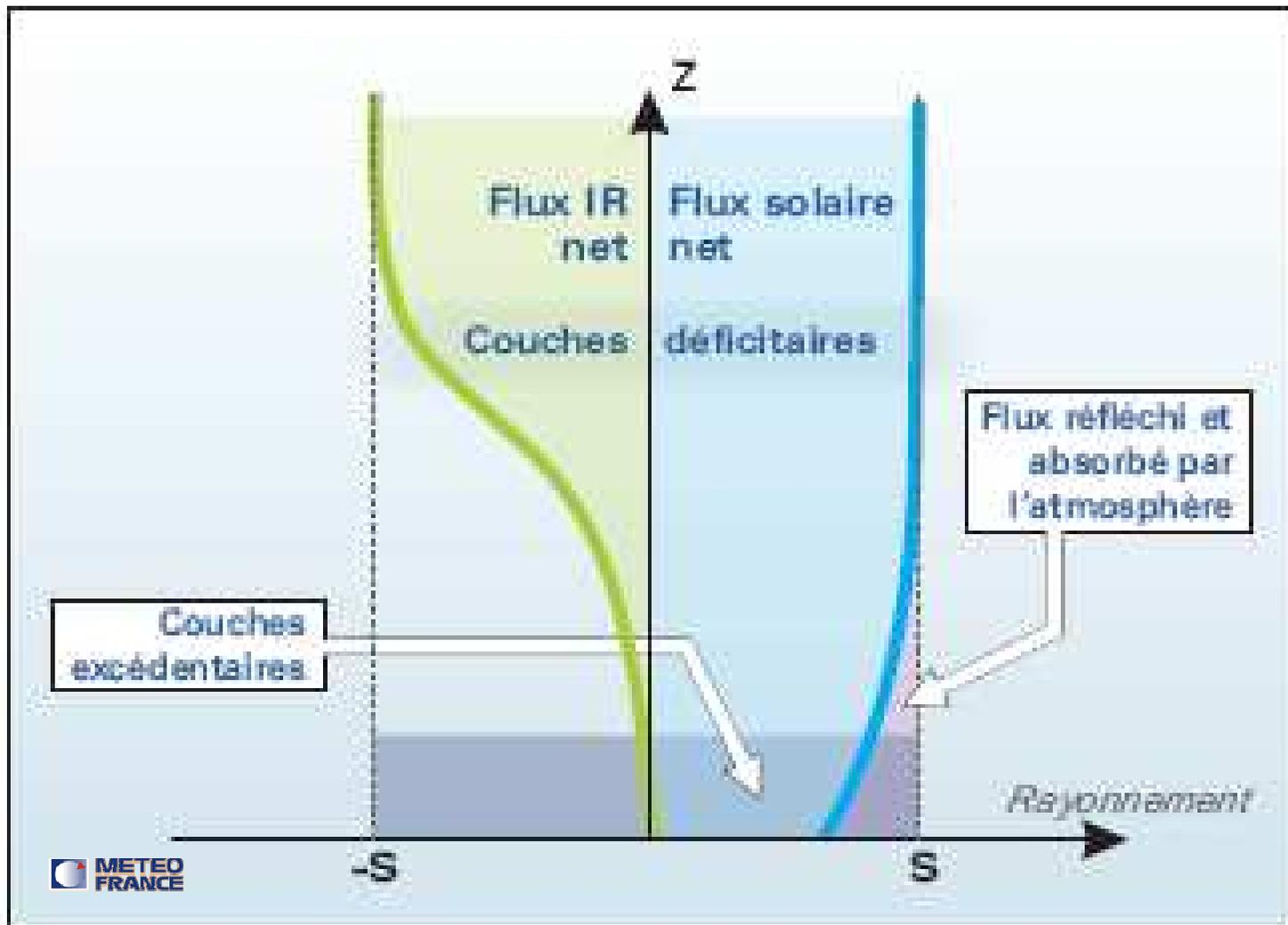
Synthèse :

Les courbes en moyenne zonale montrent un déséquilibre méridien et vertical → nécessité de mélange assuré par la convection (petite échelle) et des mouvements de grande échelle horizontale.



En moyenne annuelle, le bilan radiatif des régions polaires est déficitaire et celui des régions équatoriales et tropicales est excédentaire.

Comme aucune région ne se réchauffe ni se refroidit perpétuellement → transport de l'excédent d'énergie vers les plus hautes latitudes.



L'atmosphère est quasi-transparente au rayonnement solaire reçu sauf dans les basses couches (courbe de droite)

Le flux radiatif sortant vers l'espace provient plutôt des hautes couches de l'atmosphère.

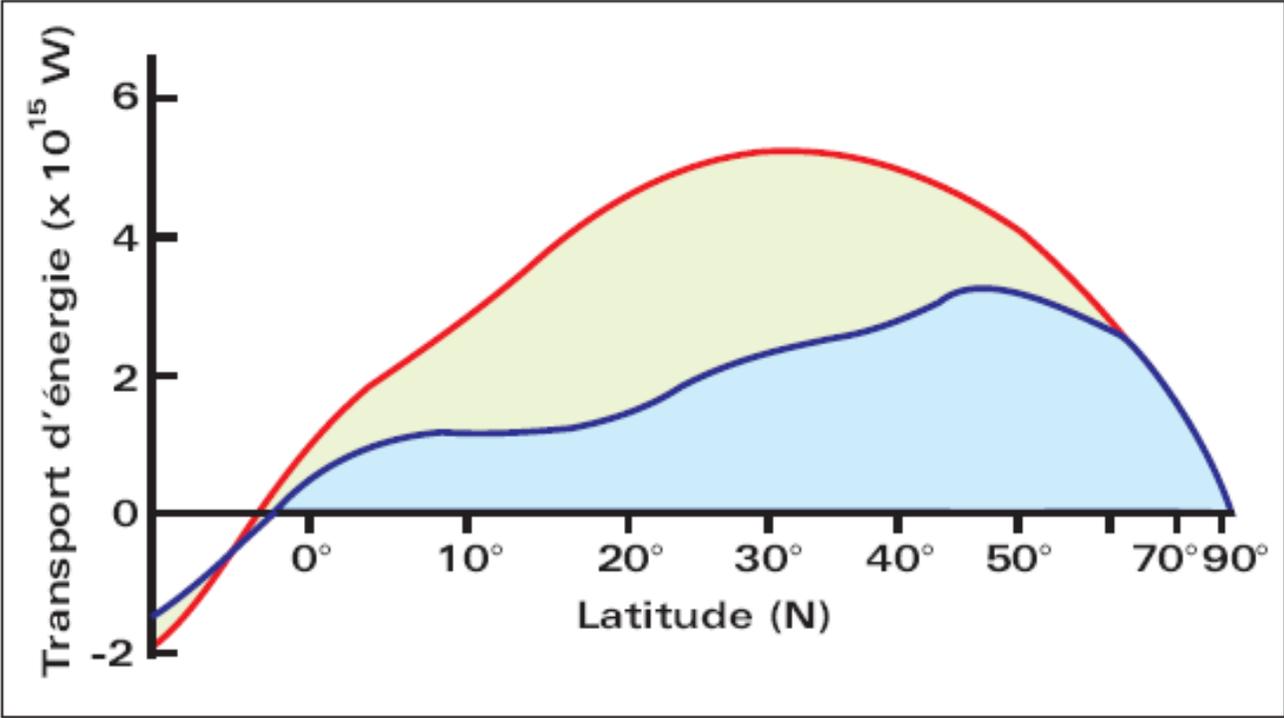
Donc déséquilibre vertical → nécessité de mélange vertical (convection pour la petite échelle + circulation de grande échelle (Hadley))

Transports méridiens de chaleur:

Bilan déficitaire aux latitudes extratropicales et excédentaire aux latitudes intertropicales → en régime permanent, transport de chaleur de l'équateur vers le pôle

Transport maximal vers 30 degrés de latitude; Importance de l'atmosphère aux latitudes extratropicales (50 degrés); importance océan dans les Tropiques

Circulations: transport d'air chaud vers le nord et d'air froid vers le sud à l'aide de circulations méridiennes: les cellules de Hadley aux basses latitudes.



Transports méridiens et verticaux d'énergie
nécessaires à grande échelle

Assurés par des structures différentes selon la
latitude:

Zone intertropicale: circulation de Hadley

Moyennes latitudes: perturbations des moyennes
latitudes, mais aussi des ondes stationnaires (ondes
de Rossby)

Transport d'énergie et mélange à l'échelle planétaire

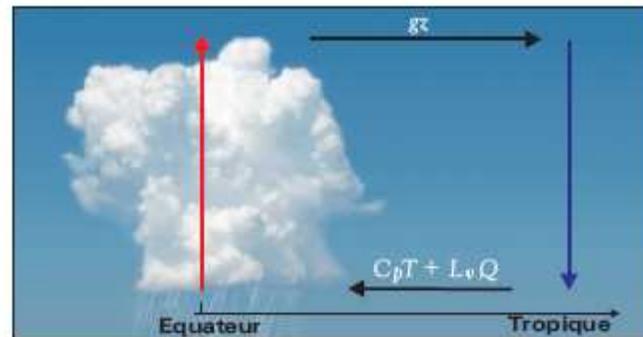
Synthèse

Aux tropiques :

Les transports d'énergie sont principalement assurés par la cellule de Hadley qui :

-) concentre de la chaleur sensible et latente (essentiellement dans les basses couches)
-) exporte de l'énergie potentielle vers les moyennes latitudes

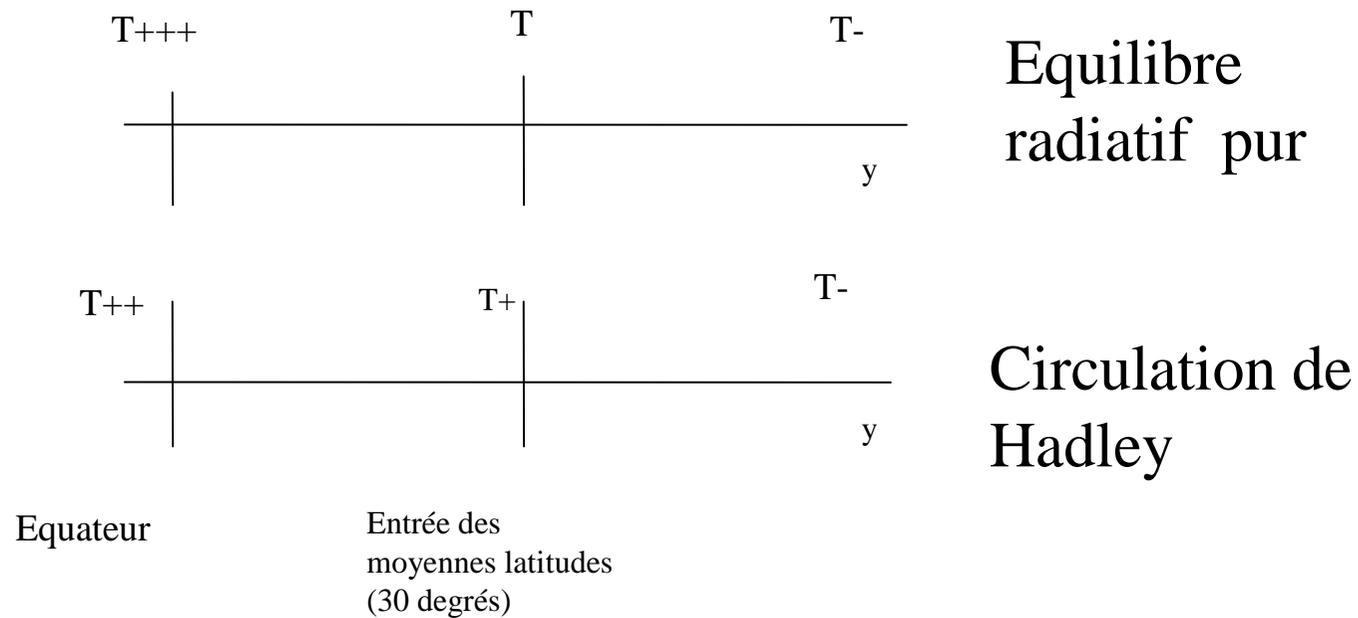
Donc, conversion importante d'énergie au niveau de la zone de Convergence



Aux moyennes latitudes :

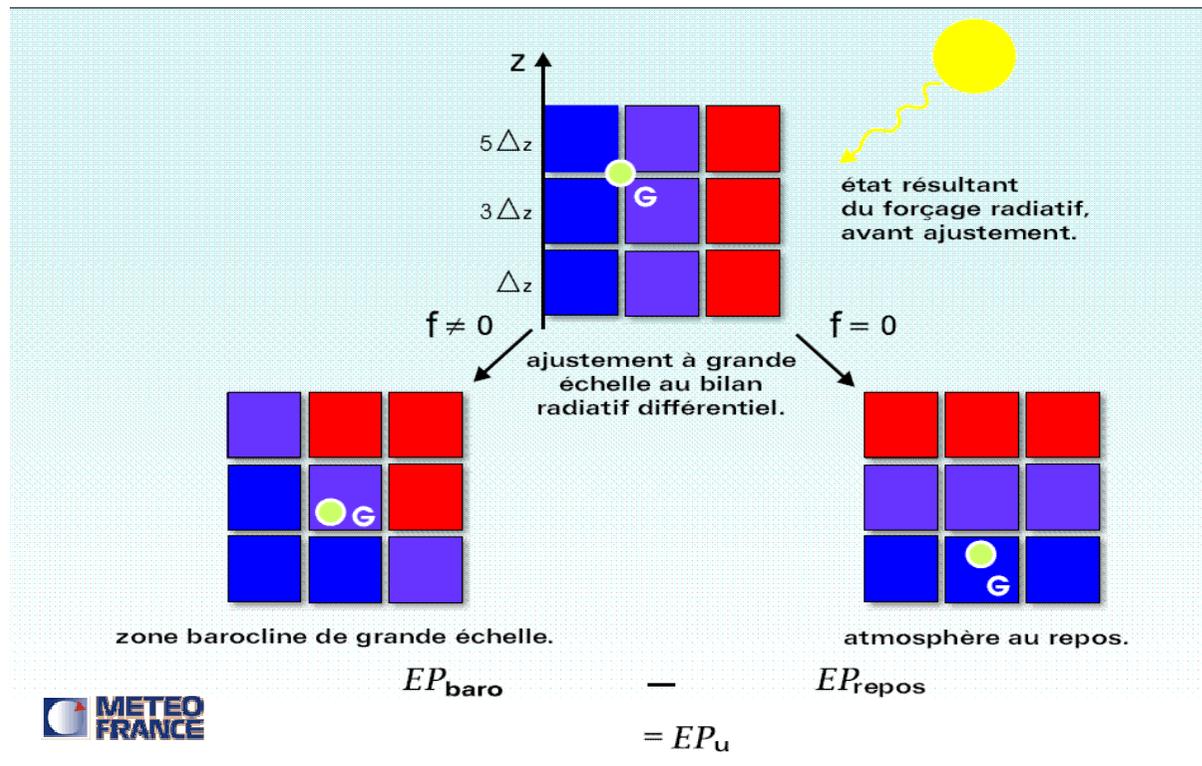
Transport de chaleur sensible et latente assuré par les circulations transitoires (perturbations baroclines) et stationnaires (ondes de Rossby)

La circulation de Hadley réduit les gradients de température dans la zone intertropicale mais les augmente aux moyennes latitudes.



Ce sont les phénomènes transitoires des moyennes latitudes qui vont réduire ces gradients méridiens et transporter chaleur et quantité de mouvement des régions subtropicales vers les plus hautes latitudes. Concentration du gradient méridien de température à l'entrée des moyennes latitudes à relier à la présence des JOST (relation du vent thermique)

Pourquoi la réponse du fluide atmosphérique au chauffage différentiel est-elle différente selon la latitude?



Effet du chauffage différentiel selon f

- **Force de Coriolis faible**
- L'atmosphère s'ajuste vers l'atmosphère au repos, barotrope. L'énergie potentielle totale de l'atmosphère est minimale puisque les particules les plus lourdes sont en bas et les plus légères en haut.
- **Force de Coriolis forte:**
- Réponse de l'atmosphère au chauffage différentiel = zone barocline de grande échelle. Le réservoir d'énergie potentielle totale de la zone barocline est plus grand que celui de l'atmosphère au repos. La différence entre l'énergie potentielle de la zone barocline et l'énergie potentielle de l'atmosphère au repos s'appelle **l'énergie potentielle utilisable.**

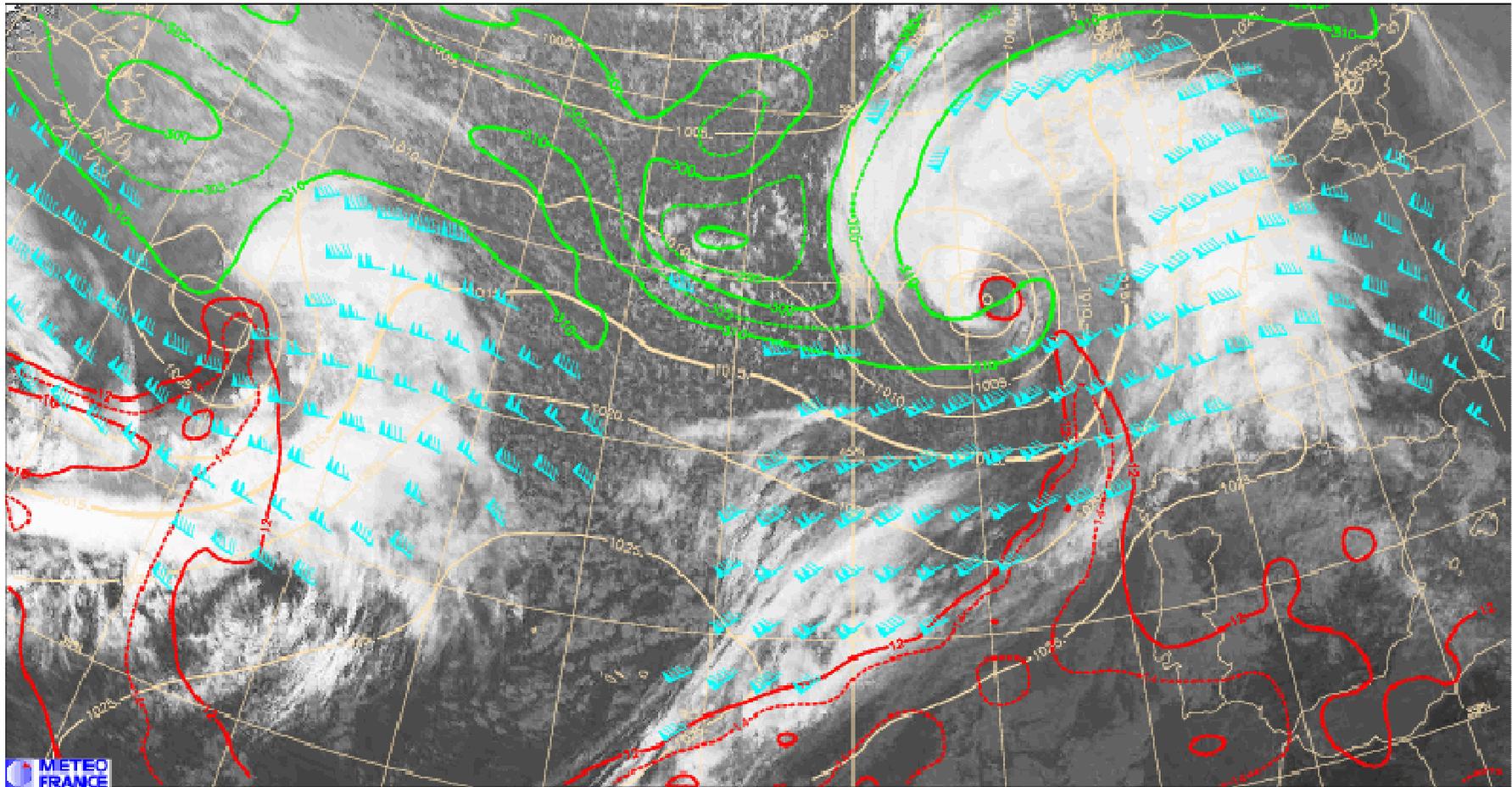
- Fluctuations temporelles

Au delà des variations saisonnières, du + rapide au + lent:
fluctuations dans la couche limite, convection, cycle diurne
du rayonnement solaire, perturbations des moyennes
latitudes. Fluctuations aux latitudes tropicales: ondes d'est
africaines, MJO, mousson indienne...

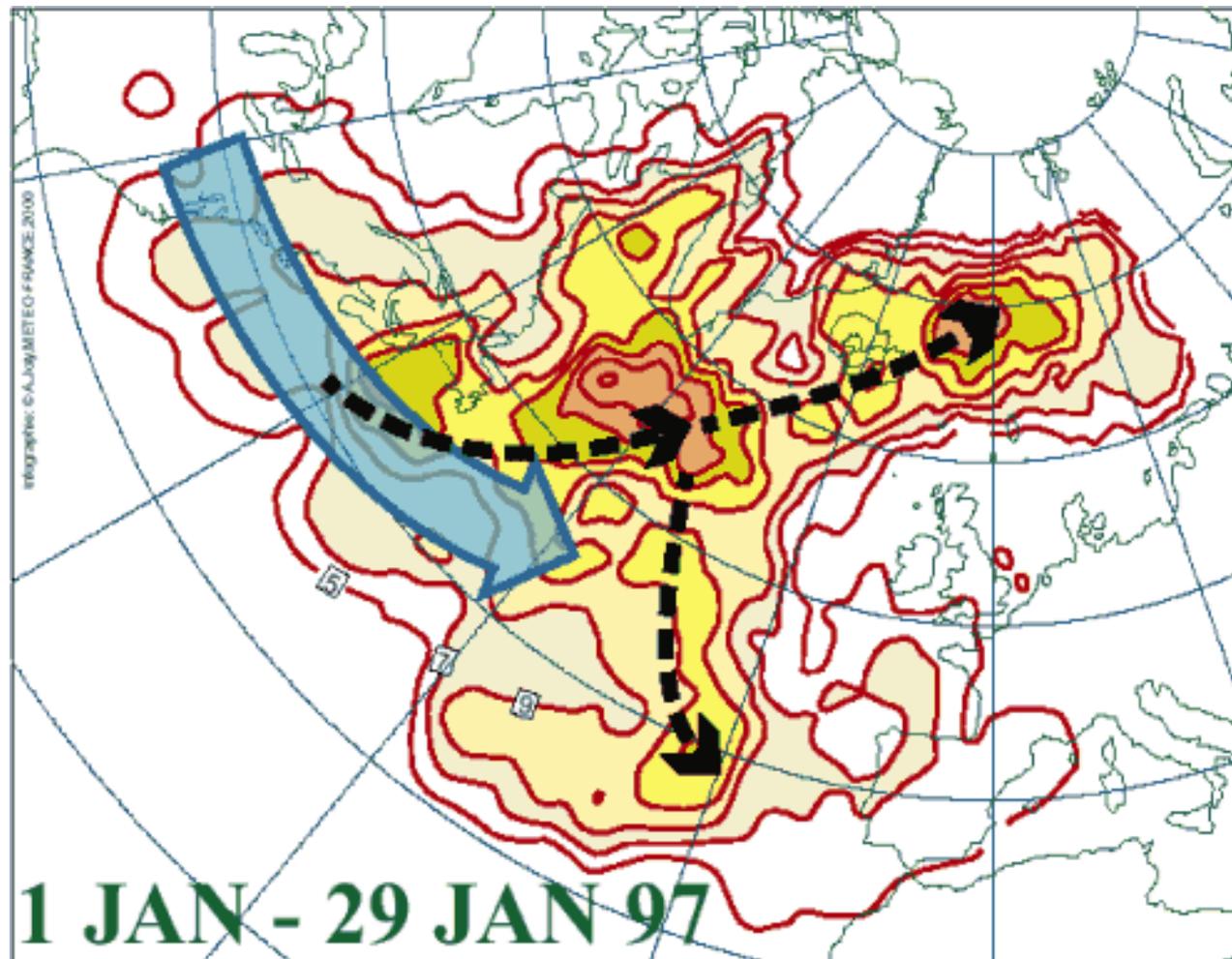
.

Perturbations des moyennes latitudes

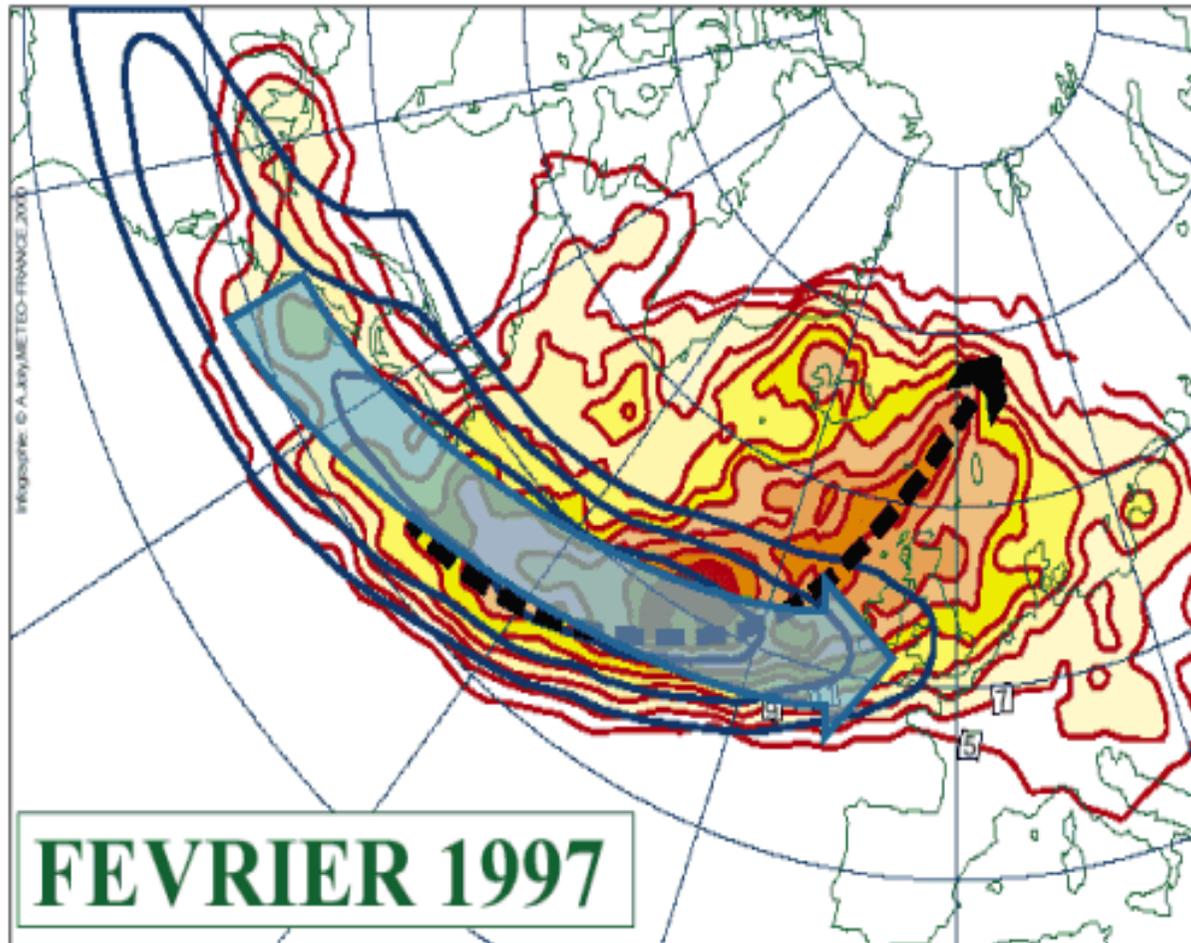
GEOSTATIONNAIRE IR-108 jeudi, 13 novembre 2003, 12:00:00 GMT (MSG1) MSG1-EURATL



Les blocages



Le régime zonal



Echelles de temps du transport horizontal dans la troposphère

- Vents zonaux $\sim 10\text{m/s}$: qqes semaines pour un tour de la Terre
- Vents méridiens $\sim 1\text{m/s}$: 1 à 2 mois des moyennes latitudes vers les zones polaires ou tropicales
- Transport trans-équatorial encore plus lent: 1 an pour échanges HN/HS (mélange horizontal dû aux discontinuités de ZCIT- variations saisonnières de la position de la ZCIT, mousson indienne)



Convection atmosphérique

- Mouvements caractérisés par des rapports Z/X très faibles peu efficaces pour le transport vertical.
- Zones de convection intense et développée (fortes w): transport vertical rapide des particules.
- Importance de la convection à toutes les échelles météorologiques: processus turbulents, nuages convectifs, lignes de grains, cyclones...
- La convection est une réponse à un déséquilibre énergétique vertical et redistribue de l'énergie à toutes les échelles du mouvement atmosphérique.

Convection sèche: couche limite continentale durant les journées ensoleillées et sur océan en hiver

Généralement, convection humide, à l'origine des phénomènes convectifs les plus dangereux (orages, cyclones...)

Effets « chimiques »:

« Nettoyage » de la basse atmosphère et injection rapide des polluants dans la moyenne et haute troposphère.

Effet de lessivage des espèces solubles (acide sulfurique, acide nitrique...) par les précipitations convectives.

Effet sur l'ozone troposphérique et ses propriétés oxydantes.

Mécanisme général: instabilité de flottabilité

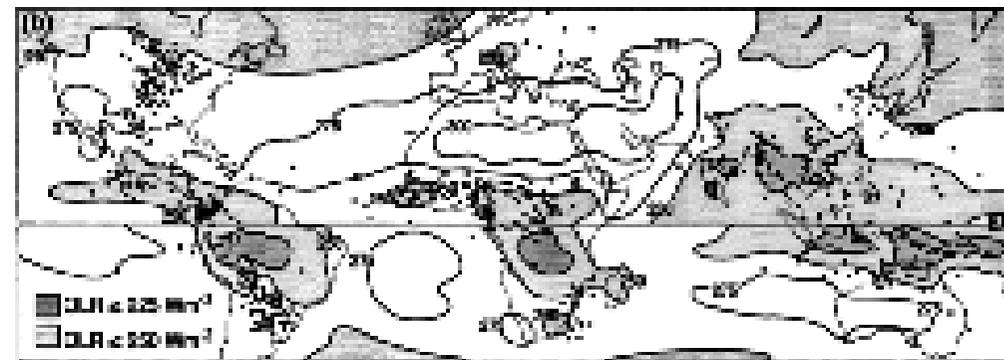


Figure 46. Global distribution of mesoscale convective complexes (dots) and regions of widespread frequent deep convection as inferred by outgoing long-wave radiation (OLR) minima (shading). From *Laing and Fritsch* [1997].

in
As
in
in
in
in
fc
oi
st
it
[
bu
b:
is
sc
re
st
&
d
st
h
ir
..

Vitesse verticale typique dans les ascendances convectives:
m/s (petits nuages à faible développement vertical) / 10 m/s dans les Cb.

Extension horizontale des ascendances: 1000 m²/10 km², séparées par des régions d'air subsident, sans nuages, plus étendues. Asymétrie <-> nature intermittente des averses provoquées par les nuages convectifs précipitants.

Nuages convectifs peu développés sur la verticale ou de faible durée de vie: pas de précipitation (cumulus de beau temps, cumulus d'alizés...)

Durée de vie fonction du degré d'organisation (cellule isolée: heure/ lignes de grains + longue)