

## LA GÉODYNAMIQUE DES ENVELOPPES FLUIDES

L'océan et l'atmosphère sont les acteurs fondamentaux de la géodynamique externe de la Terre. Mises en mouvement par l'énergie solaire, ces enveloppes fluides possèdent une cinématique élevée et participent, grâce aux spécificités physico-chimiques de l'eau, à l'équilibrage thermique de la surface de notre planète.

Le sujet proposé a pour objectif de comprendre et d'expliquer comment interagissent l'océan et l'atmosphère, aux différentes échelles de temps et d'espace.

Le sujet comporte quatorze documents qui seront exploités dans l'ordre dicté par les questions.

### A. Le Soleil : source d'énergie.

1. Après avoir brièvement décrit la structure du Soleil, vous explicitez l'origine et les caractéristiques de l'énergie solaire, sans en négliger les aspects quantitatifs.
2. À l'aide des documents n° 11 et 13 vous analyserez et expliquerez la variabilité annuelle et les inégalités spatio-temporelles de l'énergie solaire perçue à la surface du globe terrestre. Quelques schémas simples pourront illustrer votre réponse.
3. En faisant appel à vos connaissances, vous montrerez que l'ensoleillement de la Terre varie, de façon cyclique, au cours du temps en fonction de l'orbite de la planète et du fonctionnement de notre étoile.

### B. L'eau : vecteur de transport d'énergie.

1. Dans un premier temps, vous décrirez les principales caractéristiques physico-chimiques de l'eau en vous appuyant sur le document n° 1.
2. Puis vous montrerez, à l'aide de quelques exemples et calculs simples, les potentialités énergétiques de l'eau sous ses différents états.
3. Enfin, en analysant le document n° 3 vous développerez les principes de la géochimie des isotopes stables, en montrant leur utilité dans les études paléo-climatologiques.

### C. De l'évaporation à la précipitation ou le cycle de l'eau.

1. À partir du document n° 5 vous analyserez et interpréterez le cycle de l'eau, en développant les notions de taille de réservoir, de flux et de temps de résidence.
2. En vous appuyant sur les acquisitions du paragraphe A.2. et vos propres connaissances, vous exploiterez le document n° 4.
3. Le document n° 2 vous permettra alors d'expliquer, avec divers exemples à l'appui, quelques hydrométéores classiques.

### D. La circulation atmosphérique.

1. Après avoir présenté la genèse des vents, vous analyserez et commenterez la circulation générale de l'atmosphère (doc. n° 6).
2. Vous détaillerez le fonctionnement des zones anticycloniques et dépressionnaires (doc. n° 12).

### E. La circulation océanique.

1. Décrivez et expliquez la circulation océanique de surface.
2. À partir du document n° 8 exposez les mécanismes à l'origine de la circulation océanique profonde.
3. Détaillez le couplage entre ces deux types de circulation.

### F. Les interactions océan-atmosphère.

Les documents n° 7, 9 et 10 permettent alors de décrire :

1. Les transferts d'énergie externe à la surface du globe ;
2. Le rôle des processus hydrologiques dans le couplage océan-atmosphère ;
3. Le mécanisme des interactions océan-atmosphère.

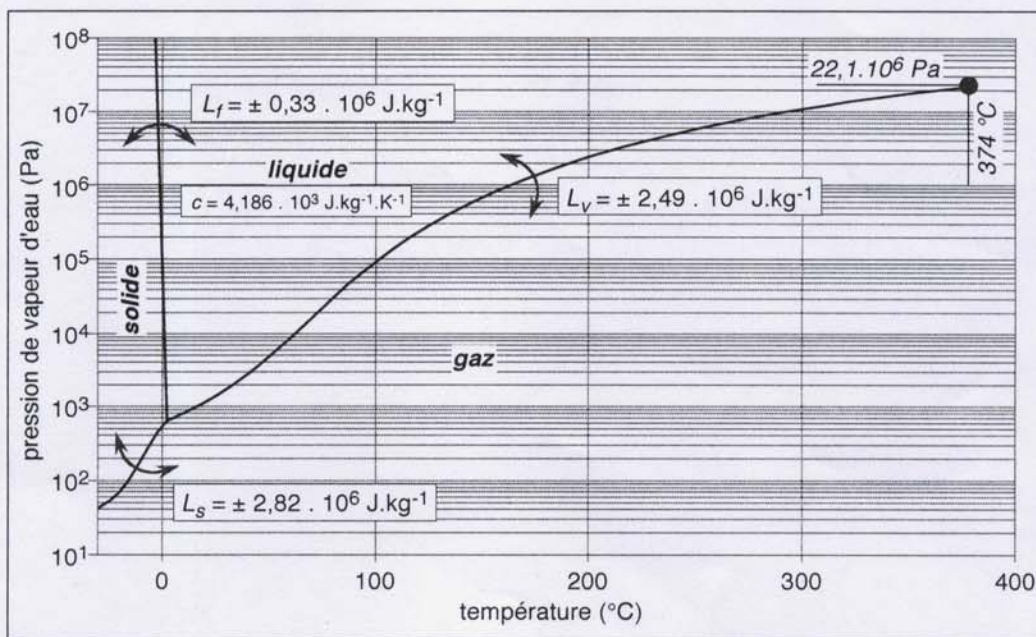
### G. Un exemple de perturbation : El Niño Southern Oscillation (ENSO).

Le document n° 14 vous servira d'exemple pour illustrer la variabilité et les perturbations des interactions entre l'océan et l'atmosphère à l'échelle de notre planète.

### H. Conclusion générale.

Vous conclurez votre devoir en montrant de quelles façons les impacts anthropiques sont susceptibles de modifier les interactions océan-atmosphère.





**DOCUMENT 1 - Diagramme des états de l'eau en fonction de la température et de la pression** (d'après BRAHIC et al., 1999 et ALLEN, 1997)

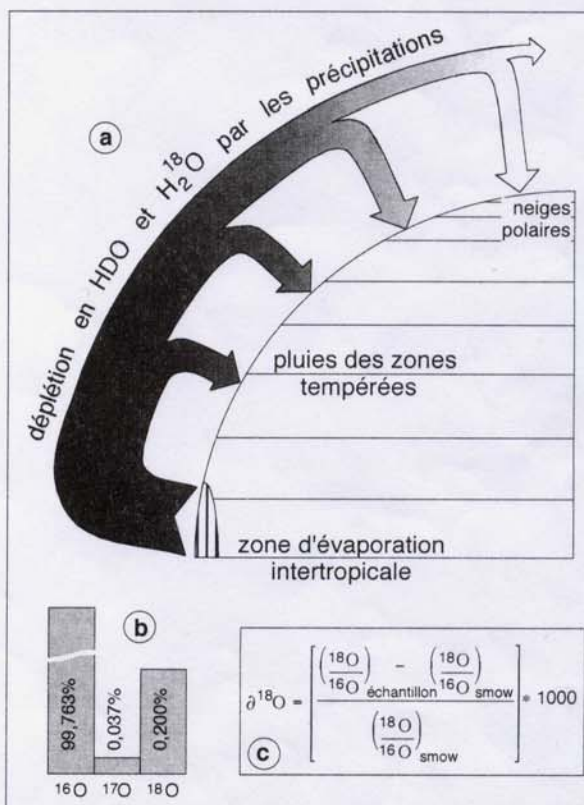
Pression partielle de la vapeur d'eau, dans le cas où l'eau à l'état gazeux fait partie d'un mélange, comme l'atmosphère par exemple.  $L_f$ ,  $L_s$  et  $L_v$  sont, respectivement, les chaleurs latentes de fusion, de sublimation et de vaporisation.  $c$  = capacité calorifique massique de l'eau à l'état liquide.

temp. ( $^{\circ}\text{C}$ )	rapport de saturation (en g d'eau . $\text{kg}^{-1}$ d'air)	
	au dessus de l'eau	au dessus de la glace
50	88,12	
45	66,33	
40	49,81	
35	37,25	
30	27,69	
25	20,44	
20	14,95	
15	10,83	
10	7,86	
5	5,50	
0	3,84	3,84
-5	2,64*	2,52
-10	1,79	1,63
-15	1,20	1,03
-20	0,78	0,65
-25	0,50	0,40
-30	0,32	0,24
-35	0,20	0,14
-40	0,12	0,05

**DOCUMENT 2 - Rapport de saturation en eau de l'atmosphère en fonction de la température**

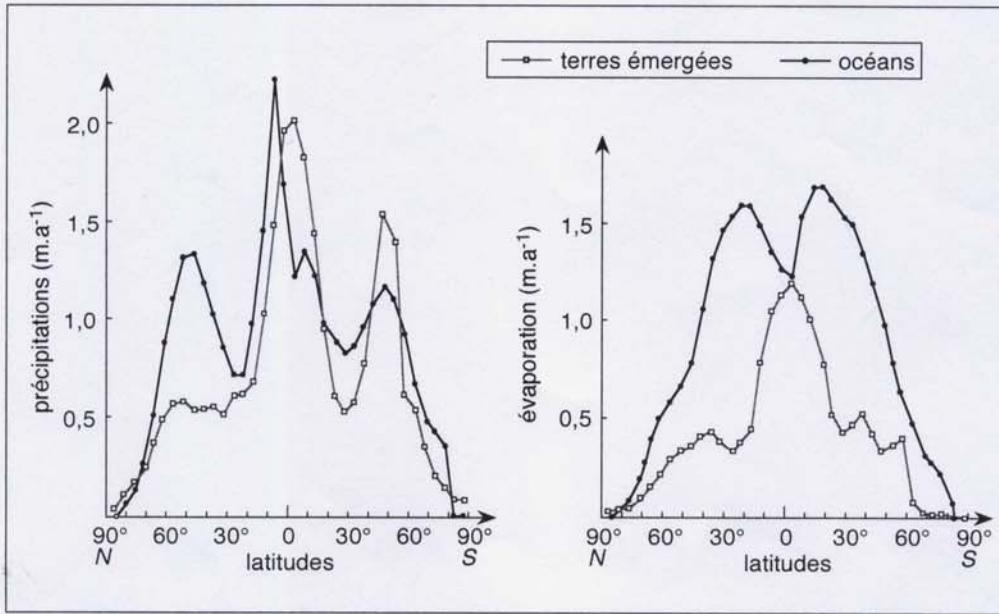
(d'après MORAN & MORGAN, 1994)

\* = l'eau peut exister à l'état liquide à des températures négatives : on parle alors de surfusion.

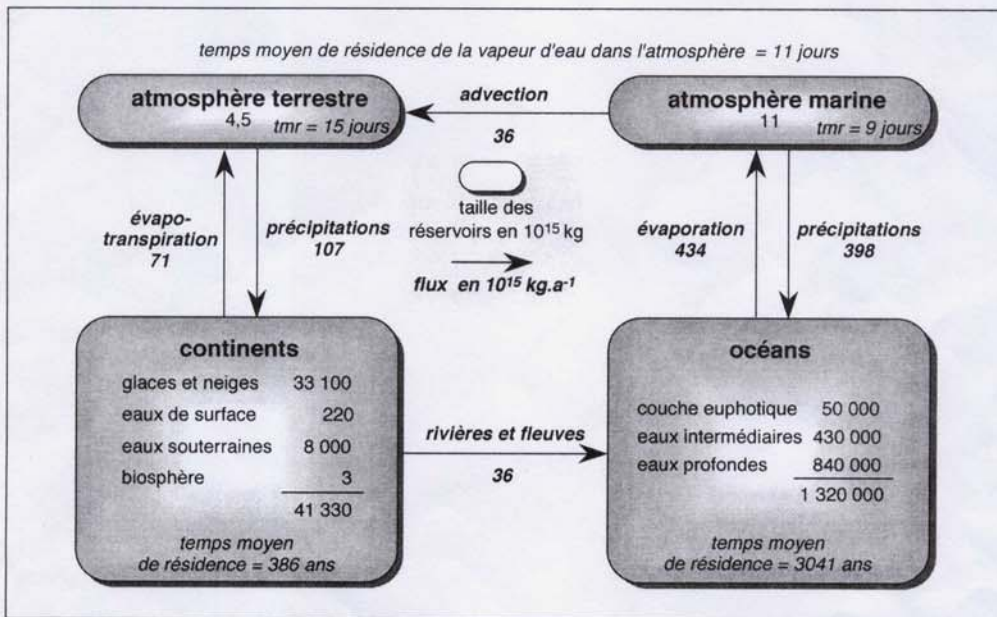


**DOCUMENT 3 - Les isotopes de l'oxygène** (d'après GILL, 1989)

a = principe de fractionnement; b = abondance; c = équation du  $\delta^{18}\text{O}$ . smow = "standard mean of ocean water"



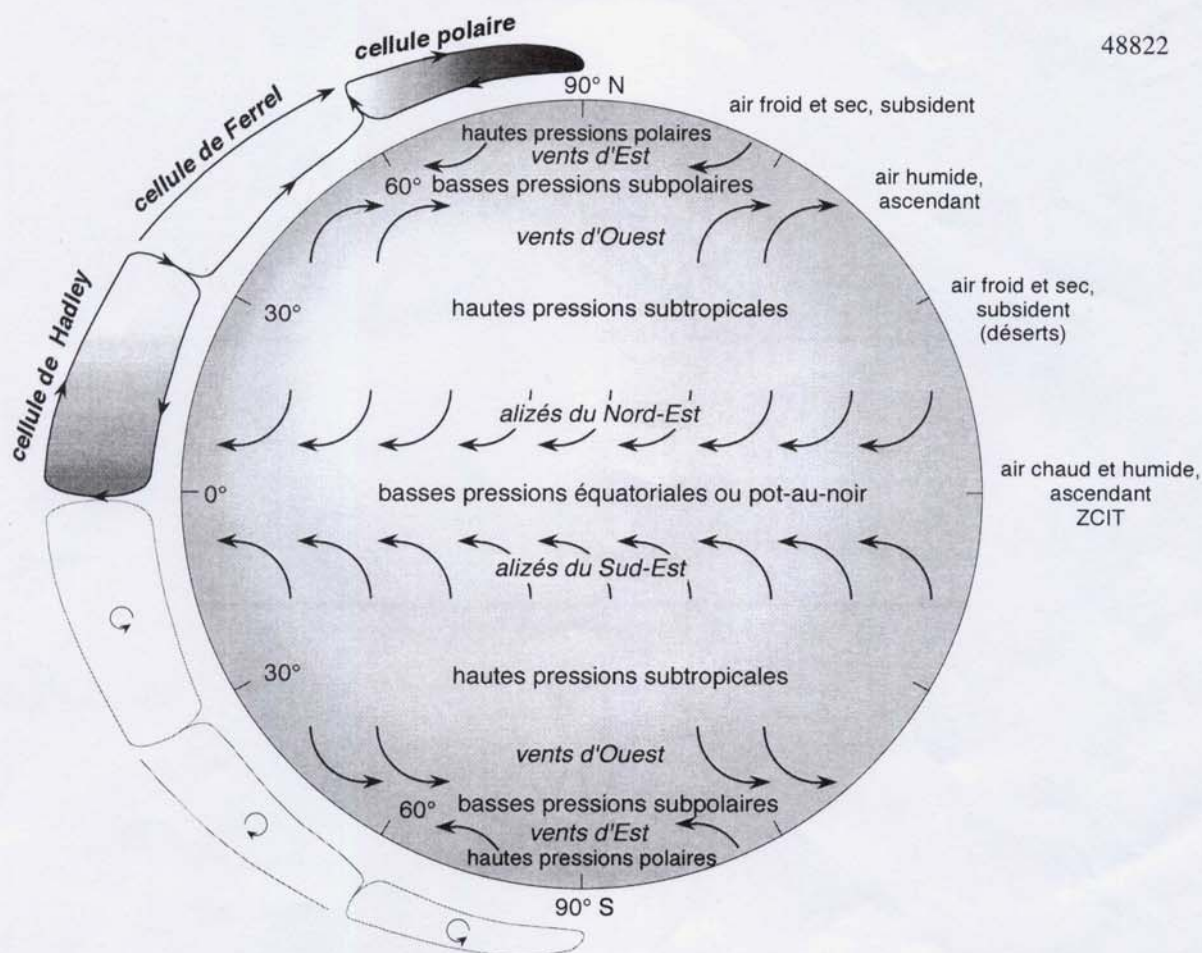
DOCUMENT 4 - Répartition holosphérique des précipitations et de l'évaporation au dessus des océans et des continents (d'après TARDY, 1986)



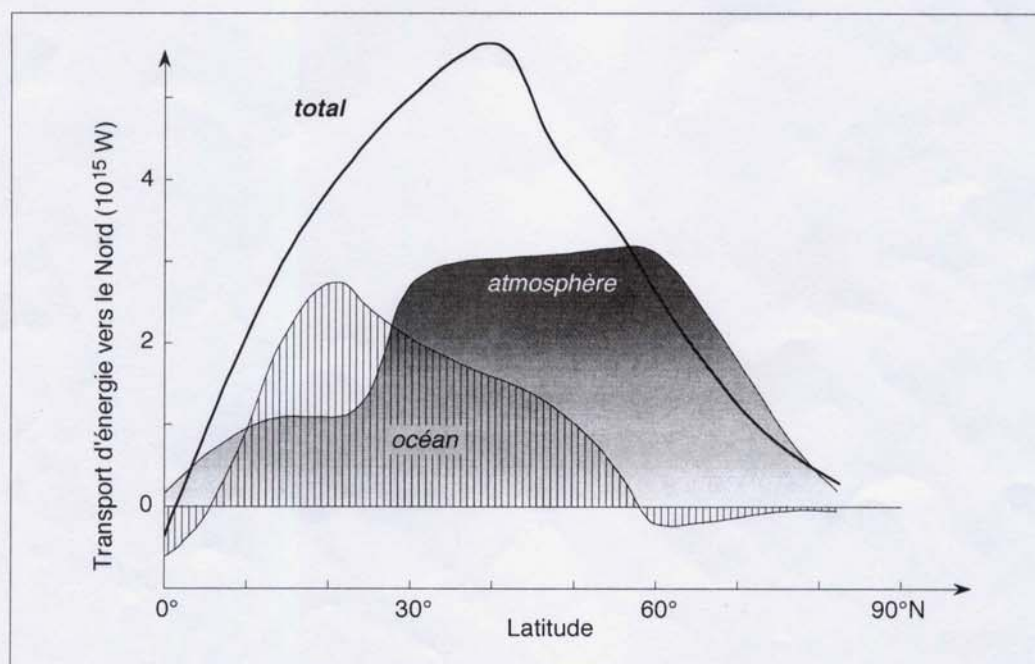
DOCUMENT 5 - Le cycle de l'eau (d'après BERNER & BERNER, 1996 et CHAHINE, 1992)

Les masses sont exprimées en  $10^{15}$  kg.  $t_{mr}$  = temps moyen de résidence

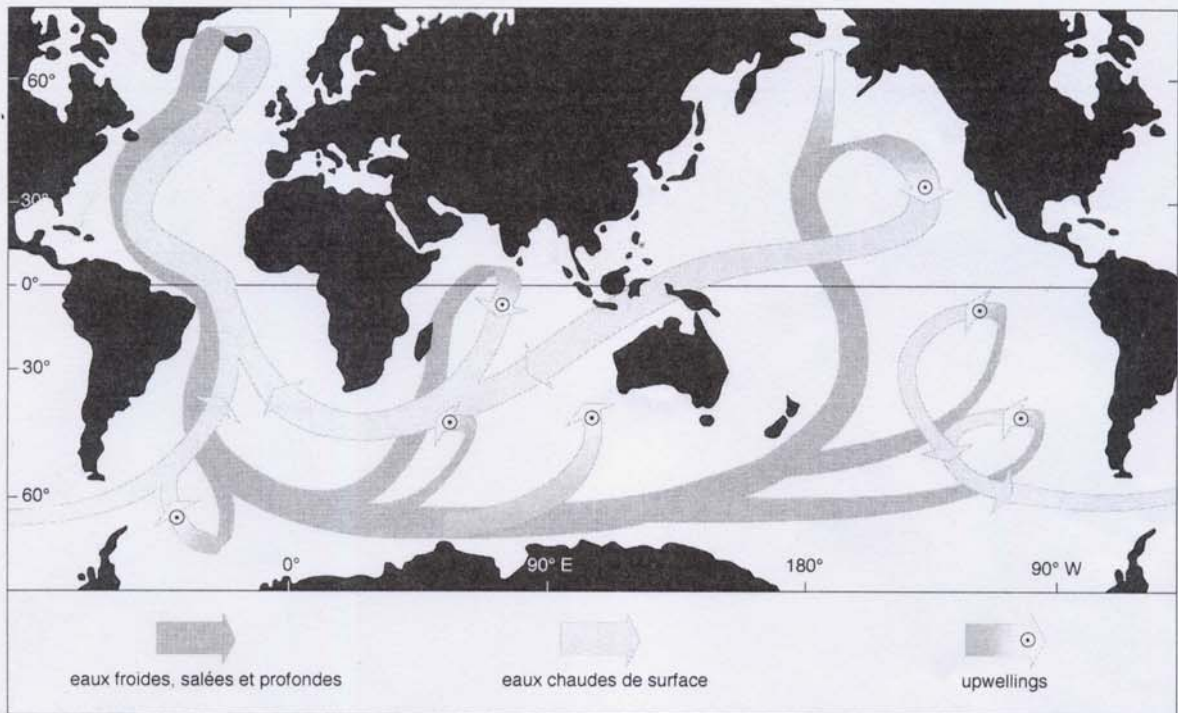




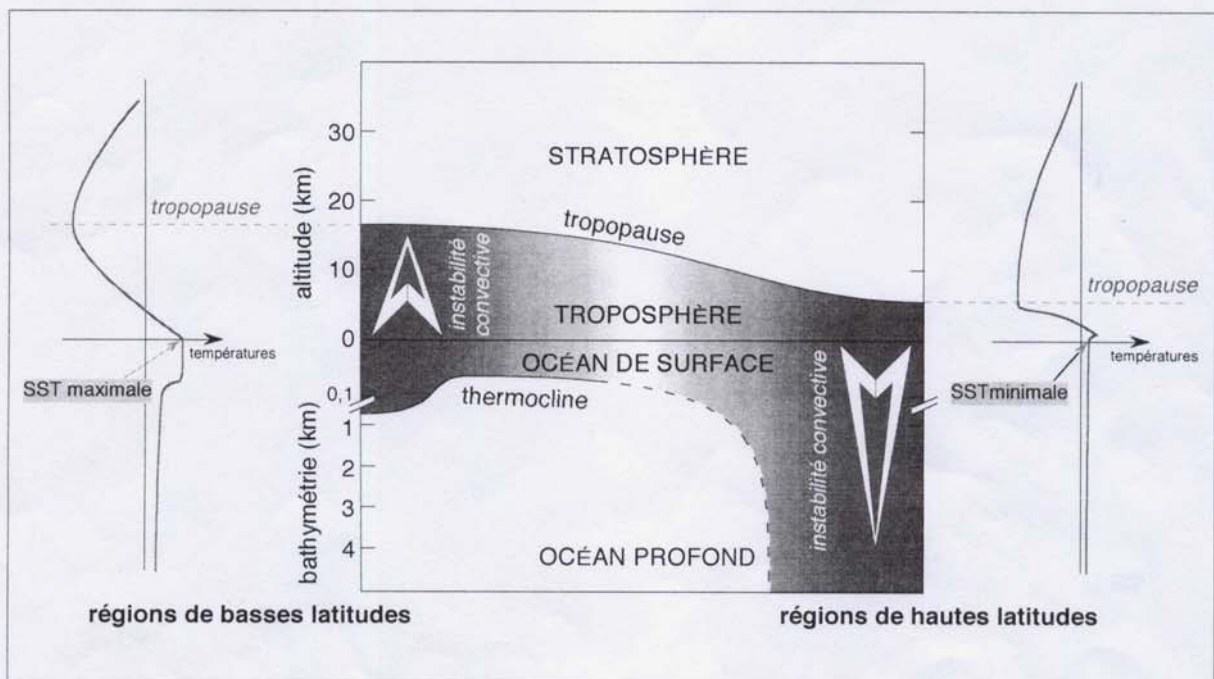
DOCUMENT 6 - La circulation générale de l'atmosphère (d'après SKINNER & PORTER, 1995)



DOCUMENT 7 - Les transferts d'énergie entre les basses et les hautes latitudes (d'après HOUGHTON, 1984)



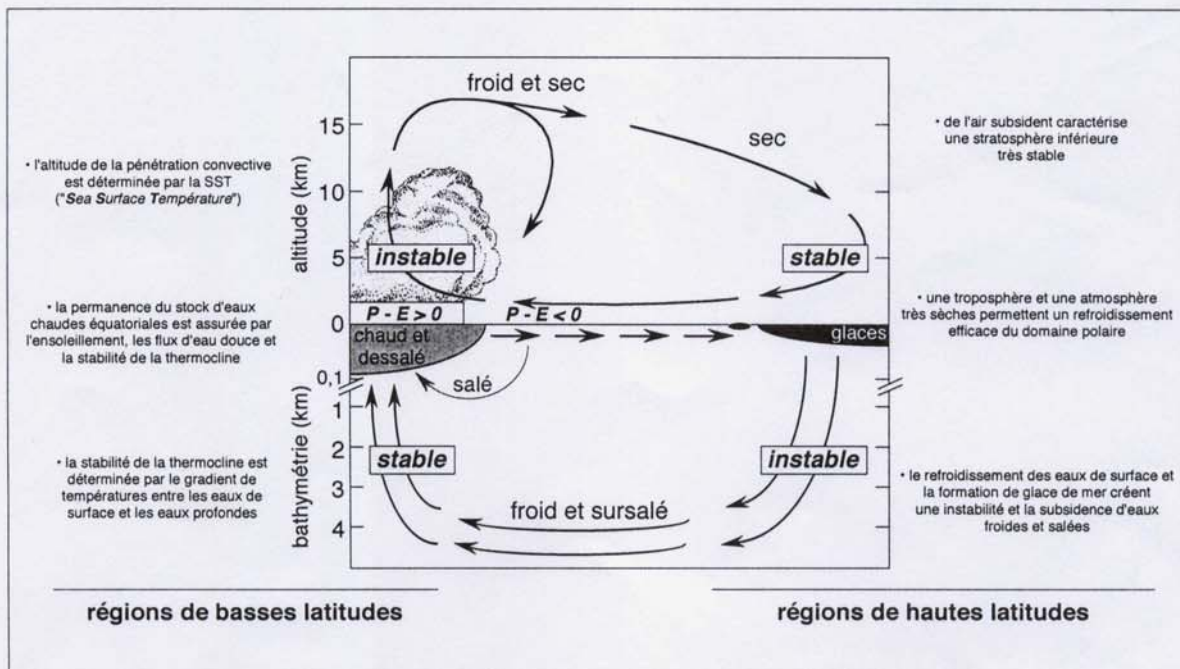
DOCUMENT 8 - La circulation thermohaline (d'après STOMMEL, 1958 et BROECKER & PENG, 1982)



DOCUMENT 9 - Les interactions océan-atmosphère (d'après WEBSTER, 1994)

Les zones d'interaction entre l'océan et l'atmosphère concernent la troposphère, la partie superficielle de l'océan et, aux hautes latitudes où naissent les eaux profondes, la totalité de la colonne d'eau océanique. Les zones interactives sont celles qui fonctionnent aux mêmes échelles de temps et donc interagissent mutuellement. La stratosphère et l'océan profond de basses latitudes fonctionnent à des échelles de temps bien plus grandes. SST = température des eaux de surface ("sea surface temperature")



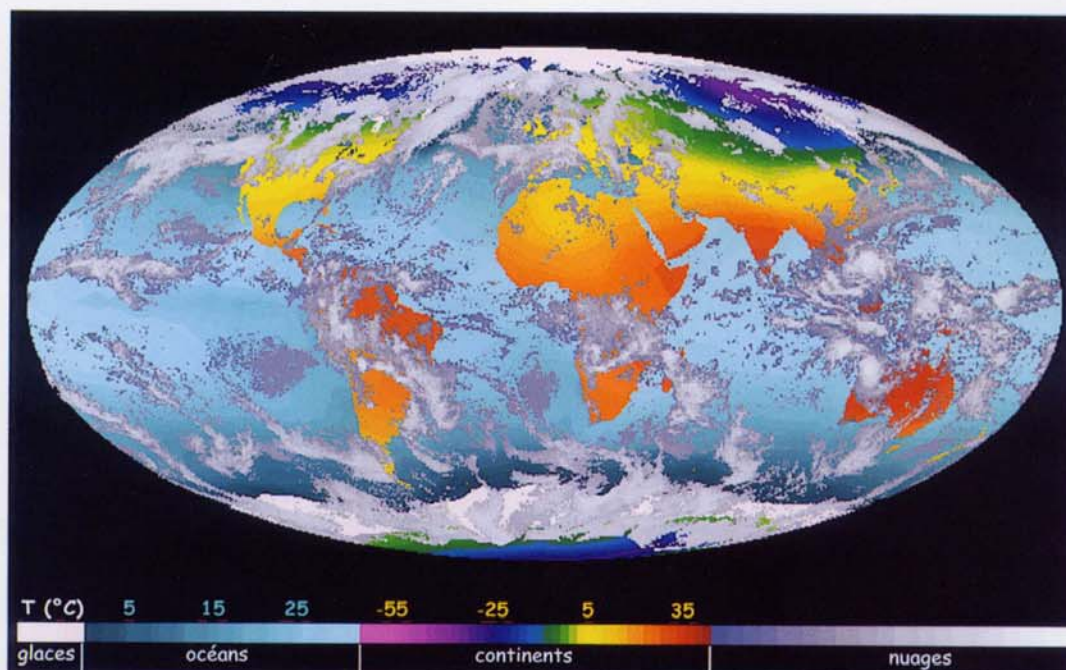


**DOCUMENT 10 - Le rôle des processus hydrologiques dans le couplage océan-atmosphère**  
(d'après WEBSTER, 1994)

La convection atmosphérique intertropicale induit une tropopause très froide qui assèche les masses d'air de la basse stratosphère. Ce phénomène d'assèchement entraîne un refroidissement rapide des masses d'air dans les régions polaires qui favorise la formation des glaces de mer et des masses d'eau sursalées. Le stock des eaux chaudes équatoriales, quant à lui, pilote la convection atmosphérique des basses latitudes. E = évaporation; P = précipitations

### Références bibliographiques

- ALLEN P.A. (1997) – Earth surface processes. Blackwell Science édit., Oxford, 404 p.  
 BRAHIC A., HOFFERT M., SCHAFF A. & TARDY M. (1999) – Sciences de la Terre et de l'univers. Vuibert édit., Paris, 634 p.  
 BERNER E.K. & BERNER R.A. (1996) – Global environment. Prentice Hall édit., Englewood Cliffs, 387 p.  
 BROECKER W.S. & PENG T.-H. (1982) – Tracers in the sea. LDGO, Columbia University édit. New York, 690 p.  
 CHAHINE M. (1992) – The hydrological cycle and its influence on climate. *Nature*, **359**, 373 - 380.  
 GILL R. (1989) – Chemical fundamentals of Geology. Harper Collins édit., London, 291 p.  
 HOUGHTON G. (1984) – The global climate. Cambridge University Press édit., Cambridge, 223 p.  
 MORAN J.M. & MORGAN M.D. (1994) – Meteorology. Macmillan édit., New York, 517 p.  
 SKINNER B.J. & PORTER S.C. (1995) – The blue planet. John Wiley & Sons édit., New York, 493 p.  
 STOMMEL H. (1958) – The abyssal circulation. *Deep Sea Research*, **5**, 80 - 82.  
 TARDY Y. (1986) – Le cycle de l'eau. Masson édit., Paris, 338 p.  
 WEBSTER P.J. (1994) – The role of hydrological processes in ocean-atmosphere interaction. *Rev. of Geophysics*, **32**, 427 - 476.

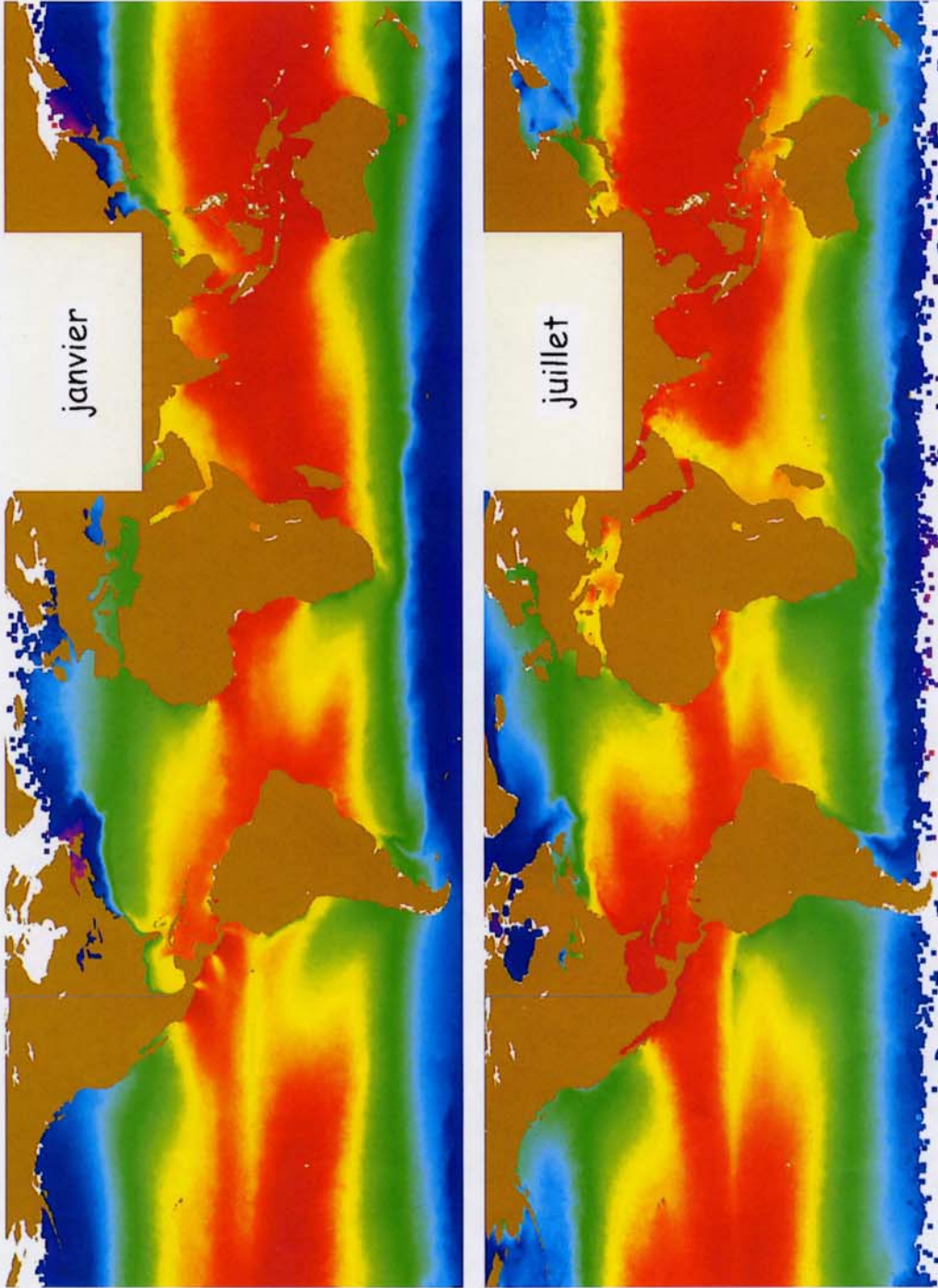


DOCUMENT 11 - Les températures à la surface de la Terre le 14 décembre 1999  
(d'après document NOAA, 2000)



DOCUMENT 12 - Une vue de l'océan Atlantique nord le 27 octobre 1991  
(d'après document NOAA, 1996)

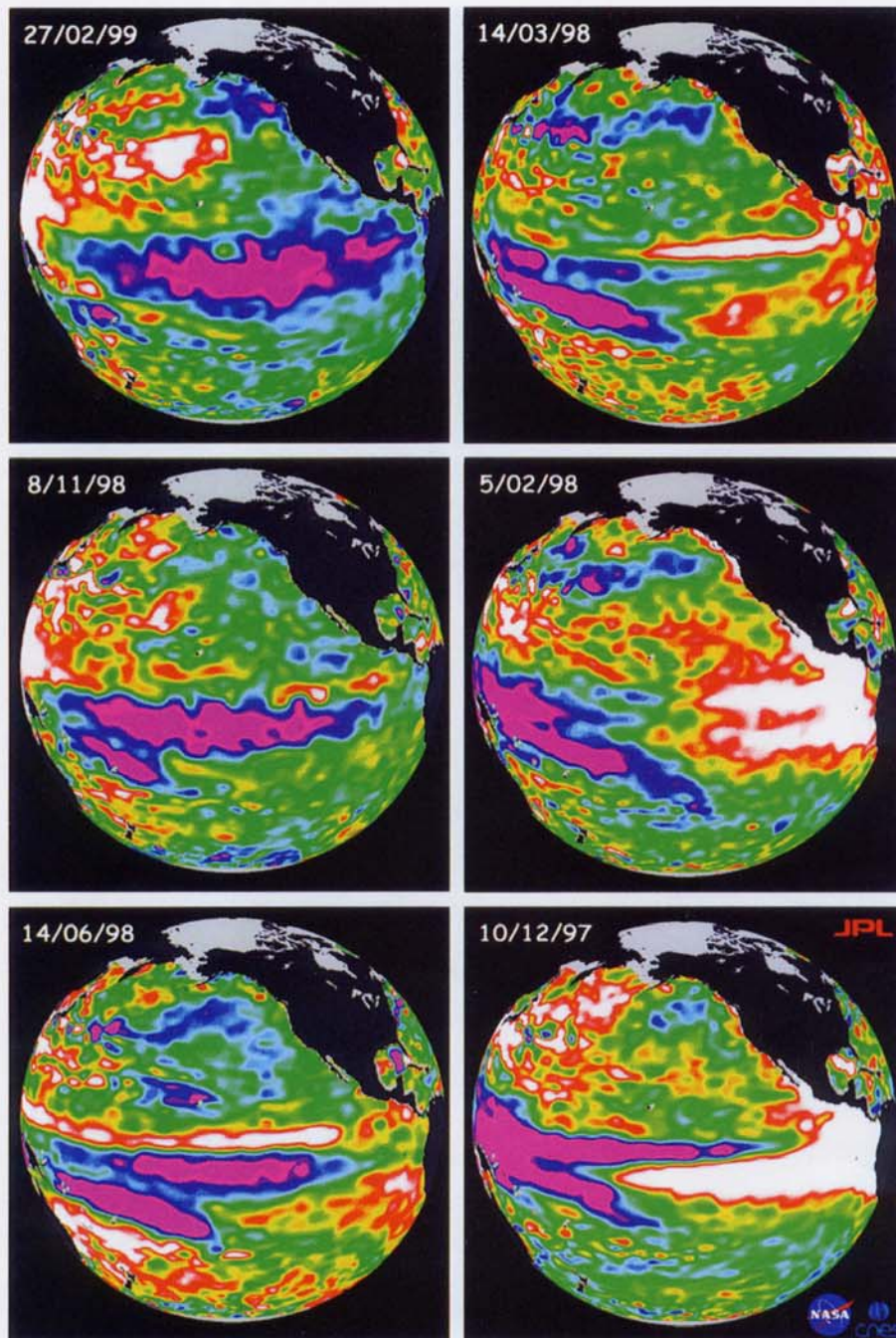




**DOCUMENT 13 - Moyennes mensuelles des températures des eaux de surface océaniques**  
*(d'après document NOAA, 1999)*

Les teintes oranges à rouges correspondent aux eaux les plus chaudes, les teintes bleues à violettes aux eaux les plus froides.  
 La teinte blanche correspond aux glaces.





-120 -80 -40 0 +40 +80 +120  
 Variations relatives du niveau de la mer (en mm)

**DOCUMENT 14 - D'El Niño (décembre 1997) à La Niña (février 1999)  
 ou l'oscillation australe (ENSO)  
 (d'après des documents TOPEX-POSÉIDON)**