Le Gulf Stream et le climat

Bruno Voituriez
Président du Club des argonautes

La mythologie du Gulf Stream

Aucun autre courant marin n'atteint la notoriété du Gulf Stream, devenu un véritable mythe depuis que Matthew Fontaine Maury[1] qui fut responsable de l'US Navy's Hydrographical Office le décrivit en ces termes dans son ouvrage, « *The physical geography of the sea* » paru en 1855 : « *Le Gulf Stream est une rivière au milieu de l'océan, dont le niveau ne change ni dans les plus fortes sécheresses, ni dans les plus fortes pluies. Il est limité par des eaux froides, tandis que son courant est chaud. Il prend sa source dans le golfe du Mexique et se jette dans l'océan Arctique. Il n'existe pas sur la Terre un cours d'eau plus majestueux : sa vitesse est plus rapide que celle du Mississipi ou des Amazones et son débit mille fois plus conséquent.* »[2]

C'est à lui que l'on doit aussi la comparaison avec les installations de chauffage central : « *…l'eau chaude du calorifère de la Grande-Bretagne, de l'Atlantique du Nord et de l'ouest de l'Europe se trouve dans le golfe du Mexique. Le fourneau est la zone torride ; le golfe du Mexique, et la mer des Antilles sont la chaudière. Le Gulf Stream sert de conduit. Du Grand Banc de Terre-Neuve jusqu'aux côtes d'Europe se trouve la chambre à air chaud où les conduits s'élargissent pour présenter plus de surface au refroidissement.* ». Ainsi explique-t-il les différences saisissantes de climat entre les deux bords de l'Atlantique nord : « *C'est grâce à l'influence de ce courant que l'Irlande s'appelle « Émeraude des mers » et que les côtes d'Albion revêtent leur verte tunique, tandis qu'en face par la même latitude les côtes du Labrador restent emprisonnées dans leur ceinture de glace.* ». Ceci s'applique aussi bien à la Bretagne où, et c'est le point de départ d'Erik Orsenna pour son « Portrait du Gulf Stream », on vénère ce courant pour le climat bien tempéré qu'il lui assure. S'il existe des hôtels du Gulf Stream en Floride, il en existe aussi à Roscoff et à Perros-Guirec pour persuader sans doute touristes et vacanciers que la température de la mer sur la côte nord de Bretagne vaut bien celle de la Floride.

Le Gulf Stream a aussi inspiré les peintres et a acquis maintenant une réputation médiatique et même hollywoodienne qui en fait une sorte de chef d'orchestre de l'évolution du climat avec cette question angoissante : peut-il s'arrêter et induire ainsi sur l'Atlantique

[1] Ce savant des mers (1806 – 1873) est un descendant de l'émigration huguenote. On lui doit de grands progrès dans l'observation océanographique des courants et des vents ainsi que les *pilot charts*. NDR
[2] Traduction de P.-A. Terquem, Géographie physique de la mer, Librairie militaire maritime et polytechnique, J. Corréard, Paris, 1861.

Institut Français de la Mer - 47, rue de Monceau - 75008 Paris - Tél : 0l 53 89 52 08
http : institutdelamer.org ou http: ifmer.org ou http : //ifm.free.fr - e-mail : ifm@free.fr

Nord des conditions climatiques quasi-glaciaires en dépit d'un réchauffement global de la planète dû à l'accroissement de l'effet de serre ?

Le Gulf Stream vu en 1899 par le peintre américain Winslow Homer Metropolitan Museum of art , New York.

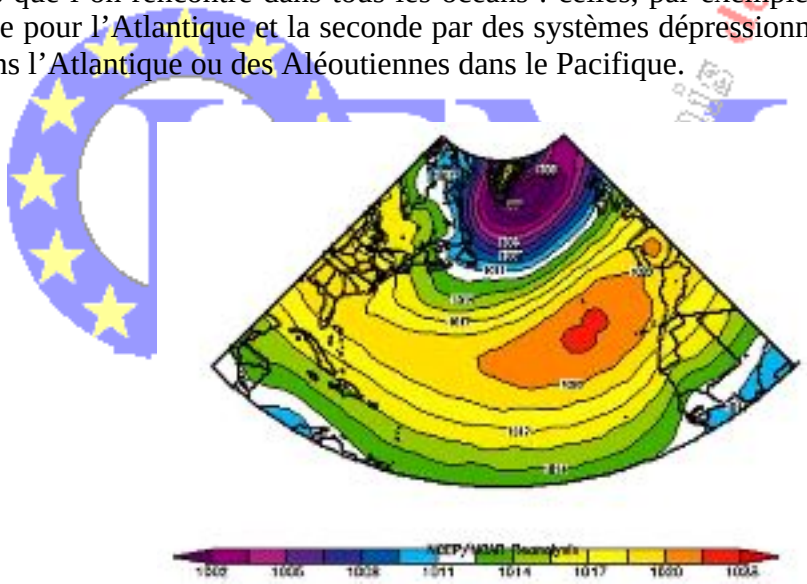
Alors, le Gulf Stream peut-il s'arrêter ? La question fréquemment posée par les journalistes met le scientifique mal à l'aise car s'il répond « non » il énonce une vérité scientifique, mais malheureusement il ne répond pas à la question réellement posée qui concerne un phénomène auquel participe effectivement le Gulf Stream mais qui ne conditionne en rien son existence : le fameux « tapis roulant » conséquence de ce que l'on appelle la « circulation thermohaline ». S'il répond « oui », il satisfait mieux la curiosité du journaliste mais contribue à la mythification du Gulf Stream en entretenant la fiction d'un Gulf Stream, fleuve qui « *…prend sa source dans le golfe du Mexique et se jette dans l'océan Arctique* » comme le décrit Maury et en faisant l'amalgame du Gulf Stream et de la circulation thermohaline avec le corollaire que la seconde ne peut s'interrompre que si le Gulf Stream lui-même s'arrête. Ce qui est faux.

La machine climatique

Le système climatique est alimenté par une seule source d'énergie : le Soleil qui la dispense sur Terre de manière très inégale. L'énergie reçue est maximale dans les régions équatoriales et minimale aux pôles. Le système climatique est une machine à transformer et à redistribuer cette énergie sur la Terre par le canal de deux fluides vecteurs : l'atmosphère et l'océan. Mais l'atmosphère et l'océan ne sont pas mis en mouvement par les mêmes mécanismes contrairement à ce que pensait Arago qui inspira à Maury sa comparaison du Gulf Stream avec une installation de chauffage central. Si l'atmosphère fonctionne effectivement comme une machine thermique entre une source chaude équatoriale et une source froide polaire cela n'est pas le cas de l'océan. L'atmosphère est transparente au rayonnement solaire direct (majoritairement dans le visible). Elle n'en absorbe que 29 %. Le reste soit 71 % est absorbé par les océans et les continents qui le restitueront à l'atmosphère par rayonnement infrarouge, évaporation et échange de chaleur sensible. Au final et compte

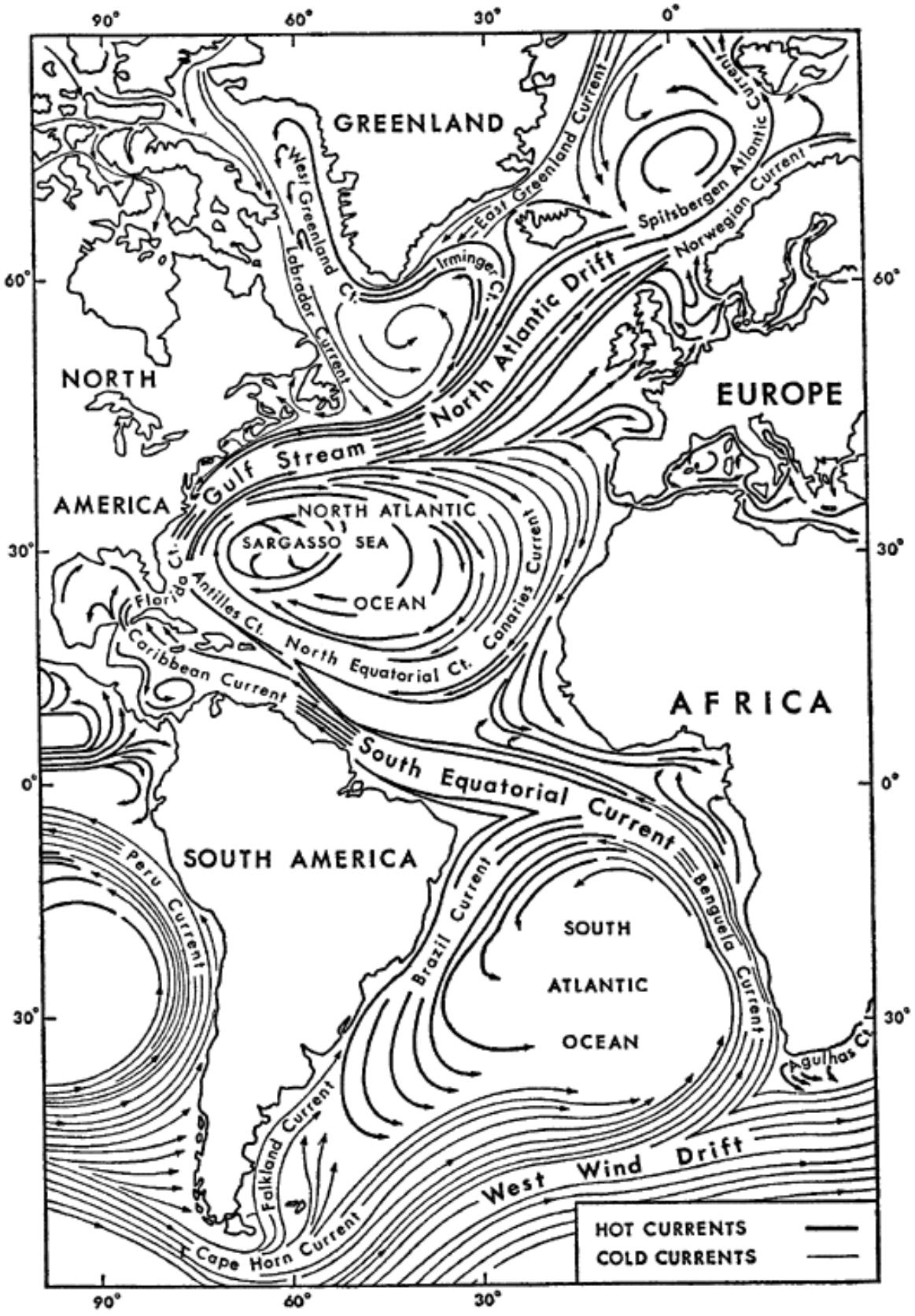
Institut Français de la Mer - 47, rue de Monceau - 75008 Paris - Tél : 0l 53 89 52 08
http : institutdelamer.org ou http: ifmer.org ou http : //ifm.free.fr - e-mail : ifm@free.fr

tenu des pertes d'une partie du rayonnement infrarouge émis par les océans et les continents l'approvisionnement énergétique de l'atmosphère vient de l'absorption directe du rayonnement solaire pour 34 %, de l'océan pour 45 % et des continents pour 21 %. C'est dire que l'atmosphère, contrairement à ce que l'on pourrait penser au premier abord, est alimentée par le bas. Configuration éminemment instable qui met l'atmosphère en mouvement et rend judicieuse la comparaison avec une installation de chauffage central dont la « chaudière » serait principalement l'océan équatorial dans la zone intertropicale de convergence (le fameux pot au noir). À l'inverse, l'océan qui reçoit l'énergie solaire en surface est a priori dans une situation stable et ne fonctionne pas spontanément comme une machine thermique. Les eaux chaudes sont en surface et n'ont aucune raison de s'enfoncer vers les profondeurs contrairement à ce que pensaient Arago et Maury persuadés, à tort, que le vent était bien incapable d'entraîner les grands courants océaniques. Si comparaison avec une installation de chauffage central il devait y avoir, ce serait alors une installation montée à l'envers où la chaudière serait installée au sommet de l'installation ! C'est bien, via le vent, l'atmosphère qui, lui rendant une part de l'énergie qu'il lui a fournie, met en mouvement l'océan et en fait, à égalité avec l'atmosphère, un transporteur de chaleur vers les hautes latitudes. En raison de la rotation de la Terre (force de Coriolis) les transports de chaleur ne se font pas en ligne droite de l'équateur vers les pôles mais par le biais d'une succession de systèmes tourbillonnaires qui génèrent de l'équateur vers les pôles une succession de zones de haute et basse pression dont la première étape est constituée des grandes circulations anticycloniques subtropicales que l'on rencontre dans tous les océans : celles, par exemple, des Açores et de Sainte Hélène pour l'Atlantique et la seconde par des systèmes dépressionnaires comme celui d'Islande dans l'Atlantique ou des Aléoutiennes dans le Pacifique.



Le champ de pression atmosphérique moyen au niveau de la mer dans l'Atlantique. En rouge : le centre de l'anticyclone des Açores, en violet le centre dépressionnaire d'Islande. NOAA-Cires/Climate Diagnostic Center.

Institut Français de la Mer - 47, rue de Monceau - 75008 Paris - Tél : 0l 53 89 52 08
http : institutdelamer.org ou http: ifmer.org ou http : //ifm.free.fr - e-mail : ifm@free.fr



The whole Atlantic circulation

Circulation générale océanique de surface dans l'Atlantique : Autour de l'anticyclone des Açores : le Gulf Stream, le courant des Canaries et le courant équatorial nord. Associés à la dépression d'Islande

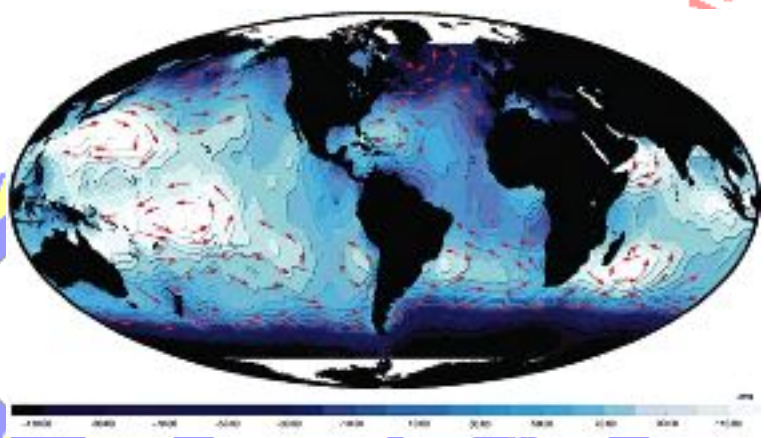
Institut Français de la Mer - 47, rue de Monceau - 75008 Paris - Tél : 0l 53 89 52 08
http : institutdelamer.org ou http: ifmer.org ou http : //ifm.free.fr - e-mail : ifm@free.fr

la dérive nord atlantique et le courant du Labrador.

Le moteur du Gulf Stream

Quelle est donc la cause du Gulf Stream ? C'est le vent, le vent associé à l'anticyclone des Açores autour duquel il tourne dans le sens des aiguilles d'une montre : la circulation des vents d'ouest au nord de l'anticyclone des Açores et les alizés de nord-est sur ses flancs est et sud. Cette grande circulation atmosphérique anticyclonique entraîne, en miroir, l'océan dans une grande noria anticyclonique équivalente constituée du courant nord atlantique au nord, du courant des Canaries à l'est, du courant équatorial nord au sud et… du Gulf Stream à l'ouest.

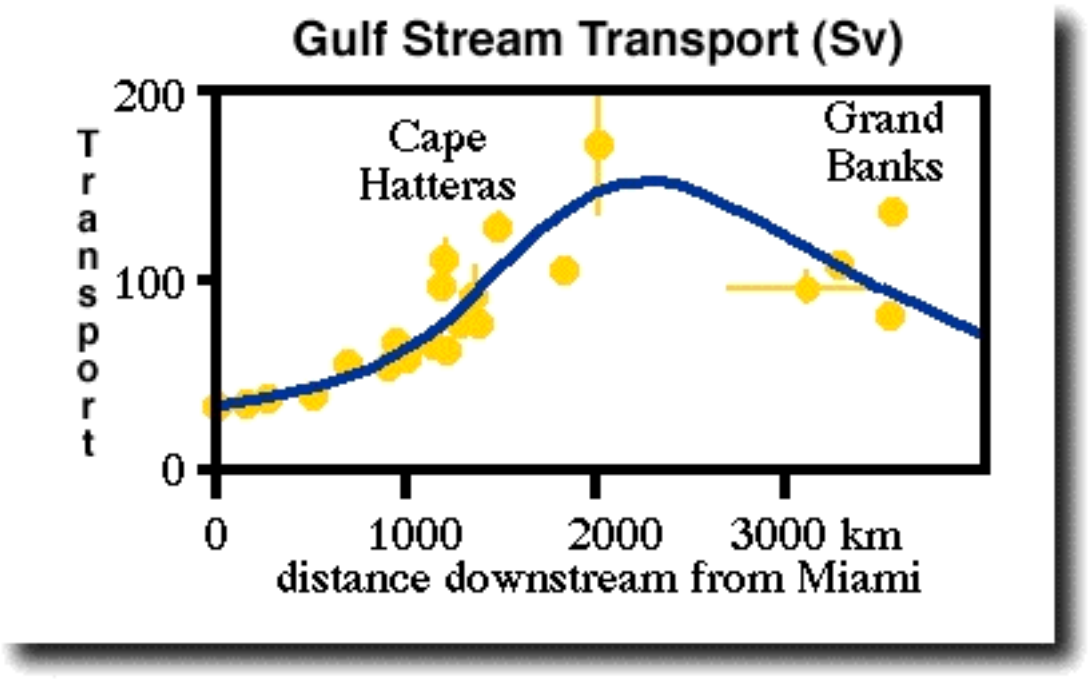
Plus généralement l'entraînement par le vent des courants océaniques génère des zones de haute pression océanique (surélévation du niveau de la mer) et de basse pression océanique (sous élévation) autour desquelles tournent les courants comme le font les vents autour des anticyclones et des dépressions. Ces différences de niveau de la mer sont cartographiées par les satellites altimétriques et l'on peut en déduire les courants comme l'on déduit le vent des différences de pression atmosphérique.



Topographie de la surface des océans déduite des mesures altimétriques satellitaires (Topex/Poseidon). Cette carte représente les anomalies de niveau de l'océan par rapport à ce qu'il serait en l'absence de courant. Les anomalies positives croissent du bleu moyen au blanc. Les anomalies négatives du bleu moyen au bleu sombre. Dans l'Atlantique Nord, apparaissent la circulation anticyclonique subtropicale et au nord, la circulation cyclonique associée au centre dépressionnaire d'Islande.
CLS – Satellite Oceanography Division

Le Gulf Stream n'est donc « que » le courant de bord ouest de la circulation anticyclonique océanique générée par l'anticyclone des Açores comme le courant des Canaries en est le courant de bord est. Le Gulf Stream a ses équivalents dans les autres bassins océaniques : courant du Brésil dans l'Atlantique sud associé à l'anticyclone de Sainte Hélène, Kuroshio dans le Pacifique nord, courant des Aiguilles dans l'Océan Indien sud. Ces courants dits « de bord ouest » doivent à la rotation de la Terre et à la nécessaire conservation de l'énergie tourbillonnaire d'être particulièrement bien individualisés et intenses. Le débit du Gulf Stream atteint à son maximum 140 millions mètres cube par seconde (par comparaison le débit maximum de l'Amazone n'est que de 300 mille mètres cube et celui total de l'ensemble des fleuves est de l'ordre d'un million de mètres cube par seconde).

Institut Français de la Mer - 47, rue de Monceau - 75008 Paris - Tél : 0l 53 89 52 08
http : institutdelamer.org ou http: ifmer.org ou http : //ifm.free.fr - e-mail : ifm@free.fr



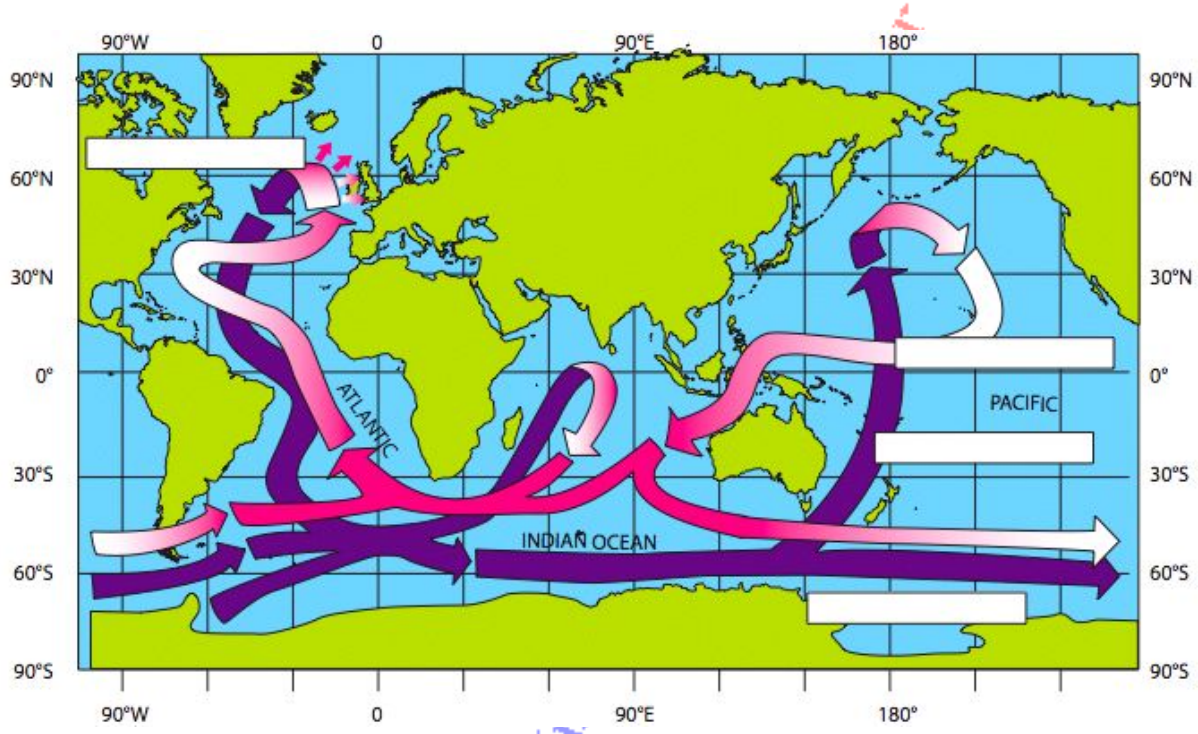
Tous ces courants sont des agents du transport de chaleur de l'équateur vers les pôles et donc des acteurs essentiels de la machine climatique. Sans craindre les raccourcis abusifs on peut affirmer que pour que le Gulf Stream s'arrête il faudrait que l'anticyclone des Açores lui-même s'évanouisse et donc que le transfert de chaleur par l'atmosphère de l'équateur vers les pôles s'interrompe autrement dit que l'équateur ne soit plus là où il se trouve. Il faudrait pour cela une modification substantielle des paramètres de la rotation de la terre sur elle-même et autour du soleil, perturbation autrement plus importante que l'accroissement de la teneur de l'atmosphère en gaz à effet de serre. Les études paléoclimatiques ont d'ailleurs montré qu'en Floride, là où il est le mieux canalisé, le Gulf Stream ne s'était jamais interrompu au cours des précédents épisodes glaciaires.

Ainsi défini à partir de la cause qui lui donne naissance, le Gulf Stream, s'il prend bien sa source dans le golfe du Mexique, ne se jette pas dans l'Arctique comme le décrivait Maury. Dynamiquement, comme courant de bord ouest de l'anticyclone des Açores, le Gulf Stream achève sa course lorsque le courant, suivant le mouvement anticyclonique, s'écarte de la pente continentale et s'oriente vers l' est, direction dans laquelle le tourbillon planétaire ne varie pas. On peut alors dire que, dynamiquement, le Gulf Stream termine sa course à environ 40° N et 50° W au sommet de la boucle anticyclonique. Cela ne veut évidemment pas dire que le courant s'arrête et que la vitesse tombe à zéro en ce point. Il y a continuité de flux, et les eaux chaudes et salées transportées jusque-là par le Gulf Stream poursuivent leur chemin vers le nord dans le courant nord Atlantique et celui de Norvège. Elles restent dans le même wagon, mais elles changent de locomotive car si le moteur principal de ces courants est toujours le vent ce n'est plus l'anticyclone des Açores qui mène le jeu, mais le système dépressionnaire d'Islande autour duquel le vent tourne dans le sens inverse des aiguilles d'une montre entraînant dans le même sens les courants marins. Le courant froid du Labrador constitue le « courant de bord ouest » de ce système.

La circulation thermohaline et le tapis roulant : une prime pour le Gulf Stream

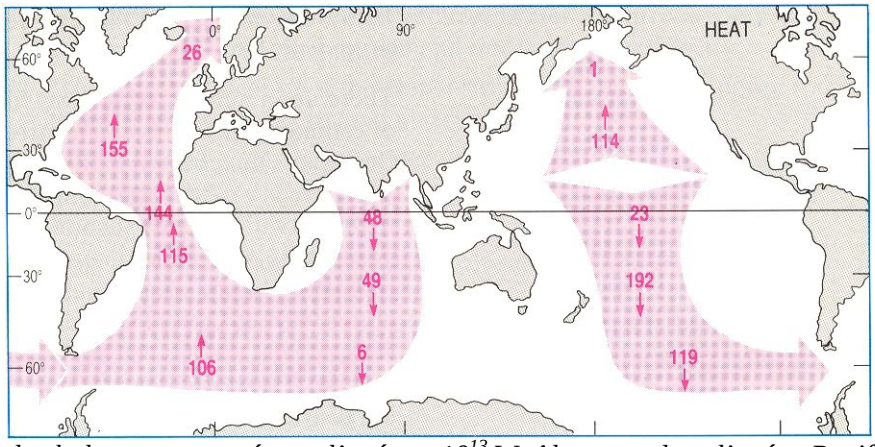
Les mouvements combinés de l'océan et de l'atmosphère et l'énergie qu'ils échangent entre eux notamment dans les processus d'évaporation et de précipitation reviennent à des

échanges de densité entre différentes régions océaniques. L'évaporation (transfert d'eau douce de l'océan à l'atmosphère) augmente la salinité et donc la densité de l'eau de mer. L'atmosphère restituera ailleurs une part de cette eau douce à l'océan sous forme de précipitations avec comme conséquence une diminution de la salinité et donc de la densité. Ce sont les variations de densité qui découlent de ces échanges qui produisent la circulation « thermohaline » (de *thermos*, chaud et *alos*, sel), les deux paramètres qui déterminent la densité de l'eau de mer). Lorsque les eaux de surface deviennent plus denses que les eaux qu'elles surmontent, elles s'enfoncent jusqu'à la profondeur correspondant à leur équilibre hydrostatique. C'est ce phénomène de convection que l'on observe en mer du Groenland dans l'Atlantique nord où les eaux de surface plongent jusqu'à une profondeur de 3 500 mètres environ : ce sont les eaux profondes nord Atlantique (EPNA) qui vont se répandre à travers tout l'océan et remonter progressivement vers la surface, dans le Pacifique nord par exemple pour revenir à leur point de départ en mer du Groenland via les détroits indonésiens, le courant des Aiguilles, le courant de Benguela, le courant équatorial sud… le Gulf Stream, la dérive nord Atlantique et enfin le courant de Norvège. C'est le fameux tapis roulant.



Le « tapis roulant », ou conveyor belt, de la circulation thermohaline. En bleu, la circulation profonde. En rose et en mauve, le retour en surface par la route froide à travers le passage de Drake, entre l'Amérique du Sud et l'Antarctique, et la route chaude depuis le nord du Pacifique à travers les détroits indonésiens.

Cette circulation thermohaline joue un rôle climatique très important. C'est la convection en mer du Groenland et non le Gulf Stream stricto sensu qui contrôle les variations des transports océaniques de chaleur vers les hautes latitudes dans l'Atlantique nord. La convection en mer du Groenland crée, en effet, un véritable « appel d'eau » dont le flux est d'environ 15 millions de m^3 par seconde qui accroissent d'autant les débits du courant de Norvège, du courant nord Atlantique et du Gulf Stream et donc la quantité de chaleur qu'ils transportent vers les hautes latitudes.



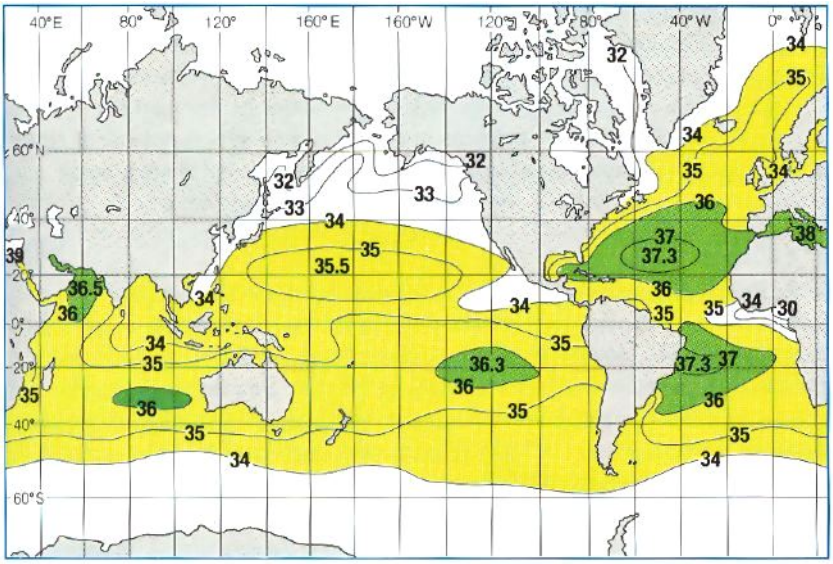
Les flux de chaleur transportés par l'océan : 10^{13} W. Alors que dans l'océan Pacifique, les transports de chaleur se font à peu près symétriquement vers le nord et vers le sud par rapport à l'équateur, dans l'Atlantique, les transports se font intégralement vers le nord. À 60° N, le flux transporté est de 26 dans l'Atlantique contre seulement 1 dans le Pacifique : c'est le résultat direct de la formation des eaux profondes dans l'Atlantique Nord qui n'a pas son équivalent dans le Pacifique. Ocean Circulation, The Open University, Pergamon Press 1989.

Que la convection en mer du Groenland et la circulation thermohaline ralentissent fortement ou même s'arrêtent comme ce fut semble-t-il le cas en période glaciaire et c'est le flux de chaleur équivalent à ces 15 millions de mètres cube par seconde qui sont perdus pour l'Atlantique nord faisant craindre alors, compte tenu de ce déficit thermique, l'irruption dans ces régions d'un refroidissement significatif au lieu du réchauffement promis par l'accroissement de l'effet de serre. Mais, dans cette hypothèse, le Gulf Stream dont le débit dépasse 100 millions de mètres cube par seconde au cap Hatteras continue lui sa route sur le bord ouest de l'anticyclone des Açores. La véritable question qui est posée et qu'il est légitime de poser lorsque l'on demande si le Gulf Stream va s'arrêter est alors la suivante : le réchauffement global peut-il conduire à un ralentissement voire un arrêt de la circulation thermohaline et donc du transport océanique de chaleur correspondant vers les hautes latitudes dans l'Atlantique nord ?

Pourquoi l'Atlantique ?

Il existe dans l'Antarctique d'autres zones convectives de formation d'eaux profondes, mais il n'y en a pas dans le Pacifique nord. Pourquoi cette différence entre l'Atlantique et le Pacifique qui fait que les transports océaniques de chaleur vers le nord sont plus importants dans le premier que dans le second ? Parce que le bilan des « échanges de densité » à travers les processus d'évaporation et de précipitations fait que l'Atlantique, et particulièrement l'Atlantique subtropical nord est la région océanique la plus salée. Elle est beaucoup plus salée que le Pacifique subtropical nord. Ainsi le Gulf Stream amène-t-il vers les moyennes latitudes de l'Atlantique nord des eaux chaudes et très salées qui sont reprises par la branche nord de la dérive nord Atlantique et le courant de Norvège qui constituent les bords sud et est de la circulation cyclonique associée au système dépressionnaire du Labrador.

Institut Français de la Mer - 47, rue de Monceau - 75008 Paris - Tél : 0l 53 89 52 08
http : institutdelamer.org ou http: ifmer.org ou http : //ifm.free.fr - e-mail : ifm@free.fr



La salinité de surface de l'océan mondial. Les salinités les plus élevées se trouvent dans l'Atlantique tropical nord. C'est le transport de ces eaux salées par le Gulf Stream puis la Dérive Nord Atlantique jusqu'en Mer de Norvège et du Groenland qui est l'élément déclencheur du « tapis roulant ». Ocean Circulation, The Open University, Pergamon Press 1989.

Dans leur périple, ces eaux salées se refroidissent fortement en gardant toujours une sursalure si bien qu'en mer du Groenland elles atteignent des densités très élevées supérieures à celle des eaux qu'elles surmontent augmentées encore en hiver par la formation de glace qui prélevant de l'eau douce accroît encore la salinité et la densité des eaux de surface. Dans le Pacifique, en dépit d'un schéma de circulation océanique (Kuroshio plus circulation cyclonique des Aléoutiennes) analogue à celui de l'Atlantique (Gulf Stream plus circulation cyclonique du Labrador), il n'y a pas faute d'une quantité suffisante de sel de convection profonde ce qui n'empêche pas le Kuroshio de se bien porter comme le ferait le Gulf Stream si d'aventure une telle mésaventure se produisait dans l'Atlantique.

La bonne question : la circulation thermohaline peut-elle s'arrêter ?

Comme pour le Gulf Stream, il faut remonter aux causes pour répondre à cette question et, en l'occurrence, ce sont les variations de densité de l'eau de mer. Une élévation de la température de l'océan et une diminution de sa teneur en sel concourent toutes les deux à une diminution de la densité de l'eau de mer et à l'occultation possible de la formation d'eaux profondes. Or ces deux phénomènes sont vraisemblables dans les scénarios du réchauffement global. On observe déjà une élévation continue de la température de surface des océans. On observe aussi une diminution constante de la banquise et l'on redoute une forte augmentation des précipitations et une augmentation importante des apports d'eau douce par les fleuves qui débouchent sur l'Arctique. Tous ces éléments font converger les modèles utilisés par le GIEC (groupe intergouvernemental pour l'étude du climat), sauf un, vers une diminution de la circulation thermohaline d'ici 2100. Si des simulations faites avec certains modèles prévoient effectivement un arrêt complet de la circulation thermohaline pour une augmentation globale de la température de 3,7 à 7,4° C, aucune des simulations issues des modèles couplés océan/atmosphère du GIEC ne débouche sur une telle éventualité d'ici 2100. À cet horizon, toutes indiquent une augmentation continue de la température en Europe, même celles qui annoncent la plus forte réduction de la circulation thermohaline. Un tel événement peut surgir ultérieurement, mais il n'est pas exclu qu'il intervienne avant du fait notamment de possibles

Institut Français de la Mer - 47, rue de Monceau - 75008 Paris - Tél : 0l 53 89 52 08
http : institutdelamer.org ou http: ifmer.org ou http : //ifm.free.fr - e-mail : ifm@free.fr

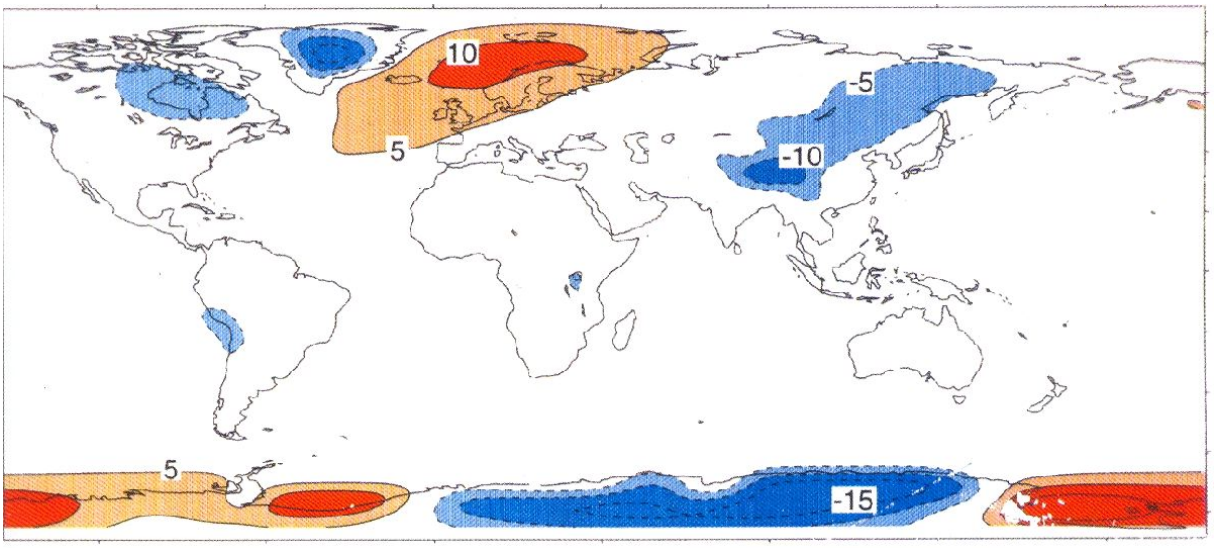
« effets de seuil », points de non-retour qui, à partir d'une valeur critique d'un paramètre du système, le font passer brutalement d'un état à un autre. Le GIEC, conscient de l'incertitude liée à ces effets de seuil qui ne sont pas bien pris en compte dans les modèles, ne l'exclut pas : « *Bien qu'aucune des projections faites avec les modèles couplés ne montre un arrêt total de la circulation thermohaline dans les cent prochaines années, on ne peut exclure la possibilité de phénomènes de seuil à l'intérieur de la fourchette des changements climatiques projetés. De plus, puisque la variabilité naturelle du système climatique n'est pas complètement prédictible, il y a nécessairement des limitations inhérentes au système climatique lui-même à la prédiction des seuils et phases de transition.* ». Autrement dit, événement peu probable mais pas impossible. Par analogie avec la situation actuelle du Pacifique qui ne bénéficie pas des bienfaits du surplus de transport de chaleur vers le nord induit par la convection profonde on peut penser que le climat de Brest ressemblerait alors à celui que connaît actuellement Vancouver à la même latitude.

Conclusion : le Gulf Stream, la circulation thermohaline et le climat

Que reste-t-il finalement de l'originalité du Gulf Stream dans le système climatique ? C'est moins qu'il transporte de l'eau chaude vers le nord, le Kuroshio le fait aussi dans le Pacifique, que le fait que cette eau soit très salée, condition indispensable de la formation des eaux profondes en mer du Groenland, de la circulation thermohaline, du tapis roulant et des flux de chaleur particulièrement élevés dans l'Atlantique nord. C'est donc grâce à l'excès de sel qu'il transporte que le débit du Gulf Stream (renforcé par l'appel d'eau que constitue la convection en mer du Groenland) et les quantités de chaleur qu'il véhicule sont plus élevés que ceux du Kuroshio. Que le réchauffement climatique mette un terme à la formation d'eaux profondes en mer du Groenland, non pas du fait d'une moindre salure du Gulf Stream mais en raison d'un excès d'eau douce dans les régions arctiques, et la situation de l'Atlantique sera comparable à celle actuelle du Pacifique.

C'est à tort que Maury, pour glorifier le rôle positif du Gulf Stream sur le climat de l'Europe de l'ouest le compare à celui du Labrador. Un contraste analogue existe aux mêmes latitudes de part et d'autre du Pacifique entre les côtes américaines et la Sibérie. Personne à Seattle ou Vancouver ne rend grâce au Kuroshio du climat tempéré dont il jouit alors que de l'autre côté, la mer d'Okhotsk est prise par les glaces tout comme les côtes du Labrador. Si ce contraste existe entre les deux rives des océans c'est à cause de… la rotation de la Terre qui fait qu'aux latitudes tempérées les bords est des océans bénéficient d'un climat océanique : ils sont sous l'influence des vents d'ouest qui s'établissent entre les anticyclones subtropicaux et les zones dépressionnaires (Islande, Aléoutiennes) et qui dans leur parcours océanique puisent chaleur et humidité. À l'inverse, les bords ouest sont soumis sur le bord ouest des zones dépressionnaires à des vents de nord-ouest issus des régions polaires. Il faut comparer ce qui est comparable et en l'occurrence les différences climatiques qui existent entre l'Europe de l'ouest et les côtes ouest du continent américain. Les températures moyennes européennes sont incontestablement plus élevées que les américaines. À latitude égale, les températures moyennes annuelles en Norvège sont supérieures de 10°C à celles de l'Alaska.

Institut Français de la Mer - 47, rue de Monceau - 75008 Paris - Tél : 0l 53 89 52 08
http : institutdelamer.org ou http: ifmer.org ou http : //ifm.free.fr - e-mail : ifm@free.fr



C’est le résultat direct du surplus de chaleur transporté par les courants dans l’Atlantique nord, mais s’il y participe comme « transporteur » le Gulf Stream n’en est pas le moteur ; c’est la formation des eaux profondes en mer du Groenland qui en est la cause. On peut supposer qu’en cas de défaillance de ce processus, la Norvège connaîtrait le climat de l’Alaska et Brest celui de Vancouver. On est encore loin du climat glaciaire que nous promettent les catastrophes hollywoodiennes !

Si le Gulf Stream n’est pour rien dans l’interruption possible de la circulation thermohaline, sa pérennité doit nous rassurer car elle est la garantie qu’à un moment ou un autre cette circulation pourra reprendre comme elle le fit toujours régulièrement au cours des six cent mille dernières années à travers les multiples vicissitudes qui jalonnent les périodes glaciaires et interglaciaires.

IFM
Institut Français de la Mer

Institut Français de la Mer - 47, rue de Monceau - 75008 Paris - Tél : 0l 53 89 52 08
http : institutdelamer.org ou http: ifmer.org ou http : //ifm.free.fr - e-mail : ifm@free.fr