



Que sait-on de l'impact du changement climatique sur le domaine maritime et que peut-on anticiper?

**Pierre GAUFRÈS¹, Hans MOSER², Stephan MAI², Peter J. HAWKES³,
Øivind A. ARNSTEN⁴, Kathleen D. WHITE⁵**

1. Centre d'Etudes Techniques Maritimes Et Fluviales,
2 Bd du Président Kennedy, B.P. 543, 13092 Aix-en-Provence Cedex 02, France.
Pierre.Gaufres@developpement-durable.gouv.fr
2. Federal Institute of Hydrology, Germany.
3. HR Wallingford, United Kingdom.
4. Norwegian University of Science and Technology, Norway.
5. US Army Corps of Engineers, USA.

Résumé :

Menace mondiale grave, le changement climatique exige une réponse globale urgente. Les océans, premier système régulateur du climat, se sont réchauffés jusqu'à une profondeur de 3000 m. La couverture de glace de l'Arctique disparaîtra l'été probablement dans la deuxième moitié de ce siècle. Cet article constitue un résumé du rapport « Climate change and Navigation » (MOSER *et al.*, 2008) téléchargeable sur le site de l'association AIPCN. Il passe en revue les impacts du changement climatique sur les navigations maritime et fluviale à l'échelle mondiale et en particulier les aspects suivants : hausse du niveau marin, conditions de vent, action des vagues, propagation des marées et des surcotes marines, circulation océanique, tempêtes, hydrodynamique côtière, chimie des océans, état et fonte des glaces, débit et qualité de l'eau des fleuves, conditions hydrologiques extrêmes, ... Les stratégies d'adaptation et d'atténuation mais également les opportunités pour le secteur maritime sont décrites dans le rapport.

Mots clés :

Changement climatique – Navigation maritime et fluviale – Impact – Adaptation – Atténuation

1. Introduction

Le dernier rapport du Groupe International d'Experts sur le Climat (GIEC, 2007) a mis en évidence les facteurs anthropiques du réchauffement et alerté décideurs et opinion publique sur l'urgence à relever ce défi. La hausse de la température de la Terre s'élève à 0,74° C pour la période 1906-2005 (voir figure 1). Pour l'horizon 2100, elle serait comprise entre 1,8 et 3,4° C selon les scénarios les plus probables. Un certain nombre de facteurs seront modifiés.

2. Facteurs modifiés par le changement climatique et impacts sur le secteur maritime

Le niveau moyen des mers s'est élevé de 1,7 +/- 0,5 mm/an, en moyenne au cours du 20^{ème} siècle. Les modèles climatiques projettent une hausse de 2 à 5 mm/an d'ici 2100 (voir figure 2) avec une forte variabilité géographique. Des incertitudes importantes subsistent concernant les glaces polaires. Les recherches en cours pourraient réestimer cette élévation à 1 m, voire davantage, à l'horizon 2100.

Bien que cette hausse n'ait pas d'impact direct sur la navigation elle-même, elle affectera les infrastructures portuaires et modifiera les normes de calcul des ouvrages.

Une augmentation du niveau marin de 5 mm/an en moyenne est ainsi recommandée pour les projets, tendance long terme à étudier au cas par cas d'autant qu'il faudra régionaliser les données selon l'évolution relative des océans et des côtes.

Même si la concentration de CO₂ dans l'atmosphère venait à être stabilisée, la température continuera à s'élever lentement pendant au moins un siècle en raison de l'inertie des systèmes climatiques et notamment celle des océans. L'expansion thermique des océans se poursuivra donc et la fonte des glaces contribuera à la hausse du niveau des mers pendant des siècles, voire des millénaires.

Les conditions de vent mais également fréquence, durée et trajectoire des tempêtes seront modifiées par le climat. Conséquences de l'accroissement potentiel des houles, des impacts sur la route des navires et les opérations portuaires sont attendus. Les fenêtres météorologiques favorables pourront être réduites et perturber l'amarrage ou les temps d'attente des navires mais les simulations comportent de fortes incertitudes. Pour la France, la probabilité de vents forts augmenterait au Nord et diminuerait au Sud. En l'état actuel des connaissances, il est recommandé de considérer l'évolution possible des vents locaux plutôt que de préparer d'ores et déjà des stratégies de protection globales.

Les vagues pourraient être affectées de différentes manières : hauteurs, distribution saisonnière, période et direction, fréquence et trajectoire des grandes vagues et des cyclones, Les analyses régionales fines sont importantes notamment pour les opérations de chargement/déchargement très dépendantes des conditions de houle. Les navires seront affectés selon leur tonnage et les impacts potentiels sur les structures portuaires seront nombreux : stabilité, franchissement, évolution des bathymétries, ...

La propagation des marées pourrait être modifiée mais les variations induites seront mineures. Par contre l'évolution des ondes de tempête (surcotes marines) pourra avoir un impact significatif sur les extrêmes, éventuellement supérieur à la hausse du niveau marin. Compte tenu des incertitudes sur les champs de pression et vents futurs, des modélisations locales sont nécessaires.

La circulation thermohaline océanique pourrait être touchée de façon progressive ou abrupte mais l'on ne dispose pas d'éléments suffisants pour mettre en évidence une tendance générale. Vraisemblablement ralentie, la dérive Nord Atlantique ne devrait pas subir un changement abrupt (probabilité < 10%). L'hydrodynamique côtière pourrait

être modifiée. Mais la quantification de ces changements, très variables d'une région à l'autre, ne peut être réalisée que par modélisation de chaque site.

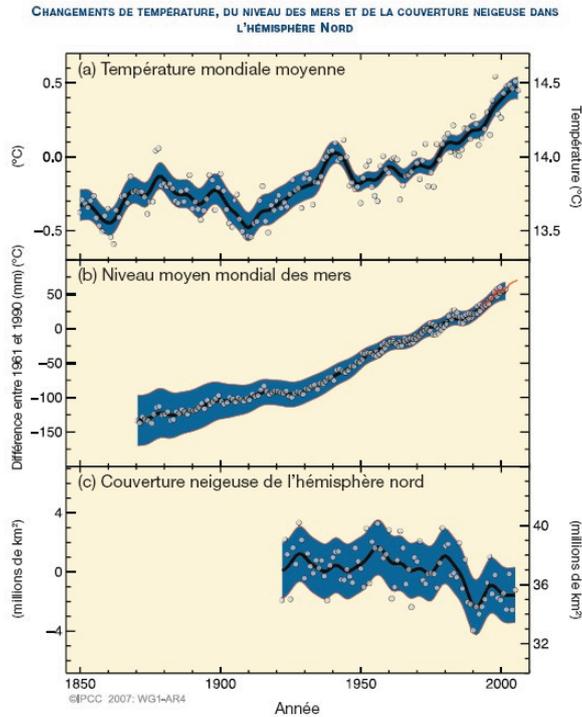


Figure 1. Changements de température, du niveau des mers et de la couverture neigeuse dans l'hémisphère Nord (GIEC, 2007).

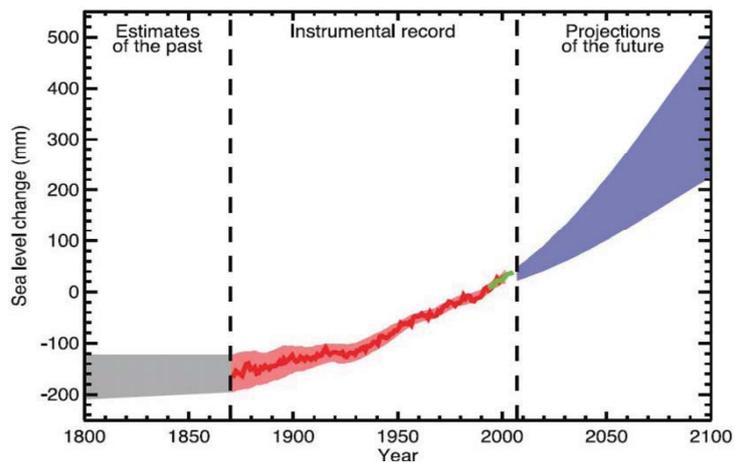


Figure 2. Élévation moyenne du niveau des océans observée et projetée pour le scénario A1B (Source GIEC, BINDORF et al., 2007).

La morphologie côtière et estuarienne serait affectée en conséquence des variations des précédents forçages. Des pertes sont attendues dans le budget sédimentaire notamment.

Toutefois, la résilience des côtes sableuses et la rétroaction de la bathymétrie sur les vagues et courants qui la modifient rendent délicates les projections. Des études détaillées sont nécessaires à l'échelle des processus.

Les régimes de tempête pourraient évoluer (fréquence, durée, distribution des houles, vents ou précipitations, ...) ce qui affecterait la régularité des opérations portuaires, la visibilité, la signalisation, ... Remarquée depuis 1970, l'origine du phénomène de hausse de l'activité cyclonique dans l'Atlantique Nord reste incertaine.

Les effets de l'évolution de la chimie des océans (salinité, phosphates, nitrates, pH, température, ...) sont mesurables par la migration des espèces qui a des impacts sur la pêche. L'augmentation du carbone dissout modifie le pH (acidification) et la concentration en oxygène entraînant ainsi une relocalisation des formes carbonées. Ces changements agissent sur la chaîne alimentaire : les modifications des productions primaire et secondaire affectent le plancton et par conséquent les populations de poissons et les zones de pêche.

Reclasser les aires marines protégées sera nécessaire pour préserver les espèces menacées ce qui générera, selon les endroits, contraintes ou opportunités.

La surface des banquises, actuellement en cours de réduction rapide (rétroaction positive), représente 10% de la surface terrestre. Cette tendance va s'accélérer au cours du 21^{ème} siècle. Particulièrement sensible au climat, l'Océan Arctique constitue un observatoire de premier plan car l'augmentation de température y est plus importante. A noter les passages Nord-Ouest et Nord-Est libres de glace simultanément pour la première fois (figure 3), probablement depuis le dernier interglaciaire (125 000 ans).

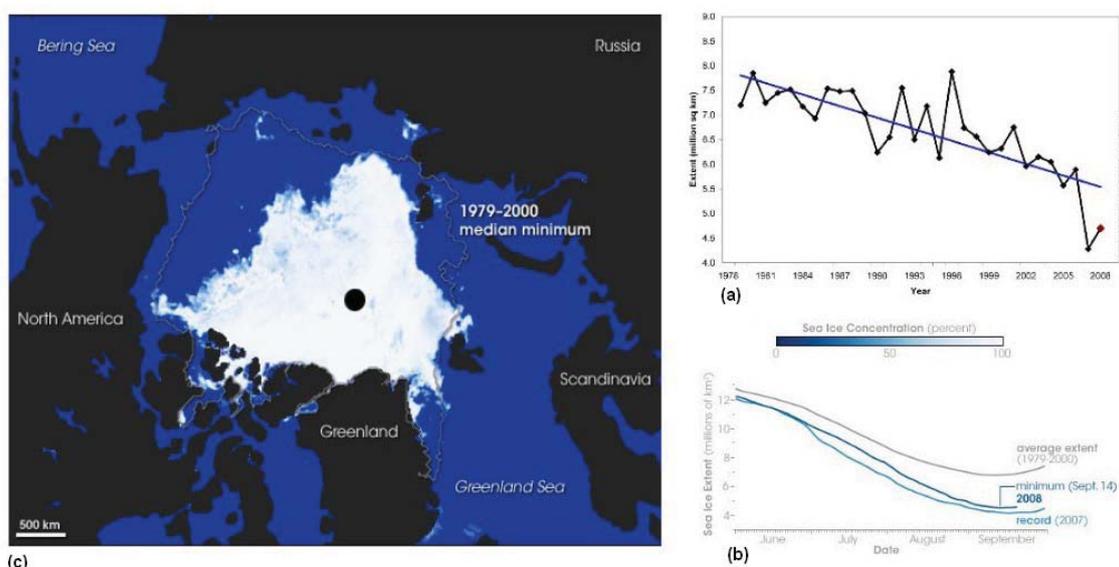


Figure 3.

- (a) Évolution (1979-2008) des minima de surface de glace arctique (Source NSIDC),
(b) Évolution Juin-Sept 2008, second record absolu après l'été 2007 (Source NSIDC),
(c) Extension minimale au 14 Septembre 2008 (Source NASA).

La réduction de la surface de la banquise diminue l'albédo des régions polaires et favorise l'augmentation de la température globale de la Terre. Les impacts sur la navigation pourraient être significatifs dans plusieurs domaines : nombre de jours navigables, accès aux eaux arctiques (passages Nord-Est et Nord-Ouest), La fonte record de l'été 2007 indique que ces routes maritimes seraient accessibles plus tôt que prévu permettant l'exploitation de ressources nouvelles (pétrole, gaz, pêche, tourisme, ...) et des économies de transport entre l'Europe et l'Asie.

Le gel, facteur d'incertitude pour la navigation, augmente le poids des navires, affecte leur stabilité, les opérations de l'équipage, les communications, ... Les projections climatiques signalent un déplacement vers les pôles des trajectoires des orages, occasionnant ainsi une augmentation du gel.

3. Infrastructures et navires devront s'adapter

Le changement des conditions océaniques combiné à l'évolution des conditions climatiques terrestres nécessitera des réponses d'adaptation pour les navires (conception, navigation, manœuvres, ...) et les infrastructures portuaires (dimensionnement, fonctionnement, maintenance, ...). L'OCDE examine les impacts du climat sur les inondations des villes portuaires et conclut que ces risques pourraient être considérablement réduits par des stratégies d'adaptation (5% du PIB annuel mondial exposé en 2005, dix fois plus en 2070 si rien n'est entrepris). Les réponses répertoriées dans le récent rapport de l'AIPCN (MOSER *et al.*, 2008), seront variables d'un pays à l'autre en fonction de l'exposition au risque, de la richesse, des alternatives possibles,

Plus de 90% du commerce mondial transite par la mer et contribue ainsi aux émissions de gaz à effet de serre (GES). Celles induites par le secteur transport représentent 23% des émissions anthropiques et ont cru plus vite que les autres. Encore très débattue, la contribution de la navigation maritime et fluviale, quant à elle, est estimée à 10% seulement du secteur transport. Elle dispose actuellement d'un bon potentiel de réduction même si les projections avancent une augmentation de 75% pour les 20 prochaines années, compte tenu de la croissance de la Chine notamment. La plupart des mesures d'atténuation (efficacité de la propulsion, réduction de consommation de carburant, gestion du trafic, ...) sont connues du secteur maritime. Leur application doit être élargie de manière à avoir un réel effet. Celles à faible coût marginal doivent être prises en priorité. Telle qu'elle est mise en œuvre par exemple à l'approche des ports de Californie (Los Angeles et Long Beach), la réduction d'allure est certainement la plus efficace.

4. Conclusion : Le changement climatique : menace ou opportunité ?

Les travaux du GIEC (2007) ont permis de dresser un panorama des processus pour lesquels des modifications sont attendues ou déjà mesurables, et d'explorer les stratégies

d'adaptation et d'atténuation pour le secteur maritime. L'interprétation des résultats est dépendante des données, des modèles, de la chaîne d'incertitudes et des scénarios intégrant choix politiques, technologiques ou sociétaux. L'objectif de cette synthèse était également d'éviter que les incertitudes inhérentes aux projections engendrent déni ou hypertrophie des risques.

A l'échelle européenne, le Livre Vert sur l'adaptation au changement climatique (CCE, 2007) recommande de procéder à des recherches scientifiques appliquées pour s'assurer que les infrastructures se rendront au terme de leur durée de vie de dimensionnement et également de renforcer les dispositifs de surveillance pour anticiper d'éventuels changements abrupts. Pour éviter des mesures d'adaptation soudaines et non préparées en réponse à la multiplication des catastrophes, il faut planifier une stratégie cohérente d'adaptation et d'atténuation. L'objectif est d'épargner de graves dommages aux personnes et aux biens. Ce faisant des bénéfices économiques notables seront réalisés.

La navigation maritime doit se préparer à de profondes mutations mais, mode de transport à faible empreinte écologique, elle dispose également de belles opportunités.

5. Références bibliographiques

BINDOFF N.L., WILLEBRAND J., ARTALE V., CAZENAVE A., GREGORY J., GULEV S., HANAWA K., LE QUÉRÉ C., LEVITUS S., NOJIRI Y., SHUM C.K., TALLEY L.D., UNNIKRISSHANNAN A. (2007). *Observations: Oceanic climate change and sea level, In climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor et H.L. Miller (éds.)]*. Cambridge University Press, Cambridge (UK) and New York, (USA), pp 385-432

CCE -Commission des Communautés Européennes- (2007). *Adaptation au changement climatique en Europe : les possibilités d'action de l'Union européenne*, 29 juin 2007, 32 p. [http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/fr/com/2007/com2007_0354fr01.pdf]

GIEC -Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat- (2007). *Résumé à l'intention des décideurs. Bilan 2007 des changements climatiques : Les bases scientifiques physiques. Contribution du Groupe de travail I au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor et H.L. Miller (éds.)]*. Cambridge University Press, Cambridge (UK) and New York (USA), 18 p.

MOSER H., HAWKES P., ARNTSEN O. A., GAUFRÈS P., MAI S., WHITE K. (2008). *Impacts of Climate Change on Navigation*. Association Internationale de Navigation, Rapport du groupe d'experts 3 de la commission de l'environnement, Bruxelles, Belgique, 57 p.

[<http://www.pianc.org/downloads/envicom/envicom-free-tg3.pdf>]