



Organisation
des Nations Unies
pour l'éducation,
la science et la culture



Commission
océanographique
intergouvernementale

Pourquoi surveiller l'océan Arctique ?

Services fournis à la société par un système permanent d'observation de l'océan





© Hugo Ahlénius, UNEP/GRID-Arendal

Topographie et bathymétrie de l'Arctique.

L'Arctique est souvent défini comme la région où la température moyenne du mois le plus chaud est inférieure à 10° C.

Les dénominations employées ainsi que la présentation du contenu de cette publication n'impliquent pas l'expression d'une quelconque opinion de la part du Secrétariat de l'UNESCO quant au statut juridique de tout pays ou territoire, ou de leurs autorités, ni relativement au tracé des frontières de tout pays ou territoire.

Élaboré par : Peter Bates et Keith Alverson
Concepteur : Éric Loddé

Photos de couverture :
Jeunes morses dans le Nord-Ouest de Svalbard. Crédit photographique : Thomas Hallermann/Marine Photobank.

Récupération à l'aide d'une grue d'un transpondeur utilisé pour la surveillance de l'océan. Crédit photographique : Chris Linder, Institut océanographique de Woods Hole.

Traineau tiré par des chiens sur la glace de mer au Groenland. Crédit photographique : Royal Groenland.

Navire de l'État norvégien dans la Baie de la Madeleine. Crédit photographique : Thomas Hallermann/Marine Photobank.

À des fins bibliographiques, le présent document doit être cité comme suit :
Pourquoi surveiller l'océan Arctique ? Services fournis à la société par un système permanent d'observation de l'océan ; COI/UNESCO 2010

Imprimé en France

(COI/BRO/2010/6)

© UNESCO COI 2010

Introduction



Une expédition de recherche en mer de Beaufort © NOAA

Océans et côtes dominent le paysage arctique. La région se réchauffe à un rythme à peu près deux fois plus rapide que la moyenne mondiale, la diminution brutale de la quantité de glace de mer en été étant l'un des signes les plus manifestes de ce changement. Dans toute la région, les processus physiques et biologiques subissent des transformations, tandis que les mécanismes de rétroaction climatique liés à la dynamique atmosphérique et océanique en pleine évolution de l'Arctique font sentir leurs effets à l'échelle de toute la planète.

L'évolution de l'environnement dans l'océan Arctique entraîne aussi une multitude de changements sociaux très nombreux et liés entre eux. Des contentieux territoriaux opposent les États de l'Arctique à mesure que se révèle le potentiel économique et stratégique de la région, tandis que la communauté internationale s'efforce elle aussi d'y faire entendre sa voix et de s'y assurer une présence aux fins de la recherche. L'industrie pétrolière et gazière évalue les possibilités d'exploitation des fonds marins arctiques et l'on prévoit l'ouverture de routes maritimes qui auront une grande importance économique. Avec le développement industriel, le nombre de personnes qui viennent s'installer dans l'Arctique augmente. Les peuples autochtones de la région redoublent d'efforts pour obtenir le contrôle des développements en cours sur leurs territoires, tout en maintenant la continuité de leur culture. Dans le même temps, les défenseurs de l'environnement mettent toujours plus fortement en avant la nécessité de protéger le fragile environnement arctique.

Par conséquent, la vulnérabilité de l'océan Arctique s'accroît. L'environnement et les peuples de la région sont soumis à des pressions croissantes liées au changement

Un système d'observation de l'océan doit être créé et maintenu dans l'Arctique. Ce système devrait être conçu de façon à fournir des services spécifiques à la société, en tenant compte des besoins de groupes particuliers d'utilisateurs.

climatique. L'infrastructure industrielle et le transport maritime engendrent d'autres pressions, tout en étant eux-mêmes exposés à des risques dans ce milieu océanique souvent hostile. Jamais l'exactitude de l'information n'a été plus importante qu'aujourd'hui et pourtant, nous savons encore très peu de choses sur l'océan Arctique. Certains processus physiques essentiels sont mal connus, des écosystèmes ne sont pas étudiés – ou pas découverts – et les voix autochtones demeurent ignorées. Ce manque de connaissances nuit aux initiatives visant à identifier, prédire ou gérer les conséquences physiques, biologiques et sociales – qui sont liées entre elles – du changement climatique, ce qui rend le développement durable pratiquement impossible. Il est donc nécessaire de créer un système coordonné d'observation de l'océan Arctique et de ses côtes, afin de recueillir des données de référence et d'assurer une surveillance durable.

Mais à quoi devrait ressembler un tel système ? Pour se poursuivre à long terme, l'observation de l'océan Arctique doit dépasser la simple recherche scientifique. Elle doit répondre de plus en plus à la demande des usagers et offrir des produits et services directement utiles aux parties prenantes dont le nombre augmente dans la région.

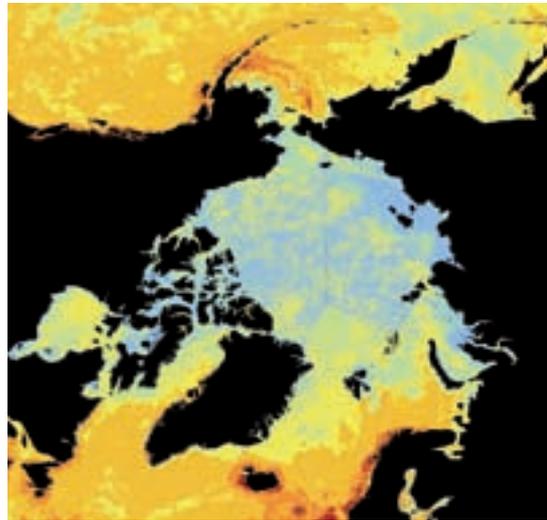
Ce faisant, le système d'observation de l'océan Arctique jouera un rôle capital dans les efforts d'adaptation aux enjeux et aux opportunités d'une région en pleine transformation. Il s'agira d'une entreprise pluridisciplinaire, car l'adaptation est fondamentalement une question sociale et culturelle. Elle devra néanmoins prendre appui sur une solide base de connaissances des processus environnementaux, que seule peut fournir un système d'observation de l'océan.

Conservation et gestion des ressources naturelles

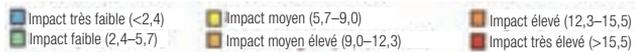
Les pressions croissantes qui s'exercent sur l'écosystème de l'océan Arctique soulignent chaque jour davantage pour comprendre, prédire ou gérer le changement.

L'océan Arctique s'enorgueillit d'un écosystème qui est l'un des plus intacts de la planète et abrite certaines espèces emblématiques comme l'ours polaire, le morse, le narval et le beluga ainsi que des réserves de poissons économiquement importantes. Les paysages impressionnants et la faune de l'Arctique attirent les touristes en nombre croissant dans la région. Les activités de chasse et de pêche dans l'océan sont à la base de la sécurité alimentaire et des pratiques culturelles des communautés autochtones côtières. La régulation du carbone et la transformation des nutriments font aussi partie des services écosystémiques que fournit l'océan Arctique.

Cependant, les pressions auxquelles est soumis l'écosystème arctique ne cessent de croître. Le changement climatique menace de transformer complètement l'environnement et l'exploitation pétrolière et gazière, le développement industriel et l'intensification du transport maritime s'accompagnent de risques de pollution et de perturbation de l'écosystème.



Carte de l'impact humain sur les écosystèmes marins. Halpern et al. (2008) estiment que seulement 3,7 % de la superficie totale des océans du monde peuvent être classés parmi les zones où l'impact humain est très faible. Ces zones se trouvent uniquement dans l'Arctique et dans les mers du sud.



Une baleine à bosse au large des côtes du Groenland.

Surveillance de la biodiversité

Les navires d'observation bénévoles, les observatoires des fonds marins, les dragueurs, les véhicules sous-marins autonomes, les planeurs sous-marins et les instruments stationnaires permettent à la fois de prélever des échantillons et de surveiller les micro-organismes benthiques et les micro-organismes présents dans la colonne d'eau.

Le contrôle du nombre et de la taille des poissons capturés par la pêche commerciale et la pêche de subsistance est aussi un moyen d'évaluer la santé et la distribution des stocks de poisson.

La surveillance des animaux de plus grande taille est difficile, en particulier dans l'environnement hostile de l'Arctique. Une présence humaine sur le terrain est souvent nécessaire pour observer directement et compter les animaux. Heureusement, il est possible de concentrer le travail d'observation sur certains « points chauds biologiques » répartis dans tout l'Arctique, comme les colonies d'oiseaux marins.

Certaines innovations techniques sont à cet égard prometteuses. L'usage de balises permet de recueillir des données et de cartographier la localisation et les déplacements des animaux. Des « balises actives » équipées de systèmes GPS et d'émetteurs satellites peuvent aussi être attachées à des « animaux océanographes » – poissons, morses ou baleines – afin d'étudier leurs déplacements et leurs habitudes nutritionnelles tout en enregistrant la profondeur de l'eau de mer, la salinité et la température ambiantes. La technique d'imagerie thermique à partir de navires pourrait aussi faciliter la surveillance des baleines dans l'Arctique car celles-ci émettent en soufflant des gouttelettes d'eau et d'huile dont la température est plus chaude que celle de l'air polaire. Des connaissances approfondies sur la distribution des espèces, leur interaction et leur santé peuvent aussi être obtenues auprès des peuples autochtones de la région.



>> Services d'observation de l'océan

>> Surveillance du nombre et de la distribution des espèces. Avec le changement climatique, la réduction des glaces de mer et le réchauffement des eaux auront des répercussions brutales sur la production primaire d'algues et de phytoplancton dans l'Arctique. Dans les réseaux trophiques courts et efficaces de l'Arctique se produiront des effets en chaîne qui affecteront les organismes de niveau trophique supérieur. En outre, de nouvelles espèces pourraient être amenées à migrer vers le nord et à pénétrer dans l'Arctique au fur et à mesure du réchauffement des eaux et du retrait des glaces, ce qui conduira à la formation de nouveaux assemblages d'espèces.

>> Surveillance interdisciplinaire de la couverture glaciaire et des comportements animaux. La faune dont le mode de vie dépend étroitement des glaces, comme les ours polaires, les phoques, les morses et les troupeaux de caribous qui traversent les glaces de mer au cours de leurs migrations, sera directement affectée par la réduction de la couverture glaciaire. Les ours polaires, par exemple, ont besoin des glaces de mer pour chasser le phoque. La collecte de données sur les glaces de mer et l'observation et la localisation à grande échelle des animaux sont donc nécessaires pour déterminer si les ours peuvent s'adapter à d'autres sources de nourriture ou développer d'autres méthodes de chasse.

>> Surveillance des contaminants dans l'océan et la chaîne alimentaire. Les polluants aériens s'accumulent dans l'Arctique par « effet sauterelle » : après évaporation partielle dans le Sud, ils se condensent dans l'air arctique froid puis retombent sous forme de précipitations. Les courants marins et aériens dominants à l'échelle de la planète acheminent aussi des polluants dans la région où leur taux de concentration dépasse dans certains cas celui des zones urbaines à forte densité de population. Certains contaminants comme les PCB (polychlorobiphényles) et le mercure sont de plus en plus concentrés à mesure qu'ils se rapprochent du sommet de la chaîne alimentaire et atteignent des niveaux toxiques chez les prédateurs supérieurs et chez l'homme.

>> Surveillance de l'évolution des stocks de poissons commerciaux. On prévoit qu'un réchauffement modéré de

l'océan pourrait bénéficier aux stocks de poissons commerciaux les plus importants, qui sont actuellement limités dans l'Arctique. Toutefois, les interactions en jeu sont complexes et il se peut que, dans certaines zones, on observe une diminution des stocks de poissons. La surveillance faciliterait l'établissement de plans de gestion, notamment pour permettre aux flottes de pêche d'investir dans des équipements et des infrastructures adaptés, afin d'assurer à la pêche d'une espèce donnée un caractère durable.

>> Surveillance de l'impact de la pêche commerciale à grande échelle. La surpêche risque de perturber l'écosystème tout entier, déjà soumis à de fortes pressions liées au changement climatique. Les prises accessoires de poissons, de mammifères marins et d'oiseaux non visés devraient aussi faire l'objet d'une surveillance continue, de même que les techniques de pêches aux effets destructeurs pour l'environnement comme le chalutage de fond. La viabilité à long terme de la pêche de subsistance des peuples autochtones face à la concurrence commerciale devrait aussi être évaluée au moyen d'études quantitatives et en consultant les communautés concernées.

>> Contrôle saisonnier de l'acidité et du taux de carbone de l'océan. Les océans de la planète constituent un puits de carbone essentiel qui contient 50 fois plus de carbone que l'atmosphère. Avec l'augmentation du gaz carbonique dans l'atmosphère, la quantité absorbée par les océans s'accroît également. Au fur et à mesure de son absorption, le dioxyde de carbone forme de l'acide carbonique. Du fait de leur température et de leur composition chimique, l'océan Arctique et les mers du Sud sont extrêmement vulnérables au phénomène d'acidification de l'eau de mer. Certaines eaux arctiques de surface sont déjà corrosives à certaines saisons pour les organismes calcaires comme les mollusques, les oursins de mer et certaines espèces d'algues et de plancton, qui pour beaucoup sont des espèces essentielles dans le réseau trophique arctique. Pour déterminer l'impact sur ces organismes, la surveillance de terrain pourrait s'accompagner d'études en laboratoire.

>> Collecte de données de référence et surveillance des zones protégées, des réserves de biosphère et des sites du Patrimoine mondial. L'océan Arctique compte un nombre croissant de zones protégées, notamment des réserves de biosphère et des sites du Patrimoine mondial comme le fjord glacé d'Ilulissat au Groenland. Bien que ces zones soient tenues à l'écart du développement, leur environnement physique et leur biodiversité pourraient néanmoins être fortement modifiés par le changement climatique.



En haut : un iceberg dans le fjord glacé d'Ilulissat au Groenland, site du Patrimoine mondial de l'UNESCO.
A droite : Ours polaire.

© Gabrielle & Michel Thérin-Weise



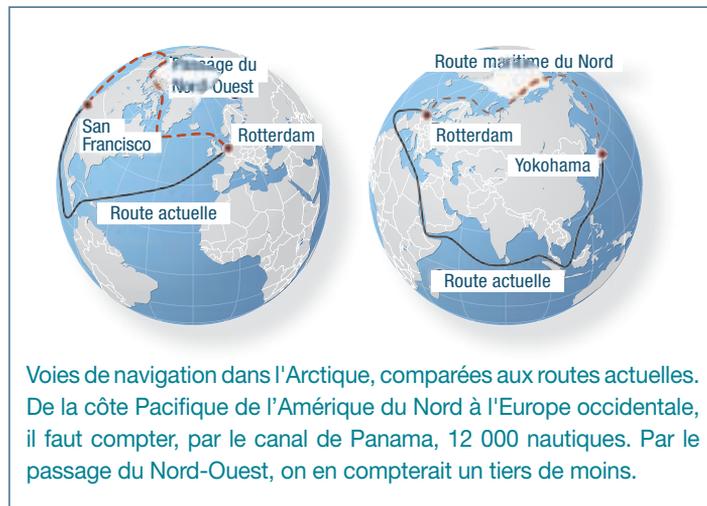
© Martina Tyrrell

Navigation

Pour guider sûrement les navires dans l'océan Arctique, il faut le surveiller et fournir des informations régulières et fiables.

On navigue de bien des manières dans l'Arctique : à bord de navires de commerce, de croisière, de recherche, de brise-glaces et flottilles de pêche. Les premiers apportent produits ou équipements à une industrie minière déjà florissante ou les en remportent et les communautés arctiques sont principalement approvisionnées par bateaux faute de réseaux routiers ou ferrés et en raison du coût du transport aérien. Toute cette circulation ne peut que s'accroître à mesure que la glace de mer régresse et que l'Arctique s'ouvre davantage au développement industriel. Toutefois, les conditions atmosphériques et l'état de la mer demeureront rudes, été comme hiver, s'ils n'empirent pas du fait du changement climatique.

L'été, la diminution prévue des glaces de mer peut ouvrir le passage du Nord-Est et la route maritime du Nord au trafic commercial régulier, ce qui aura un retentissement considérable sur l'ensemble de la navigation commerciale, qui assure le transport de 90 % des biens de la planète, et sur la circulation dans les canaux de Suez et de Panama. À l'heure actuelle, cependant, les cartes nautiques de l'Arctique sont imprécises et incomplètes; il faudra d'importantes campagnes hydrographiques pour déterminer la profondeur des chenaux et les risques sous-marins.



© Hugo Ahtenius, UNEP/GRID-Arendal

La toute première traversée commerciale par le passage du Nord-Ouest a eu lieu en septembre 2008. L'équipage "n'a pas vu un seul glaçon". En août 2010, un navire commercial géant transportant 70 000 tonnes de gaz a utilisé pour la première fois la route maritime du Nord, de Mourmansk, en Russie, à Ningbo, en Chine.

Un bateau à quai à Tasilaq, Groenland.

Services d'information sur les glaces

Des produits d'information sur les glaces, tels que cartes et prévisions, sont fournis par les services météorologiques ou océanographiques des pays ayant des activités dans des eaux prises par les glaces. Pour l'instant, ces produits sont principalement destinés à la navigation. Ils sont obtenus en combinant des données satellitaires, des mesures in situ et des observations aériennes et embarquées. Chaque source a ses avantages et ses inconvénients. Les capteurs in situ, la couverture aérienne (qui coûte cher) et les bateaux donnent des informa-

tions précises mais clairsemées. Les données satellitaires ne sont pas aussi détaillées, mais elles sont systématiques, ont un bon rapport qualité/prix et couvrent de vastes zones; certains capteurs fournissent des données à des résolutions, des échelles spatiales et des coûts variables. Comme la glace peut être très dynamique, les produits doivent être synthétisés rapidement (en 1 à 6 heures) et régulièrement (toutes les 6 à 24 heures, quotidiennement). La synthèse d'archives de données permet d'obtenir des analyses et des prévisions statistiques.

Source : le Groupe de travail international de cartographie des glaces, 2007.

>> Services d'observation de l'océan

>> Projections, prévisions et informations en temps réel sur la couverture glaciaire, l'épaisseur et les mouvements de la glace. Le régime des glaces de mer peut se faire plus changeant et dangereux dans un Arctique en réchauffement, avec davantage de glaces flottantes. Des projections à long terme de ce régime sont nécessaires pour tracer des voies de circulation, ainsi que des prévisions et informations en temps réel pour guider chaque traversée. Il est aussi fondamental de suivre les icebergs qui sont une menace encore plus grande que la glace de mer pour la navigation. Les icebergs peuvent être cachés dans des bancs de glace, ce qui les rend difficiles à repérer par satellite ou à l'œil nu.

>> Projections, prévisions et informations en temps réel sur les conditions atmosphériques et l'état de la mer. Le changement climatique peut rendre les conditions atmosphériques pires et plus instables dans l'Arctique. Les vagues peuvent aussi grossir si les zones d'eau libre s'étendent. Pour les projections à plus long terme, il faut en outre surveiller les interactions complexes entre le temps qu'il fait, une atmosphère qui se réchauffe et des zones d'eau libre plus étendues.

>> Cartographier et surveiller les courants le long des routes maritimes. Les courants océaniques peuvent varier au cours de l'année, et constituer, soit un obstacle à la navigation en ralentissant les navires ou en les dressant sur des icebergs ou des bancs de glaces, soit un gain considérable en économisant temps et carburant, si on les utilise bien.

>> Prévisions et données en temps réel pour les interventions en cas d'accident maritime (y compris une pollution), les recherches et les secours. Pour définir des stratégies, il faut modéliser et prévoir l'état de l'océan et de la glace selon nombre de scénarios donnés. Au moment de les appliquer, on doit connaître en temps réel les conditions atmosphériques, les courants, ainsi que la

couverture, l'épaisseur et les mouvements de la glace. Une coordination internationale s'avère indispensable. En cas de phénomènes météorologiques extrêmes, il faut identifier des « havres sûrs » pour abriter les bateaux, et, encore, disposer des données sur l'état de la mer et de la glace.

>> Informations pour concevoir, construire et gérer des ports. L'Arctique manque d'infrastructures, telles que ports et centres d'assistance. Pour les concevoir et les construire, on doit connaître les courants, le régime des glaces, les marées, les effets des tempêtes et des vagues. Les conséquences de leur développement sur la chimie, la biologie et l'utilisation humaine des eaux environnantes devront aussi être surveillées.

>> Surveiller les effets de la navigation. La qualité de l'eau peut être affectée par des fuites et des déversements; des dépôts carbonés noirs peuvent apparaître sur la glace. La présence d'espèces invasives dans l'eau des ballasts ou sur les coques peut affecter la biodiversité; les mammifères marins subiront le bruit, des perturbations et des heurts avec les navires. Une circulation régulière de bateaux peut aussi retarder la formation de la glace en automne comme accélérer sa dislocation au printemps.

>> Surveiller les effets cumulés de la navigation et d'autres évolutions. Ceci demandera un effort international considérable, et la coordination de nombreuses sources de données. Ces effets peuvent prendre nombre de formes. Par exemple, la navigation maritime est une source principale de pollution acoustique dans l'océan, dont les effets se combinent avec d'autres. On a vu des animaux marins, tels que les bélugas, réagir de façon négative aux bruits d'origine humaine distants de 50 km et plus.

>> Coordination des navires de recherche. La flotte actuelle de navires de recherche dans l'Arctique pourrait être regroupée davantage en un système d'observation de l'océan, pour utiliser de façon optimale mesures et observations. De même, tous les bateaux traversant l'Arctique pourraient effectuer des mesures de base pour un coût minimal. Une fois coordonnées et calibrées, elles constitueraient un précieux atout pour l'observation de l'océan.

L'OMM et la COI, via leur Commission technique mixte d'océanographie et de météorologie maritime (JCOMM), soutiennent toujours le Système mondial de détresse et de sécurité en mer dans l'Arctique. Parmi les activités récentes, on peut citer la recherche de nouvelles méthodes pour diffuser aux marins des informations graphiques sur les glaces, et la coordination des données émanant des services des glaces nationaux.

© Chris Linder, Woods Hole Oceanographic Institution

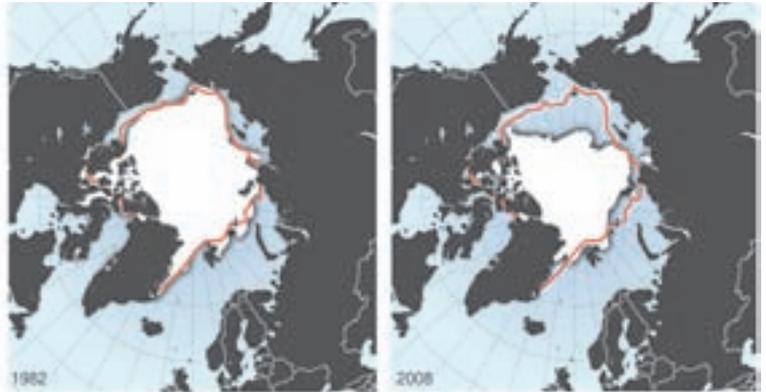
Climatologie du globe

L'Année polaire internationale (2007-2009) a été le catalyseur de la recherche relative au climat arctique. Néanmoins,

L'océan Arctique revêt une importance de portée planétaire en tant qu'indicateur clé et moteur du changement climatique. Tandis que l'Arctique est transformé par le climat, qui évolue, des mécanismes positifs de rétroaction à l'œuvre dans la dynamique atmosphérique et océanique de la région accentuent encore le changement climatique à des

échelles mondiales. L'élévation du niveau de la mer sera aussi partiellement imputable à la région, en particulier du fait de la fonte de la calotte glaciaire du Groenland. Étant donné les incidences mondiales de l'Arctique en mutation, chercheurs et décideurs internationaux sont parmi les principaux utilisateurs des données relatives à l'océan Arctique.

Il y a 30 ans, à la fin de l'été, la glace de mer arctique s'étendait sur 8 millions de kilomètres carrés. En 2007 et 2008, cette superficie était seulement de quelque 4 millions. L'épaisseur moyenne de la glace a aussi diminué : supérieure à 3 m dans les années 1970, elle est descendue aujourd'hui à environ 1,5 m. La superficie et l'épaisseur de la glace de mer ayant, l'une et l'autre, diminué de moitié, la masse et le volume de la glace de mer accusent une perte de 75 % à la fin de l'été. En conséquence, la glace pérenne s'est sensiblement réduite, pour laisser la place à une glace jeune, instable, et très vulnérable à la fonte. Dans ces conditions, toute reconstitution de l'étendue de glace de mer a vraisemblablement un caractère temporaire. Récemment, la dérive de la glace de mer a aussi sensiblement augmenté (Gascard, 2009).



Étendue minimale médiane de la couverture glaciaire (1979-2000)

© Hugo Ahlenius, UNEP/GRID-Arendal



Récupération d'un véhicule sous-marin autonome menacé d'écrasement par la glace mouvante.

Surveillance de l'océan

L'Arctique constitue une sérieuse lacune dans les observations océaniques. Il représente un milieu dont la surveillance continue est une tâche ambitieuse. La région n'est pas bien desservie par les satellites, et leur utilisation est souvent limitée à cause d'une forte couverture nuageuse. La glace mouvante et les icebergs qui se déplacent rendent difficile la mise à l'eau du matériel à la surface de la mer pendant de longues périodes, et restreignent l'accès des navires de recherche.

Néanmoins, on peut désormais tirer parti d'innovations techniques sans précédent. Les satellites fournissent des cartes de l'étendue et de l'épaisseur de la glace à diverses échelles spatiales. Un petit nombre de bouées, de profileurs ancrés à la glace et de stations côtières sont opérationnels dans l'Arctique, surveillant la pression au niveau de la mer, la température de l'air à la surface de la mer, le mouvement, l'épaisseur et

la température de la glace de mer, la profondeur de la neige, la température et la salinité de l'océan et la circulation océanique. Par ailleurs, un petit réseau de marégraphes mis en place dans l'océan Arctique fournit aussi des informations sur les niveaux de la mer. De nouveaux générateurs utilisant l'énergie éolienne et solaire peuvent, dans des régions éloignées, assurer le fonctionnement du matériel de surveillance, comme le radar haute fréquence.

La surveillance au-dessous d'une couverture glaciaire dense a toujours été un défi, mais elle est désormais possible grâce à des flotteurs profonds, à des planeurs autonomes et à la communication sous-marine à l'aide de moyens acoustiques et d'observatoires câblés. Tandis que la glace recule, un potentiel grandissant se dessine pour un système complet de surveillance continue de la surface de l'océan.

© Chris Linder, Institut océanographique de Woods Hole

de nombreuses incertitudes subsistent quant à la manière dont l'Arctique influe sur le climat mondial.

>> Services d'observation de l'océan

>> Surveillance continue de l'étendue de la glace de mer arctique. La glace de mer est utile à la planète en tant que régulateur essentiel du climat : elle renvoie, par réflexion, dans l'atmosphère 25 à 85% du rayonnement solaire qu'elle reçoit. L'eau libre en renvoie moins de 10%. Par conséquent plus l'Arctique sera libéré des glaces, plus l'océan absorbera de chaleur. Le réchauffement de l'eau qui s'ensuivra réduira encore l'étendue et l'épaisseur de la glace.

>> Surveillance continue de la vitesse et de la direction des courants océaniques, et de la température et de la salinité de l'eau de mer. L'océan Arctique joue un rôle important en tant que moteur de la circulation océanique mondiale, ce qui a une incidence sur la répartition de la chaleur à travers la planète et sur le climat mondial. Les eaux refroidissent à leur entrée dans l'Arctique, rejetant la chaleur dans l'atmosphère, et le sel est rejeté tandis que la glace de mer se forme. Les eaux nouvelles, froides et salées, ont une forte densité : elles s'enfoncent avant de se déplacer lentement pour sortir de l'Arctique à travers les grands fonds océaniques. Ce processus critique peut ralentir ou cesser en raison du réchauffement de l'Arctique, et à mesure que des quantités croissantes d'eau douce sont apportées à l'océan Arctique par la fonte de la glace de mer, ainsi que de la glace et de la neige recouvrant les masses terrestres environnantes.

© Ellen Fjellanger

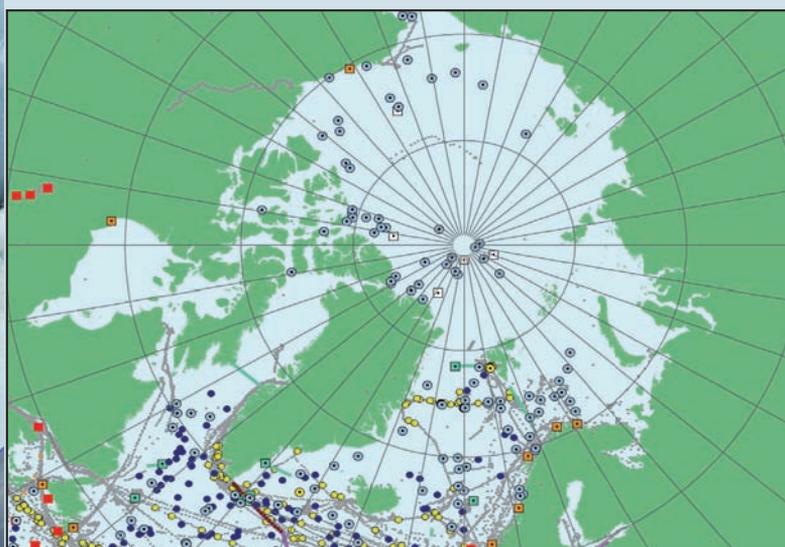


Glacier Aqiu, Groenland.

>> Surveillance continue des émissions de méthane que libère le permafrost sur le fond de l'océan Arctique. Des émissions de méthane à des taux plus élevés que l'on ne supposait antérieurement sont relevées. Selon une hypothèse, il s'agirait du commencement d'un processus de déstabilisation du permafrost au fond de l'océan, dû au réchauffement des eaux, et qui pourrait se traduire par une libération soudaine de grandes quantités de méthane piégé. Le méthane étant un gaz à effet de serre 23 fois plus puissant que le dioxyde de carbone, cela conduirait à un réchauffement catastrophique du globe. Tandis que le niveau de la mer monte, sur les côtes inondées le permafrost peut aussi fondre, entraînant des émissions supplémentaires de méthane.

>> Surveillance continue des niveaux arctiques de la mer dans l'Arctique. L'élévation du niveau de la mer n'est pas uniforme à l'échelle planétaire. Localement, le niveau de la mer change avec les variations de la température et de la salinité de la colonne d'eau, et la géographie locale. Le niveau de la mer subit aussi l'effet du vent et des courants océaniques, et, soit de la quantité d'eau supplémentaire qu'apportent les précipitations, la glace fondue ou l'écoulement des fleuves, soit de la quantité d'eau qui se perd du fait de l'évaporation ou de la conversion en glace. Ainsi, autour du Groenland, on constate une variation spatiale considérable du niveau de la mer, la fonte de la calotte glaciaire apportant de l'eau douce, froide, à l'océan. En dépit des progrès de la technologie satellitaire, les marégraphes installés in situ le long du littoral arctique restent indispensables à la surveillance du niveau de la mer.

>> Surveillance continue de l'effet de la température de la mer sur la dynamique des glaciers. Les glaciers du Groenland reculent, accélèrent, s'amincissent et se disloquent à cause du changement climatique. On ne fait que commencer à comprendre le rôle crucial que joue l'océan dans ce processus. La langue glaciaire qui s'étend au-dessus de la mer au front d'un glacier peut être affaiblie en-dessous par des eaux océaniques plus chaudes, et, de ce fait, s'effondrer. De grands icebergs se forment ainsi, ce qui permet au glacier tout entier d'accélérer.



- Dérivateurs de surface
- Bouées mouillées
- Flotteurs sous-marins
- Sondes POPS
- Marégraphes
- Mammifères marins
- Sites océaniques
- Sites de transport
- CTP
- Bathythermographes largables
- Thermosalinographes
- Profils aérologiques
- Navires d'observation bénévoles



Le réseau de systèmes d'observation en place dans l'Arctique.

Les peuples autochtones

Les peuples autochtones devraient participer activement à différents stades de la recherche et de la surveillance et des produits découlant de l'observation de l'océan.

La région de l'Arctique est habitée par quelque 4 millions de personnes, dont environ un tiers d'autochtones. De nombreuses populations autochtones de l'Arctique vivent sur le littoral, et sont tributaires de l'océan pour se nourrir et voyager. C'est pourquoi elles subissent directement les effets de l'évolution du système océanique. Ce ne sont pas pour autant des observateurs passifs ; ce sont des populations résilientes, qui savent s'adapter et réagissent activement aux changements en cours dans l'Arctique.

Les peuples autochtones possèdent leurs propres systèmes de connaissances sur l'océan Arctique, plus anciens que la plupart des archives scientifiques. Ils sont par conséquent des partenaires incontournables pour comprendre le milieu océanique et gérer les transformations qui s'y produisent. Assimiler efficacement le savoir autochtone exige beaucoup de temps et une interaction interpersonnelle considérable, et il faut reconnaître que la science a, elle aussi, ses propres incertitudes et des postulats d'ordre culturel. Les efforts déployés pour s'engager dans cette voie ont débouché sur une recherche exaltante menée dans l'Arctique, souvent avec des résultats et des processus d'appren-

tissage très différents de ceux normalement imaginés par les scientifiques. Ainsi, dans le cadre du projet « Siku-Inuit-Hila » (Glace-Peuple-Temps) des chercheurs et des Inuits se déplacent ensemble à travers l'Arctique, mettant en commun leur expérience personnelle et leur connaissance de la glace de mer (voir Holm, 2009).

Beaucoup de groupes autochtones préconisent davantage de recherches en sciences exactes, naturelles et sociales dans l'Arctique. Toutefois, ils veulent assumer un rôle de premier plan dans l'établissement du programme de recherche, dans la définition des méthodologies et des stratégies de communication, afin que la recherche serve leur désir de continuité culturelle et d'autodétermination. Ils constatent que la priorité qu'on accorde actuellement à la recherche en matière de changement climatique amène à négliger d'autres questions plus urgentes sur le plan local, comme le développement économique, la santé et les problèmes sociaux. Ils ont également subi les effets néfastes de la diffusion, sans le moindre tact, de résultats scientifiques, par exemple la désorientation sociale et la peur engendrées par l'annonce de la présence de contaminants dans la faune marine.

Une équipe d'Inuits et de chercheurs mettant en commun la connaissance de la glace de mer au cours d'une expédition menée dans le cadre du projet Siku-Inuit-Hila.

Adaptation au changement climatique mondial

L'adaptation au changement climatique mondial se fera aux niveaux locaux. Les peuples autochtones de l'Arctique sont les maîtres en matière d'adaptation et de résilience, il y a beaucoup à apprendre d'eux.

De nombreux Inuits ont commencé à modifier leurs pratiques de chasse et leurs modes de déplacement en fonction du changement climatique, faisant appel à leur connaissance du milieu pour se concentrer sur des espèces différentes et ajuster le parcours, les terrains, le calendrier et les méthodes de chasse. Leur capacité d'adaptation est renforcée par les philosophies qui leur sont propres et dans lesquelles on assume le changement et l'incertitude plutôt que d'y résister.

En Norvège, l'économie de pêche traditionnelle sâme possède la souplesse nécessaire pour s'adapter au changement car les Sâmes tirent parti d'une grande variété d'espèces de poissons. En revanche, l'économie de pêche norvégienne risque de ne pas être aussi résiliente, car elle table sur un moins grand nombre d'espèces, et en particulier sur la morue de l'Atlantique (*Gadus morhua*).

La surveillance continue de l'océan peut fournir des informations physiques et biologiques de nature à favoriser l'adaptation autochtone au changement climatique. Elle peut aussi jouer un rôle clé en tirant des leçons des stratégies d'adaptation autochtones.

>> Services d'observation de l'océan

>> Bulletins météorologiques et signalisation des glaces. Les voyages dans l'océan Arctique sont, à l'heure actuelle, plus hasardeux du fait de l'imprévisibilité croissante des glaces, de l'eau et des conditions météorologiques. Les observations des changements environnementaux faites par les autochtones peuvent apporter des informations capitales aux systèmes d'observation de l'océan et les systèmes d'observation fournissent à leur tour des données pour les prévisions et bulletins météorologiques diffusés à la télévision et à la radio. Ils peuvent également contribuer à l'établissement de cartes satellites de la couverture glaciaire locale et de son épaisseur, des étendues d'eau libre et de l'emplacement de la lisière des floes. Beaucoup de chasseurs et de pêcheurs utilisent d'ores et déjà ces sources d'information et les intègrent à leur propre connaissance de la situation locale.

>> Surveillance de l'écosystème. La chasse aux mammifères marins et la pêche de subsistance gardent toute leur importance pour les cultures et la sécurité alimentaire autochtones à travers l'Arctique. Les peuples autochtones constatent des substitutions d'espèces liées au changement climatique et au développement industriel. Ils demandent qu'une surveillance adéquate de l'écosystème océanique soit assurée, que des évaluations de base soient menées et veulent y contribuer en partageant leur vaste savoir. Des renseignements et mises à jour sur les tendances en matière de biodiversité, et les résultats de la surveillance des effets de l'industrie et de la navigation peuvent être fournis aux organisations et aux communautés autochtones.

>> Prévision et surveillance continue de la fréquence, du degré de gravité et des effets des tempêtes. L'érosion et l'inondation de villages autochtones se produisent d'ores et déjà sur certains littoraux de l'Arctique. La glace côtière protectrice est désormais absente pendant les saisons clés de tempêtes, et le permafrost dégèle, fragilisant la côte. Les vagues et les ondes de tempête risquent de gagner en magnitude en raison de l'existence de plus grandes étendues d'eau libre, corollaire de la réduction des glaces de mer. Les systèmes de



Une cabine glisse le long de la côte érodée de Svalbard, qui figure sur la liste provisoire norvégienne des candidats potentiels à l'inscription au Patrimoine mondial.

Le patrimoine archéologique de l'Arctique, y compris les sites susceptibles d'être inscrits sur la Liste du patrimoine mondial, est de plus en plus menacé par le changement climatique. Huttes d'explorateurs, monuments, épaves de navires, sites funéraires et camps inuits anciens se trouvent principalement sur les côtes et subissent les effets des changements de l'océan Arctique, comme l'érosion accrue. Ils sont désormais aussi victimes de la pourriture et de la rouille sous l'effet de l'augmentation des températures et de l'humidité, lesquelles sont également liées aux processus océaniques (Barr, 2009).

surveillance continue peuvent fournir des alertes rapides aux ondes de tempête, et des prévisions sur la fréquence et les effets de futures occurrences. Ces prévisions orientent la construction de systèmes adéquats de défense côtière, et servent à calculer les coûts de cette dernière par rapport à ceux de la réinstallation d'un village.

>> Programmes communautaires de surveillance continue. Des groupes locaux de population peuvent effectuer leurs propres mesures des conditions atmosphériques, de la neige, de la glace et de l'eau en utilisant des techniques et un matériel scientifiques. Des réseaux communautaires coordonnés ayant recours à des techniques normalisées peuvent fournir des relevés utiles et impliquer la communauté dans la recherche océanique.

Poisson séchant dans le Varangerfjord (Norvège).



Inuits sur les glaces de mer, Kangirsuk, Québec (Canada).

Industrie, énergie et développement économique

Les capacités de collecte des données et de surveillance nécessaires à la planification et à l'extraction sans risque de l'exploitation de ces richesses soit envisagée.

Selon une étude de l'Institut géologique américain (USGS), les réserves pétrolières inexplorées de l'Arctique s'élèveraient à 90 millions de barils, ce qui représente une valeur d'environ 1 000 milliards de dollars des États-Unis, soit à peu près l'équivalent des réserves pétrolières actuelles totales de la Russie. L'Arctique recèlerait également 1 600 milliards de mètres cubes de gaz naturel. Près de 84 % de ces réserves se trouveraient au large des côtes. Les bénéfices potentiels de l'exploitation de ces ressources sont donc énormes et les progrès technologiques, l'annonce de la réduction de la couverture glaciaire et donc d'un accès plus aisé aux gisements devrait rendre cette entreprise plus facile.

Cependant, l'Arctique demeure une région hostile pour les activités industrielles. La pression exercée par la glace de mer dérivante fait notamment obstacle aux installations permanentes dans l'océan. Une marée noire importante

dans ces eaux écologiquement fragiles pourrait être une catastrophe écologique, d'autant que la lutte contre une telle marée serait gênée par la glace, les orages, l'inaccessibilité saisonnière et l'éloignement des infrastructures de soutien aux opérations de nettoyage. Contrairement aux marées noires qui se sont produites dans les eaux chaudes, biologiquement actives du golfe de Mexique, le pétrole déversé dans l'Arctique mettrait des années à se dégrader et aggraverait la détérioration des écosystèmes de l'Arctique.

Pour les autochtones, l'exploitation industrielle du gaz et du pétrole est un sujet de polémique. Certains estiment que ces activités sont un risque inacceptable pour leur environnement et leurs cultures, d'autres considèrent qu'il s'agit d'une occasion unique de développer l'économie. Cela étant, la plupart des communautés autochtones exigent la plus grande prudence sur cette question.

Navire faisant route dans les glaces de l'Arctique. Les températures glaciales, les tempêtes violentes et la glace dérivante sont des obstacles importants pour les activités industrielles dans l'océan Arctique.

Enseignements tirés de Deepwater Horizon

Le 20 avril 2010, la plate-forme pétrolière Deepwater Horizon coule dans le golfe du Mexique après avoir explosé deux jours auparavant. Le pétrole continue de se déverser du puits, causant la plus grande marée noire de l'histoire. Les efforts entrepris pour nettoyer le pétrole répandu montrent l'importance et l'utilité d'un système fonctionnel d'observation des océans. Par exemple, des progrès récents ont permis de mettre des données satellitaires en temps réel à la disposition des équipes de secours, qui peuvent ainsi suivre plus efficacement l'évolution des nappes de pétrole.

Cependant, la marée noire a aussi montré que les systèmes en place étaient inadaptés. Certes, le radar côtier à haute fréquence a fourni des données en temps réel sur les courants de surface et les déplacements de la nappe de pétrole, mais il ne fonctionnait pas lorsque la marée noire a commencé et, une fois en service, sa zone de couverture présentait d'importantes lacunes.

Les systèmes de bouées de mesure, qui auraient fourni d'autres données en temps réel sur les courants de surface, s'étaient détériorés par manque de ressources. Il n'existait pas de système d'observation des déplacements des courants profonds, si bien qu'il n'a pas été possible de suivre ou de prévoir le mouvement de la nappe de pétrole sous la surface de l'eau.

En conséquence, le pétrole s'est échoué de manière imprévisible sur de nombreuses parties d'une côte écologiquement fragile, et l'ampleur de la nappe sous-marine ainsi que l'impact du pétrole restent un mystère. Si des forages doivent avoir lieu dans l'océan Arctique, il faudra impérativement mettre en place un système d'observation performant et fiable.

... que du gaz et du pétrole dans l'Arctique n'existent pas. Elles doivent être mises en place avant que

>> Services d'observation de l'océan

>> Évaluation de l'incidence de l'extraction du gaz et du pétrole. Pour qu'une évaluation soit efficace, il faut collecter des données de référence détaillées sur les systèmes humains et naturels liés à l'océan Arctique. Si l'on en entreprend vraiment l'extraction du gaz et du pétrole, il conviendra de mettre en place les infrastructures et les financements nécessaires à la mise en service et à l'exploitation d'un système de surveillance complet de tous les effets potentiels de ces activités sur chaque site.

>> Contrôle des effets cumulatifs. Le processus d'étude, de planification et de surveillance du développement industriel doit également tenir compte des effets produits par la mise en place d'un réseau de plates-formes pétrolières, de voie d'acheminement, de ports et d'autres installations dans l'ensemble du système de l'océan Arctique ainsi que d'autres formes de pression sur l'environnement. Par ailleurs, la coordination de toutes les données de surveillance est indispensable.

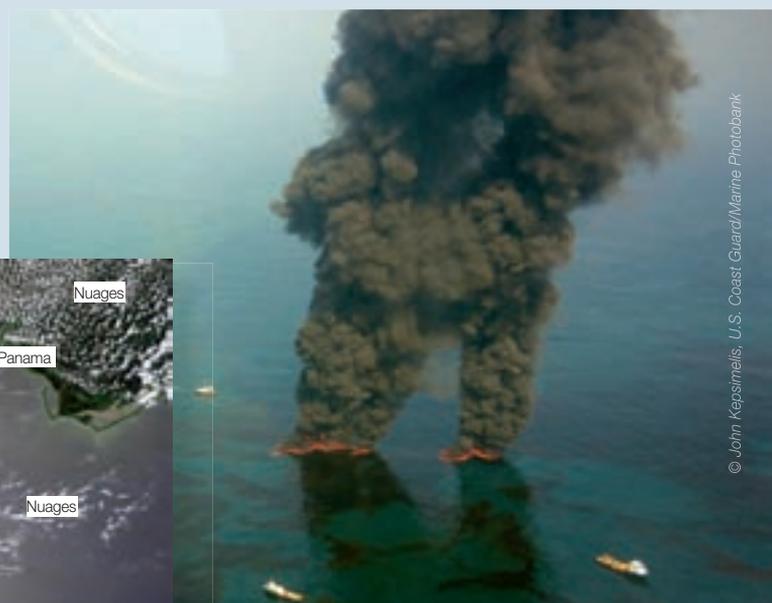
>> Projections, prévisions et informations en temps réel sur l'état de la mer, la glace et la météorologie. Pour concevoir une plateforme pétrolière qui puisse résister aux conditions hostiles de l'océan Arctique, il est nécessaire d'élaborer des projections à long terme concernant les mouvements et l'épaisseur de la glace, les périodes de congélation et de dislocation, l'action des vagues, les marées, les courants et les déplacements des grands icebergs. Des prévisions et des données en temps réel s'appliquant aux mêmes variables sont nécessaires pour construire et exploiter une plate-forme pétrolière.

>> Des scénarios et des données en temps réel pour lutter contre une marée noire. Une marée noire dans l'océan Arctique serait une catastrophe pour l'environnement et lutter contre ses effets poserait de nombreux problèmes dans cette région hostile et éloignée. L'océan Arctique se transforme d'une manière spectaculaire pendant

l'année et présente différents aspects : étendue d'eau libre, solide couche de glace, floes et banquises flottantes. Ces transformations, combinées à des conditions météorologiques extrêmes, des courants dérivants et des températures inférieures à zéro, représentent une multitude de scénarios à risque à prendre en compte en cas d'opération de nettoyage. Il faut également disposer de données sur les conditions ambiantes possibles avant de poursuivre le développement industriel afin de préparer des stratégies et des techniques de nettoyage, étudier d'une manière plus approfondie le comportement et les effets du pétrole dans l'eau froide et sur la glace, et peut-être développer de nouvelles technologies de lutte contre les marées noires. Par ailleurs, les données en temps réel sur les courants, les marées, l'état de la glace et les conditions météorologiques locales sont des informations indispensables pendant une opération de nettoyage. Elles permettent en effet de sélectionner la stratégie appropriée, de suivre et de prévoir les déplacements des nappes de pétrole. Enfin, les images satellitaires d'une marée noire sont inestimables. À l'heure actuelle, aucun de ces moyens n'existe dans une grande partie de l'océan Arctique.

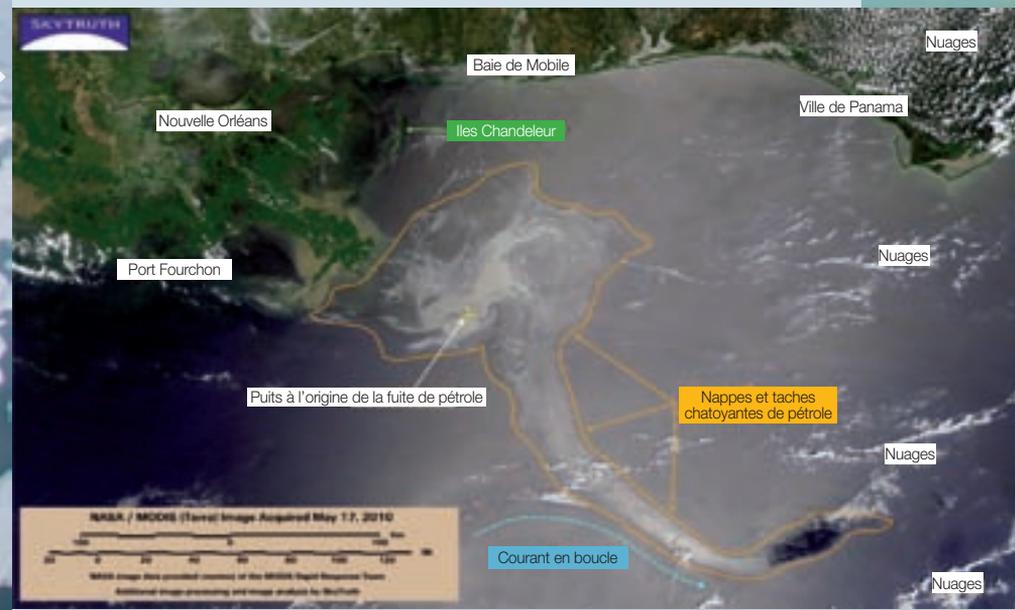
Nous demandons au gouvernement et aux industriels d'effectuer les recherches scientifiques qui s'imposent avant de lancer des projets dans l'océan Arctique. ... Les peuples autochtones de l'Arctique ont le plus à perdre des erreurs qui sont commises dans les eaux arctiques.

Edward Itta, maire inuit de North Slope Borough et capitaine d'un bateau de pêche à la baleine, Alaska (Itta, 2009).



Ci-dessus : Incendie contrôlé de pétrole à la surface de l'eau dans le golfe du Mexique.

À gauche : NASA/MODIS (Terra) image satellitaire du golfe du Mexique prise le 17 mai 2010 et montrant la nappe de pétrole entraînée dans le courant Loop Current (courant en boucle) à une distance d'environ 357 km du puits à l'origine de la marée noire. (Production et analyse de l'image par SkyTruth - www.skytruth.org.)



Conclusions et prochaines étapes



Village de Sermiligaaq, Groenland © Sophie Elixhauser

La prochaine étape consiste à mettre au point un système permanent d'observation de l'Arctique, qui sera une composante régionale du Système mondial d'observation de l'océan (GOOS).

Besoins en matière de données et de surveillance

- Il y a pénurie de données physiques et biologiques de référence concernant l'océan Arctique. Alors que la pression exercée sur l'environnement par le changement climatique, le développement industriel et la navigation va croissant, il est urgent de disposer de davantage d'informations. Un système complet de surveillance s'avère indispensable pour suivre les évolutions et prévoir les changements futurs.
- Une recherche et une surveillance plus poussées sont nécessaires afin de déterminer le rôle de l'océan Arctique dans les processus climatiques à l'échelle mondiale.
- Des relevés en temps réel et des prévisions à court et à plus long terme, portant sur les conditions météorologiques et l'état de la mer et de la glace, sont nécessaires à l'industrie et à la navigation dans la zone arctique, et pourraient également servir aux habitants de la région.
- Pour pouvoir rendre compte des dégâts et des perturbations provoqués par la glace, des techniques et des appareils de surveillance spécifiquement adaptés aux eaux arctiques devront être conçus.
- L'Année polaire internationale (2007-2008) a été un puissant catalyseur pour la recherche arctique, et ce dans toutes les disciplines. Cet élan doit être maintenu et mis à profit pour définir les éléments clés d'un système permanent d'observation de l'océan.
- L'observation de l'océan devrait être de plus en plus interdisciplinaire, ce qui implique de nouer des liens plus étroits à la fois avec les sciences biologiques et sociales et avec le savoir autochtone. Cela devrait être facilité grâce à la position qu'occupent le GOOS et la COI au sein de l'UNESCO, organisation à la vaste mission interdisciplinaire.

Réseaux et coopérations indispensables

- La coopération et la coordination avec le Conseil de l'Arctique et ses groupes de travail doit être recherchée.
- Un système d'observation de l'océan Arctique doit s'intégrer dans le cadre interdisciplinaire du SAON (Sustaining Arctic Observing Networks).
- Les peuples autochtones de l'Arctique doivent être des partenaires à part entière du système d'observation de l'océan. Par conséquent il est nécessaire d'instaurer un dialogue afin de connaître leurs besoins et leurs attentes à l'égard de ce système, ainsi que la manière dont ils souhaitent y contribuer. Des partenariats doivent être formés avec les organisations autochtones de l'Arctique.
- Les secteurs de la navigation et de l'industrie sont des partenaires indispensables à l'observation de l'océan.
- Compte tenu des progrès technologiques, les données satellitaires joueront un rôle de plus en plus important dans la surveillance de l'Arctique. La coopération avec les agences spatiales nationales et internationales s'avère donc nécessaire, notamment avec le Comité sur les satellites d'observation de la Terre (CEOS).
- Les processus à l'œuvre dans l'océan Arctique dépassent les frontières internationales et ont des implications mondiales. La coopération entre États arctiques et non arctiques est capitale. L'accès à la recherche internationale ainsi que la coordination et la normalisation de la recherche et des techniques de surveillance sont essentiels.

Graphiques et cartes

Couverture intérieure : Hugo Ahlenius, PNUJ/GRID-Arendal. *Topographie et bathymétrie de l'Arctique* (carte topographique). UNEP/GRID-Arendal Maps and Graphics Library, <http://maps.grida.no/go/graphic/arctic-topography-and-bathymetry-topographic-map>. (site consulté le 27 juillet 2010).

Page 2 : Halpern, B. et al. 2008. *A Global Map of Human Impact on Marine Ecosystems* (Carte mondiale de l'impact humain sur les écosystèmes marins). *Science*, n° 319 (5865), p. 948-952. Adapté par Ben Halpern.

Page 4 : Hugo Ahlenius, PNUJ/GRID-Arendal, *La route maritime du Nord et le passage du Nord-Ouest comparés aux routes maritimes/de navigation actuellement empruntées*. UNEP/GRID-Arendal Maps and Graphics Library, <http://maps.grida.no/go/graphic/northern-sea-route-and-the-northwest-passage-compared-with-currently-used-shipping-routes>. (site consulté le 27 juillet 2010).

Page 6 : Hugo Ahlenius, PNUJ/GRID-Arendal. *Étendue minimale de la couverture glaciaire de l'Arctique en septembre 1982 et 2008*. UNEP/GRID-Arendal, Maps and Graphics Library, <http://maps.grida.no/go/graphic/arctic-sea-ice-minimum-extent-in-september-1982-and-2008>. (site consulté le 27 juillet 2010).

Page 6 : GOOS/GICOMOPS. *Carte du système d'observation de l'océan dans l'Arctique*.

Bibliographie

ACIA. 2005. *Arctic Climate Impact Assessment*. Cambridge, Cambridge University Press.

Arctic Council. 2009. *Arctic Marine Shipping Assessment 2009 report*. Deuxième édition.

AHDR. 2004. *Arctic Human Development Report*. Akureyri, Stefansson Arctic Institute.

Barr, 2009; Gascard, 2009; Holm, 2009; and Itta, 2009; from UNESCO. 2009. *Développement durable de la région arctique face au changement climatique : Défis scientifiques, sociaux, culturels et éducatifs*. UNESCO: Paris.

Committee on Designing an Arctic Observing Network, National Research Council. 2006. *Toward an Integrated Arctic Observing Network*. The National Academies Press, Washington DC.

Dickson, R. and Fahrbach, E. *Observing our Northern Seas During the IPY: What was achieved, what have we learned, where do we go from here?* A report of the Arctic Ocean sciences Board and of the IPY Joint Committee.

Groupe de travail international de cartographie des glaces. 2007. *Ice Information Services: Socio-Economic Benefits and Earth Observation Requirements*.

JCOMM. 2010. Meeting Report No. 74 - Fourth Session of the Expert Team on Sea Ice (ETSI-IV), Twelfth Session of the Steering Group for the Global Digital Sea Ice data Bank (GDSIDB), St. Petersburg, Russia, 1-5 March 2010.

Summerhayes, C.P., Dickson, B., Meredith, M., Dexter, P., and Alverson, K. 2007. *Observing the Polar Oceans During the International Polar Year and Beyond*. WMO Bull., 56 (4), 270-283.

Sustaining Arctic Observing Networks (SAON) Initiating Group. 2008. *Observing the Arctic*. Report of the SAON Initiating Group. www.arcticobserving.org. December 2008.

WMO/ICSU. 2009. *The State of Polar Research*. A Statement from the International Council for Science/ World Meteorological Organization Joint Committee for the International Polar Year 2007-2008.

Le GOOS assure :

- la coordination nationale et intergouvernementale des observations continues des océans ;
- une plate-forme pour l'élaboration de produits et services océanographiques ;
- un forum d'interaction entre la communauté de la recherche, la communauté des usagers et la communauté opérationnelle.

Le GOOS est conçu pour :

- surveiller et mieux comprendre le climat ;
- améliorer les prévisions météorologiques et climatiques ;
- fournir des prévisions océaniques ;
- améliorer la gestion des écosystèmes marins et côtiers et de leurs ressources ;
- atténuer les dégâts infligés par les aléas naturels et la pollution ;
- protéger la vie et les biens dans les zones côtières et en mer ;
- permettre la recherche scientifique.



**Un système mondial permanent d'observation,
de modélisation et d'analyse des variables océaniques**



1960-2010

Commission océanographique intergouvernementale (COI)

Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture

1, rue Miollis

75732 Paris Cedex 15, France

Tél: +33 1 45 68 10 10

Fax: +33 1 45 68 58 12

Site web: <http://ioc-unesco.org>

