

LES VAGUES

Les vagues, entre air et mer

Pour mieux comprendre et prévoir les vagues, les scientifiques allient les mesures des satellites, des bouées... et des sismographes.



© Ifremer / O. Dugornay

Les vagues constituent un élément essentiel de l'interface air-mer.

L'intérêt porté par l'Ifremer aux vagues n'est pas récent. Le Cnexo¹ définissait déjà des statistiques en matière de taille maximale de vagues, notamment pour l'industrie pétrolière, afin de déterminer la juste dimension d'un équipement tel qu'une plateforme en mer. À partir de 1991, l'Agence spatiale européenne lance les satellites ERS 1 et 2. Le Laboratoire Océanographie Spatiale (LOS) du Centre Ifremer Bretagne assure alors la diffusion, le traitement et l'archivage de mesures des vagues, mais aussi du vent. « Aujourd'hui nous travaillons aussi sur les méthodes de prévision des vagues pour mieux comprendre le «système terre», cette «machine» constituée,

entre autres, par l'Atmosphère, l'Océan et leurs interactions. Cette compréhension est importante pour la prévision marine, mais aussi pour le temps qu'il fait à terre. Nous travaillons ainsi pour Météo-France et les services météorologiques américains et britanniques. La prévision du climat à long terme,

dans une optique de changement global, est un autre enjeu de ces recherches » explique Fabrice Ardhuin, chercheur au LOS (voir entretien). Sous l'effet des vents, les océans répondent par des mouvements plus ou moins rapides, en fonction de l'état de la surface, c'est-à-dire des vagues. Le cas de la tempête Xynthia est particulièrement intéressant. Malgré une vitesse du vent forte mais pas exceptionnelle, la forme des vagues (très courtes) a amplifié l'effet du vent. Le résultat a été une surcote exceptionnelle en Vendée et en Charente-Maritime.

MODÉLISATION

Mieux connaître la forme des vagues permet aussi d'améliorer l'interprétation des signaux radars satellitaires et côtiers, pour la mesure du vent, des courants, de la salinité de surface ou du niveau de la mer. « Les vagues sont irrégulières et forment des groupes de grosses vagues suivies par des petites vagues. Ces groupes exercent une pression à la surface de la mer. Au-delà de la période² et de l'aspect sériel des

cycles de vagues, précise le chercheur, il existe des oscillations du niveau d'eau qui peuvent être importantes. La hauteur de ces ondes longues peut dépasser le mètre sur l'estran. Ces ondes sont importantes pour le franchissement de digues et la submersion. Nous travaillons maintenant à prévoir leur amplitude au large, qui n'y est que de quelques centimètres ». Il s'agit de prendre en compte leur effet pour le futur satellite SWOT qui mesurera le niveau de la mer et qui sera encore plus précis. C'est un projet franco-américain qui bénéficie du grand emprunt et dont, le lancement est prévu en 2020.

« On mesure avant tout des échos radar qu'il faut interpréter en terme de forme et mouvement de la surface de la mer. Il convient ensuite de représenter dans un logiciel l'évolution de l'énergie des vagues pour reproduire les observations : combien d'énergie est apportée par le vent, combien est perdue par le déferlement ou par le frottement entre l'air et l'eau. Ce modèle informatique est régulièrement amélioré grâce à la puissance de calcul fournie par le pôle

de calcul intensif pour la mer à Brest ». L'analyse des mesures radar réalisées entre 2003 et 2008 par le satellite Envisat a notamment permis de mesurer la perte d'énergie de la houle indépendamment du déferlement. Cette perte d'énergie, avec d'autres phénomènes, fait partie des nouveautés dans les méthodes de prévision des vagues qui sont régulièrement testées et validées dans le cadre du système Prévimer³. L'Ifremer contribue ainsi directement aux logiciels de prévision développés en partenariat avec Météo-France et le service météorologique des Etats-Unis. L'amélioration des prévisions a été très nette, avec, par exemple, une réduction des erreurs de 30 % pour les hauteurs de vagues autour de Tahiti.

Pour estimer les variations des hauteurs des vagues avant les années 1990 ou dans les régions dépourvues de bouées de mesure, les scientifiques peuvent compter sur le «bruit de fond sismique» enregistré partout à la surface de la terre. L'analyse de la tempête Quirin survenue en février 2011 (voir entretien) fut l'occasion de réaliser la première étude complète du bruit sismique associé à une telle tempête, en utilisant les mesures des sismographes depuis les Açores jusqu'à la Norvège. Les chercheurs du LOS ont pu montrer que le bruit était aussi exceptionnel que les vagues de la tempête.

Les vagues constituent un élément essentiel de l'interface air-mer. Leur étude intégrée, en combinant océanographie et météorologie, avec des techniques d'observation qui vont de la sismologie à la télédétection spatiale, permet d'améliorer les méthodes de prévision. Cette approche ouvre de nouvelles applications pour la sécurité de la navigation, l'exploitation des énergies marines ou l'étude des effets des vagues dans le «système terre».

1) Centre national pour l'exploitation des océans, qui a fusionné en 1984 avec l'Institut scientifique et technique des pêches maritimes pour devenir l'Ifremer.

2) En physique, un phénomène périodique est un processus qui se répète identique à lui-même après un intervalle de temps appelé période.

3) <http://www.previmer.org/>

ENTRETIEN

« Vers des prévisions plus fines »



© Ifremer

Fabrice Arduin,

Chercheur au Laboratoire Océanographie Spatiale du Centre Ifremer Bretagne (à Plouzané), il s'intéresse aux méthodes de prévision des vagues. Polytechnicien, il a réalisé une thèse à l'école navale américaine avant d'intégrer le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine pour travailler sur des applications militaires. Il est détaché à l'Ifremer depuis trois ans, grâce à une bourse du Conseil Européen de la Recherche, et un co-financement de la marine américaine.

► **Quel est le record en matière de hauteur de vagues mesurée ?**

Il faut bien distinguer la hauteur d'une vague et la hauteur moyenne des vagues. Les valeurs généralement utilisées en météo marine sont des moyennes, et c'est pour la valeur moyenne que nous venons d'établir le nouveau record du monde : 20,1 m, le 14 février 2011, au sud-ouest de l'Islande. Cette valeur a été enregistrée par l'altimètre radar du satellite Jason 2, opéré par le Cnes¹, Eumetsat², la Nasa³ et la NOAA⁴. Ce type de mesures existe depuis 1993. Il s'agit d'une hauteur moyenne, déterminée à partir de la forme des échos radar. La hauteur de la vague la plus grande dans ces conditions dépasse vraisemblablement 36 m.

► **Peut-on faire confiance à cette mesure ?**

Nous avons d'abord vérifié qu'elle était cohérente avec les autres informations disponibles. Pour faire un fort état de mer, il faut des vents forts qui soufflent longtemps sur une grande étendue. De ce point de vue, les conditions étaient favorables avec une tempête qui s'est déplacée à la même vitesse que les vagues. Par ailleurs, les vagues très hautes doivent aussi avoir de très grandes périodes (le temps entre le passage de deux crêtes). Cette période change peu lors de la propagation de la houle. Justement, les houles qui ont atteint toutes les côtes européennes entre le 15 et le 16 février avaient effectivement des périodes records, jusqu'à 25 secondes. Il y avait donc des hauteurs de vagues exceptionnelles au cœur de la tempête.

► **La mesurer à cet endroit était-il prévisible ?**

Oui. Déjà, d'un point de vue statistique, l'Atlantique Nord est l'endroit du globe où l'on trouve les plus hautes vagues. Le précédent record était dans le même secteur. En février 2011, l'Atlantique a été très agité et les prévisions étaient fiables. Après ça, on a eu la chance que le satellite passe juste au dessus de la région la plus agitée. Le mois

de février 2013 a aussi commencé très fort. Le record de hauteur moyenne mesuré par une bouée, a probablement été battu ce 4 février au nord de l'Écosse avec 19 m.

► **Que peut-on déduire de cette succession de mesures hautes ?**

Entre les hivers 2011 et 2013, l'année 2012 a été assez calme : l'intensité des tempêtes varie beaucoup d'une année sur l'autre. Toutefois, des études récentes suggèrent que les fortes hauteurs de vagues dans l'Atlantique Nord augmentent d'environ 0.5% par an sur les 20 dernières années. Cette augmentation semble associée à un décalage vers les pôles des trajectoires des tempêtes, causé par le réchauffement du climat. Mais, contrairement à la température de la mer, les séries de mesures des vagues sont un peu trop courtes pour savoir si cette tendance va durer.

► **Si les méthodes s'affinent, les prévisions sont-elles meilleures ?**

Oui, les prévisions sont plus précises. En 2013, on connaît mieux la hauteur des vagues 5 jours à l'avance qu'en 1990 un seul jour à l'avance. Le défi est désormais dans le détail : la répartition de l'énergie en fonction des directions et périodes, les effets des courants... cela permet d'optimiser les opérations délicates ou la production d'énergie. Pour cela on peut compter sur les futures missions spatiales Sentinel 1A et 1B de l'Agence Spatiale Européenne et le radar SWIM, un nouveau type de radar, qui sera embarqué sur le satellite Sino-Français CFOSAT. Des essais, sur avion, sont en cours en Méditerranée et en mer d'Irlande.

1) Centre National d'Etudes Spatiales

2) Organisation européenne pour l'exploitation de satellites météorologiques

3) National Aeronautics and Space Administration

4) National Oceanic and Atmospheric Administration

ÉDITIONS QUAE

► **Sur les traces des coraux d'eau froide du golfe de Gascogne**

Huit cartes géomorphologiques au 1/100 000

de Jean-François Bourillet, Laurent de Chambure et Benoit Loubrieu



Les coraux d'eau froide, contrairement aux coraux tropicaux, n'ont pas besoin de lumière et peuvent se développer en profondeur. Les espèces constructrices comme *Lophelia pertusa* et *Madrepora oculata* ont une distribution mondiale et sont présentes de la Norvège à la Grèce sous forme de monts carbonatés ou de récifs.

Menacés par l'évolution des conditions environnementales et les actions anthropiques, les coraux d'eau froide sont actuellement classés comme écosystème vulnérable par plusieurs institutions internationales. Dans les eaux européennes, les indicateurs pour mesurer l'impact des pêcheries et l'efficacité des mesures de protection manquent encore.

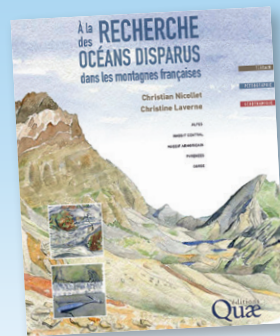
Le projet européen CoralFISH vise à étudier l'interaction entre les coraux, les poissons et les pêcheries par une approche écosystémique. Un des objectifs de cette étude est de caractériser leurs habitats à partir des formes géologiques des fonds marins.

Prix : 50 euros.

► **À la recherche des océans disparus dans les montagnes françaises**

Alpes, Massif central, Massif armoricain, Pyrénées, Corse
de Christian Nicollet et Christine Laverne

Comment expliquer la présence dans les montagnes françaises de roches de la croûte océanique ? Comment décrypter la longue his-



toire de celles-ci, depuis leur naissance au sein des océans, leur enfouissement à grande profondeur, puis leur remontée ?

Portées à des profondeurs et des températures différentes de celles où elles sont nées, ces roches réagissent à ces perturbations : des minéraux disparaissent, d'autres cristallisent.

L'objectif de cet ouvrage est également de servir de guide géologique pour qui souhaite découvrir ou redécouvrir ces roches sur le terrain. En parcourant les montagnes françaises, jeunes et anciennes (Alpes, Massif central, Massif armoricain, Pyrénées, Corse), il propose et décrit les meilleurs sites pour observer la croûte océanique et en comprendre la longue histoire.

Le mode d'illustration à l'aquarelle

renoue avec la tradition du dessin naturaliste, sa précision et sa poésie.

Cet ouvrage s'adresse à tous les élèves et étudiants de sciences de la Terre et de préparation aux concours de l'Enseignement, à leurs enseignants, mais aussi à un public non géologue, passionné et averti.

Prix : 23 euros.

► **Parution de la version anglaise numérique de l'ouvrage « Poissons de l'océan Indien et de la mer Rouge »**

de Marc Taquet & Alain Diringer
Prix : 49 euros.



Pour en savoir + : <http://quae.com>
Contact : editions@ifremer.fr