

Vague scélérate Un condensé d'énergie imprévisible

Ni tsunami, ni mascaret, les vagues scélérates constituent des phénomènes dangereux pour les marins naviguant au mauvais endroit, au mauvais moment. Des pistes d'explications existent, mais l'anticipation demeure impossible.

Totalement démesurées par rapport aux conditions de mer qui règnent lorsqu'elles surviennent, impossibles à prévoir, les vagues dites scélérates sont redoutables. Ce caractère imprévisible explique la tardive reconnaissance de leur existence. Longtemps, un certain scepticisme entourait ce phénomène qui offrait aux marins une excuse pour dissimuler des causes de naufrages moins avouables...

Leur étude demeure néanmoins difficile. Elles sont rares et les moyens de mesurer une vague scélérate ne sont qu'exceptionnellement présents sur un navire lorsqu'elles surgissent. Sans compter le manque de fiabilité des instruments de mesure en conditions extrêmes.

UN PHÉNOMÈNE SPÉCIFIQUE

Les vagues scélérates ne sont ni des raz-de-marée (tsunamis) ni des mascarets ou d'autres phénomènes de ce type. Ceux-ci sont prévisibles au moins à très court terme, leurs mécanismes ont été élucidés depuis plusieurs années. Contrairement aux vagues scélérates, ils ne doivent rien à

l'effet du vent sur la surface de la mer.

Les raz-de-marée ont une origine sismique, le plus souvent un glissement de terrain sous-marin. Dans ce cas, l'ébranlement concerne toute la colonne d'eau. Il se propage alors comme une onde solitaire d'une longueur d'onde infinie. La vague semble se déplacer d'un bloc. On l'appelle onde solitaire, mais le phénomène est généralement constitué d'une succession de vagues. Au large, l'amplitude du raz-de-marée se mesure en centimètres et il n'est pas ressenti. En revanche, lorsque les fonds remontent, l'énergie passe au travers d'une section de plus en plus faible. Le frottement sur le fond fait un « croche-pied » à la vague. Celle-ci enflé, se cambre et peut même déferler.

Si les raz-de-marée font encore aujourd'hui de nombreuses victimes, le phénomène de mascaret tend lui à se raréfier grâce aux travaux d'aménagement dans de nombreux grands estuaires. Mais dans certaines embouchures de fleuves, l'onde de marée, ralentie par la faible profondeur, voit ses composantes s'empiler. Elle peut alors se transformer en une vague visible et déferler. Prévisible, l'amplitude du mascaret est néanmoins

affectée par différents facteurs : surcote de marée dûe au vent, période d'étiage prononcé, coefficient de marée... Les vagues scélérates sont, quant à elles, générées par la combinaison de trains d'ondes dûs au vent. Contrairement aux vagues classiques, elles concentrent une proportion inattendue d'une énergie qui aurait dû se disperser. Localisé dans l'espace et le temps, le phénomène échappe à la perception de l'état de la mer en termes de statistiques et d'estimation de la hauteur probable des plus grandes vagues.

DES PISTES D'EXPLICATION

Une vague scélérate se caractérise par sa hauteur « crête-creux », deux fois supérieure à la hauteur significative de l'état de la mer ; ou par l'élévation atteinte par la crête au-dessus du niveau moyen, 1,1 à 1,25 fois supérieure à la hauteur significative crête-creux. Elles se produisent plus souvent dans les forts états de mer. Les scientifiques formulent l'hypothèse de « jeunes » vagues générées dans un état de mer en croissance (ou proche de son paroxysme), de plus en plus hautes, fortes et rapides. Elles rattrapent alors les vagues déjà produites par la tempête et finissent par « s'empiler » simultanément au même endroit.

Apparemment lié aux vents violents, le phénomène survient pourtant parfois au cours d'accalmies. Une hypothèse considère que le déferlement induit par le vent limite l'élévation des vagues en dissipant l'énergie. Sa chute soudaine fait disparaître ce frein et laisse enfler démesurément certaines vagues.

Des théories reposent enfin sur la propagation de vagues organisées en groupes qui se comportent de manière autonome. Leur combinaison et leur interaction répartissent l'énergie entre plusieurs, ou au contraire la concentrent sur une seule qui aspire ses voisines.

La limite de ces modèles, cohérents et réalisistes ? Ils ont été jusqu'à présent validés uniquement en laboratoire... L'observation *in situ* reste aléatoire et dangereuse !

Interview de...

Michel Olagnon,
Spécialiste des vagues
scélérates au département
Essais & recherches
technologiques de l'Ifremer



© Ifremer

**“ Le danger ?
Ne pas l'attendre ici
et maintenant ”**

**→ Quelle est la probabilité
pour un marin au long cours
de rencontrer une vague scé-
lérante ?**

Selon l'un de mes calculs, entre un marin sur cinquante et un sur cent devrait être confronté une fois dans sa carrière à une vague scélérate. Pour 20 ans passés en mer, on rencontre environ 100 millions de

Lire suite page 2 ▶

Qu'est-ce qu'une vague ?



© Ifremer / O. Dugornay

Créées par la combinaison de trains d'ondes dûs au vent, les vagues se propagent pendant quatre à cinq jours, traversent les océans avant de rencontrer une côte ou s'atténuer jusqu'à disparaître. Celles en provenance d'une autre région (la houle) peuvent aussi se

combiner avec celles générées par le vent local. L'état de mer est alors doté d'une énergie relativement uniforme pendant un certain temps et sur un certain espace. Les vagues se propagent d'autant plus vite que leur longueur d'onde est grande.

vagues. La vague maximale doit être de l'ordre de trois fois celles qui prévalent à ce moment-là. Heureusement pour les navigateurs, les vagues d'un mètre sont plus fréquentes que celles de six. Une vague de trois passe alors inaperçue. Ce n'est pas le cas pour une de dix-huit mètres, par six de creux.

→ Existe-t-il des zones maritimes plus « scélérates » que d'autres ?

Au regard de la carte des accidents de mer liés aux vagues, on distingue des zones particulièrement denses. Dans le courant des Aiguilles ou le Kuroshio par exemple, cela s'explique par des phénomènes de vagues contre courant. Ailleurs, comme le long de la ligne de sonde des cent brasses (l'isobathe 180 mètres), il s'agit de la rencontre de lames très longues avec le talus continental. Est-ce alors la vague qui est scélérate ou le marin trop confiant ? Depuis la mise en place d'un système d'alerte par la météo sud-africaine, les accidents ont pratiquement disparu dans la zone du courant des Aiguilles.

Pour les zones restantes, la carte coïncide presque parfaitement avec celle de la densité du trafic maritime. De là à penser que si l'on n'observe pas de vagues scélérates, c'est seulement parce qu'il n'y a personne pour les voir...

→ Quelles précautions peut-on conseiller à un marin face à certaines conditions de mer ?

Le principal danger réside moins dans la sévérité d'une vague scélérate que dans le fait de ne pas s'attendre à la rencontrer ici et maintenant. Et certains facteurs d'alerte doivent stimuler la vigilance, même s'ils ne sont pratiquement jamais tous réunis :

► lors d'une météo complexe, un deuxième front froid arrive avant que la mer, levée par une première perturbation, ne se soit calmée ;

► une perturbation se déplace à la même vitesse et dans la même direction que le cœur du système de vagues qu'elle génère ;

► une mer paraît plus « maniable » que la force du vent pendant les dernières heures ne l'aurait laissé présager ;

► la fin de la croissance de l'état de mer, qui semble amorcer un « plateau » ;

► et enfin, l'approche du front froid de la perturbation.

Le Pont -Aven, au mauvais endroit, au mauvais moment

Dans la nuit du 21 au 22 mai, le car-ferry Pont-Aven de la BAI a été frappé par une vague d'une vingtaine de mètres au large d'Ouessant. Les précédentes ne faisaient pourtant « que » 6-7 mètres...

Dangereuse, inattendue, plus forte que les autres, anormale par rapport aux conditions, imprévisible à partir des informations dont disposait le commandant de bord : la vague rencontrée par le Pont-Aven mérite bien le qualificatif de scélérate.

« On peut estimer que cette vague

faisait une vingtaine de mètres de hauteur, a expliqué à l'AFP Philippe Gallouédec, responsable de la communication au sein de la compagnie. Elle a en effet touché le pont numéro 6 et heurté de plein fouet les sabords rectangulaires à l'avant du navire qui sont situés à quinze mètres au-dessus de la

mer. Si la vague n'avait pas dépassé quinze mètres, le navire n'aurait subi aucun dommage ».

Le Pont-Aven, car-ferry de 185 m de long construit en Allemagne et lancé il y a deux ans, culmine à plus de trente mètres, soit la hauteur d'un immeuble de onze étages. Sa passerelle est située près de vingt-deux mètres au-dessus du niveau de la mer. Ce jour-là, il fait route vers Santander (Espagne) après avoir embarqué 1 149 passagers à Plymouth (Angleterre). À l'entrée du dispositif de séparation de trafic d'Ouessant, une mer forte et des rafales de 50 noeuds poussent le commandant Saludo à réduire la vitesse à 8 noeuds, loin des 27 noeuds maximums.

UNE POSSIBILITÉ D'ANTICIPATION ?

Aucun instrument susceptible de mesurer la taille des vagues n'est installé à cet endroit. Mais 5 à 6 heures plus tôt, à environ 120 miles au Sud-



OuestFrance

Interview

Michel Huther, Bureau Véritas

« Impossible de résister sans dommage »

Le Bureau Veritas est une des sociétés de classification majeures qui rédige des règlements de classification. Pour garantir le maximum de qualité aux règlements, on trouve au sein de la Direction Technique de la Division Marine un département R&D, dirigé par Pierre Besse, assurant une activité dans les domaines hydrodynamique, calculs et sécurité des structures marines. Dans ce cadre, une coopération s'est établie depuis les années 70 avec l'Ifremer sur les sujets de description des vagues et de la tenue des structures soumises aux actions de la mer.

→ Face aux vagues scélérates, des dispositions particulières sur les navires ont-elles été prises pour minimiser les dégâts potentiels ?

Le phénomène de vague scélérate, connu depuis très longtemps, n'a été identifié comme un réel danger que très récemment. Je me suis occupé au BV de ce sujet dans les années 70, après plusieurs accidents sur les côtes d'Afrique du Sud. Les conclusions avaient été qu'il s'agissait d'un phénomène localisé à cette partie du globe. Suite à des recommanda-

tions pour la navigation en fonction des conditions météo, il n'y a plus eu d'incident. Le sujet a pratiquement été oublié.

Il est redevenu d'actualité en 95, suite à un incident sur la plate-forme Draupner en Mer du Nord. Concernant les navires, ce n'est que lors du séminaire organisé à Brest par l'Ifremer en 2000 que nous avons pris conscience de l'importance du phénomène, importance confirmée lors du séminaire de 2004.

Minimiser les dégâts relève plus de la maîtrise du commandant que de la construction. Le rapport de mer du 6 février 1963 du croiseur Jeanne d'Arc illustre parfaitement ce fait. Les efforts engendrés par une rencontre frontale sont tels qu'il est illusoire de croire à la possibilité de résister sans dommage. Les règles récentes de l'OMI, établies par l'AISC pour les vraquiers, auxquelles le BV a contribué, renforcent la protection et la résistance des panneaux de la cale avant. Elles sont un bon exemple de mesures pour minimiser les conséquences d'une telle rencontre.

→ Quel est la part du « principe de précaution » retenue par le Bureau



D.R.
Michel Huther, Conseiller Scientifique du Directeur Technique de la Division Marine du Bureau Veritas (Adjoint au Directeur Technique)

Veritas face au risque des vagues scélérates ?

La question posée, en termes terrestres, équivaut à demander quelle part du « principe de précaution » peut être retenue face au risque de collision d'une automobile avec un arbre. Sur les routes la solution a été de couper les arbres. En mer, nous n'avons aucune action possible sur les vagues scélérates.

Alors que fait-on ? Nous apportons une attention toute particulière au sujet en R&D avec suivi des travaux en cours dans les divers centres de recherche dont l'Ifremer. Nous suivons en particulier les études sur la réponse des structures en hydroélasticité, afin d'améliorer les règles de conception dès que des résultats pratiques seront obtenus. Mais le sujet est très difficile.

Vague scélérate

Ouest, soit dans une zone à l'écart du cœur prévu de la tempête, la bouée *Brittany* enregistrait des vagues d'une hauteur moyenne de neuf mètres se dirigeant vers le nord-est.

Les prémisses du phénomène, qui aurait alors pu être anticipé ? « *Non*, répond le spécialiste Michel Olagnon. *Car le temps de les mesurer, de valider les mesures et de les entrer dans un système d'alerte, le Pont-Aven aurait tout de même quitté Plymouth en estimant, à juste titre, progresser dans une mer agitée mais navigable et pouvoir passer derrière le plus gros dans le golfe de Gascogne* ».

L'enregistrement de la bouée située à l'entrée de la Manche permet, par contre, de rapprocher le phénomène de celui des dépressions polaires, fréquentes sous les latitudes nordiques et bien connues notamment des navigateurs norvégiens. « *Ces manifestations s'apparentent à des dépressions secondaires. Un noyau de mauvais temps imprévu, un petit cyclone s'étendant sur un espace et un temps restreint*, précise Michel Olagnon. *Et souvent lié à une météo complexe* ».

Le 21 mai 2006, le commandant du *Pont-Aven* n'avait donc aucune raison de s'attendre à cette vague

véritablement scélérate... même si elle ne fut vraisemblablement pas unique. D'autres d'une grande amplitude pourraient l'avoir suivie.

Confronté à ce phénomène inattendu, Pascal Saludo a pris les bonnes décisions. La procédure ISM (International safety management) a été déclenchée.



Reconstitution de la vague scélérate du 1^{er} janvier 1995 par le Centre Européen de Réalité Virtuelle (CERV) de Brest, grâce à son logiciel IPAS.

Le navire, dont la structure permettait de faire face à des vagues plus fortes, a été dérouté vers Roscoff. Le choc violent aura fait six blessés légers.

Cet accident rejoint la longue liste des rencontres fortuites des marins avec des vagues scélérates. Ainsi, le 1^{er} janvier 1995, une vague de plus de

trente mètres de haut (soit la taille d'un immeuble de douze étages) est enregistrée par les capteurs d'une plate-forme pétrolière en mer du Nord. La hauteur significative des vagues n'est alors que de dix à douze mètres.

La même année, le commandant du *Queen-Elisabeth 2* voit approcher dans l'Atlantique Nord, au large de Terre-Neuve, une vague impressionnante. Une masse d'écume blanche brise alors les vitres de la passerelle.

Dans ces moments « limites », le danger réside dans le potentiel enchaînement de problèmes : l'eau s'engouffre, court-circuite les contrôles, les pompes s'arrêtent...

Le 14 février 1982 par exemple, la plate-forme *Ocean Ranger* est frappée vers 19 heures par une vague monstrueuse de « plus de cent pieds » qui brise le hublot non protégé de la salle de contrôle et noie les armoires électriques. Faute de pouvoir réparer et de procédures de sécurité adéquates, la plate-forme coule vers 3 heures du matin. Aucun des 84 membres d'équipage n'a survécu.

Si la probabilité d'une rencontre avec une vague scélérate reste plus grande par fort état de mer, elle existe aussi par temps modéré.

Interview

Jean-Michel Lefèvre, Météo-France

« Fournir des critères d'alerte »

Météo-France est l'organisme auquel l'État a confié les missions opérationnelles nationales et internationales dans le domaine de la prévision marine. Pour assurer la sécurité des biens et des personnes, la prévision de l'état de mer est au cœur de cette mission.

Météo-France met ainsi en œuvre des modèles numériques de prévision des vagues sur l'ensemble des mers et océans. Développés sur la base de travaux de recherche internationaux, ils sont en évolution constante.

Comment fonctionnent les modèles numériques d'état de mer de Météo-France ?

Ils fournissent une description statistique des vagues, détaillent les différents trains de vagues générés par le vent et permettent de prévoir leur évolution sur plusieurs jours. Les caractéristiques moyennes des vagues y sont également analysées. Les autres organismes météorologiques ou océanographiques utilisent des modèles construits sur le même principe.

La qualité des prévisions de vagues dépend de la précision des vents pré-

vus par les modèles météorologiques. Sur le proche Atlantique, Météo-France dispose d'un des meilleurs modèles au monde, avec la possibilité de décrire les vents tous les 10 kilomètres !

La puissance de calcul nécessaire est considérable, ce qui limite les domaines décrits à l'Hexagone et au domaine maritime immédiat. Comme dans l'atmosphère, des modèles de vagues, emboîtés à l'image des poupees russes, ont été développés afin de zoomer sur n'importe quelle zone du globe, en particulier le domaine maritime national pour affiner la prévision dans les zones d'intérêt maximal.

Quelles sont les collaborations actuelles et futures entre l'Ifremer et Météo-France ?

Malgré les progrès en modélisation, des écarts subsistent entre états de mer prévus et observés. Pour améliorer les performances des systèmes, nos modèles utilisent des données estimées à partir de capteurs spatiaux. Nous collaborons ainsi depuis longtemps avec l'Ifremer, dont l'expertise

est reconnue internationalement, afin de tirer le meilleur parti des données disponibles.

Avec le soutien du Centre National d'Études Spatiales, nous développons des techniques qui affinent les prévisions de modèles de vagues à partir des observations spatiales. Météo-France a été l'un des premiers utilisateurs des données Jason à coupler les données de deux altimètres. Avec celles du SAR d'Envisat (grandes houles), la prévision au large, puis à la côte va encore s'améliorer.

Ce progrès passe aussi par une meilleure prise en compte des conditions océaniques, aux échelles globale et régionale. Le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine nationale, l'Ifremer et Météo-France se sont ainsi réunis dans le cadre de Mercator, service opérationnel de prévision océanique, et Previmer, pôle de prévision océanique côtière dans le cadre du plan Etat Région Bretagne.

Une meilleure connaissance des courants permettra de mieux localiser les zones où les vagues anormales ou scélérates peuvent se produire. Des études sont en cours pour mieux comprendre ces phénomènes et essayer de



Jean-Michel Lefèvre, responsable de l'activité de modélisation numérique de prévision des vagues, au sein de la division marine et océanographie de la Direction de la Prévision à Météo-France.

fournir des critères d'alerte. Les défis à relever requièrent une collaboration efficace de tous les organismes impliqués dans le domaine de la météorologie, de l'océanographie et de la biologie marine.

Dossier réalisé en collaboration avec Michel Olagnon, Jean-Luc Devenon, et Patrick Vincent de l'Ifremer.

Brèves de mer

Extraplac

Vers l'extension du plateau continental ?

Dans le cadre du programme Extraplac, la France et trois Etats européens ont déposé une demande d'extension commune de l'exercice de leurs droits souverains.

Une extension de leur plateau continental au-delà des 200 milles marins pour la zone du golfe de Gascogne et de la mer Celtique : c'est la demande commune qu'ont déposée auprès des Nations Unies la France, l'Espagne, l'Irlande et le Royaume-Uni. Une première pour la Commission des limites du plateau continental (CLPC), créée par la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer.

Cette extension couvre une zone d'environ 80 000 km². Elle représentera pour la France une allocation de zone relativement modeste contribuant à l'extension totale attendue de près de un million de km² pour l'ensemble de son territoire.

L'Ifremer assure pour la France la maîtrise scientifique et technique du programme national Extraplac destiné à préparer les dossiers d'extension, avec trois partenaires : le Service Hydrographique



et Océanographique de la Marine nationale, l'Institut Français pour le Pétrole et l'Institut Paul Emile-Victor.

La demande sera inscrite à l'ordre du

jour de la 18^{ème} session de la CLPC, qui s'ouvrira le 21 août 2006 à New York.

Plus d'informations sur Extraplac : www.extraplac.fr

Flotte & engins

Du 11 au 31 juillet, le **Pourquoi pas ?** réalisera dans le golfe de Gascogne une campagne d'océanographie physique baptisée MOUTON/06 pour le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM).

De retour du golfe de Guinée, **L'Atalante** rejoindra la mer Méditerranée pour effectuer, depuis Toulon, du 24 au 28 juillet, des essais du sous-marin habité **Nautile**.

Thalassa réalisera du 5 au 23 juillet, à partir de Brest, la mission HABIT/06. Objectif principal ? Définir et étudier les contours physiques, chimiques et biologiques de la niche de *Dinophysis acuminata*, dinoflagellé toxique responsable de la contamination des coquillages par des toxines diarrhéiques.

Réalisée en partenariat avec des chercheurs du Royaume-Uni, d'Irlande, des États-Unis et d'Espagne, cette campagne, qui s'inscrit dans le cadre du programme européen HABIT, constituera pour l'Ifremer une opportunité de mettre en œuvre l'AUV Aster®.

Cofinancée par l'Union européenne, la campagne PELMED 2006, réalisée par **L'Europe** du 9 juillet au 8 août entre Sète et Toulon, aura pour thème scientifique l'évaluation des stocks des petits pélagiques. Au programme, écho-intégration et chalutages d'identification dans le golfe du Lion, en collaboration avec l'EPHE de Montpellier.

La campagne MERCAP, engagée du 5 au 13 juillet par le **Gwen Drez** depuis Concarneau, affiche pour objectif la capture de merlus vivants. Ils seront destinés à la réalisation du projet expérimental en milieu contrôlé CroCoMer (Croissance et contamination du merlu), dans le cadre du programme scientifique Demostem de l'Ifremer.

L'équipage du **Thalia** a embarqué le 27 juin à Ouistreham pour mener une campagne d'évaluation du stock de coquilles Saint-Jacques (*Pecten maximus*) de la Baie de Seine. Retour le 14 juillet à Cherbourg.

Editions Ifremer

L'économie maritime française à la loupe



Publiées tous les deux ans depuis 1997 par l'Ifremer, les **Données Economiques Maritimes Françaises (DEMF)** auscultent le secteur en profondeur.

En 2003, l'économie maritime française a représenté une valeur ajoutée de 18,9 milliards d'euros et un effectif de 500 000 emplois équivalents temps plein. Soit une croissance modeste en valeur ajoutée depuis 2001, mais réelle en termes d'emploi, avec + 13 %.

Ces informations sont issues de l'étude 2005 des DEMF. L'ouvrage décrit les secteurs privé (exploitation des ressources marines, industrie manufacturière, services énergéti-

ques, touristiques, financiers, transport maritime notamment) et public (Marine nationale, intervention de l'Etat en mer, enseignement, protection de l'environnement, recherche scientifique).

Au fil des éditions, le contexte international, et particulièrement européen, occupe une place de plus en plus conséquente

« *Les Données économiques maritimes françaises 2005* ». Sous la direction scientifique de Régis Kalaydjian, Département d'économie maritime.

Parution le 30 juin (français, anglais).

Prix de vente : 22 €



Le PNEC scrute les côtes

Le programme national environnement côtier (PNEC) développe des recherches fondamentales sur les zones côtières de France métropolitaine et d'outre-mer. L'ouvrage réalisé par Jacques Clavier, Michel Joanny et François Carlotti présente une synthèse des résultats acquis sur la période 1999-2002, soit sur des zones géographiques identifiées (chantiers Manche orientale, baies de Seine et du Mont-Saint-Michel, golfes de Gascogne et du Lion, lagunes méditerranéennes, Nouvelle-Calédonie, Guyane), soit sur des thématiques de recherche (cycles biogéochimiques, dynamique des populations, efflorescences algales toxiques, facteurs hydroclimatiques et variabilité, micro-organismes, gouvernance environnementale, dynamique sédimentaire).

« *The French Coastal Environment Research Programme Overview of 1999 – 2002* » Bilans & Perspectives.

Prix de vente : 40 €

Pour ceux qui souhaitent en savoir plus sur les vagues scélérates :

L'ouvrage Rogues Waves 2004, publié aux éditions Ifremer en 2005, rassemble les contributions des scientifiques et ingénieurs au colloque organisé à Brest en 2004.

Sous la direction de Michel Olagnon et Marc Prevosto

Prix de vente : 35 €



Diffusion : INRA Éditions
RD 10 - 78026 Versailles Cedex
Tél. : 01 30 83 34 06
Fax : 01 30 83 34 49