

# Observation et exploration des océans

Une séquence du projet *L'océan, ma planète... et moi !*

## Résumé

Des fiches documentaires permettent d'illustrer différents moyens d'observation des océans et leur utilisation dans l'étude du vivant, la gestion des risques, l'étude du climat... Les élèves découvrent ensuite, par des études documentaires, l'histoire de la navigation, de l'orientation et de l'exploration des océans.

## Séance 3 – L’observation des océans

<b>Résumé</b>	Des fiches documentaires permettent d’illustrer différents moyens d’observation des océans et leur utilisation dans l’étude du vivant, la gestion des risques, l’étude du climat...
<b>Notions</b>	L’observation des océans nécessite des stations de mesure habitées (bateaux, plateformes, sous-marins) ou automatisées. Ces dernières peuvent être <i>in situ</i> (balises) ou dans l’espace (satellites).
<b>Modalités d’investigation</b>	Étude documentaire
<b>Matériel</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pour chaque élève : au choix une fiche documentaire parmi les Fiches 34, 35, 36 ou 37.</li><li>• Pour la classe : un projecteur pour les Fiches 38, 39, 40 et 41 (ou une impression couleur en A3).</li><li>• Pour chaque élève : une copie de la Fiche 42.</li></ul>
<b>Lexique</b>	Données satellitaires
<b>Durée</b>	2h

### Question initiale

L’enseignant reprend la conclusion de la séance précédente : *L’observation des océans permet de prévenir les risques et de gérer les conséquences des catastrophes naturelles. Mais quels sont les moyens à disposition des scientifiques pour observer les océans ? À quoi cela sert-il ?* La discussion collective évoque le fait que le moyen d’observation dépend fortement du but recherché. La classe peut énoncer plusieurs observables : température, courants, vagues, inventaire du vivant, suivi des migrations animales, pollution... Plusieurs moyens d’observation sont également évoqués : prélèvements, forages, balises, captures, photographies, satellites, inventaires... L’enseignant propose alors une étude documentaire qui permettra de comprendre comment fonctionne l’observation satellitaire.

### Recherche (étude documentaire) : qu’apporte l’observation satellitaire des océans aux scientifiques ?

L’enseignant divise ses élèves en 4 groupes : chaque quart étudiera une des fiches présentant une utilisation du satellite pour l’observation des océans. Chaque élève reçoit un exemplaire de la fiche documentaire correspondante :

- Quart « Climat » (Fiche 34) : température océanique et Gulf Stream
- Quart « Risques » (Fiche 35) : impact d’un tsunami
- Quart « Vivant » (Fiche 36) : suivi Argos de tortues luths
- Quart « Météo » (Fiche 37) : corrélation entre force des vents et ampleur des vagues

Les élèves vont reproduire le travail usuel d’un scientifique. Celui-ci recueille des données sous forme de listing numérique, qu’il doit représenter visuellement pour en faire ressortir les tendances les plus significatives. Puis vient l’étape de l’interprétation, qui permet de confirmer ou d’infirmer un modèle théorique, de faire un suivi précis, d’alimenter d’autres modèles prédictifs, etc.

Chaque quart convient ensemble d’un code couleur pour faciliter la mise en commun. Puis chaque élève colorie sa carte conformément aux consignes données sur sa Fiche. Enfin, par petits sous-groupes au sein de chaque quart, les élèves réfléchissent à l’interprétation de ce qu’ils auront réalisé.

### Notes pédagogiques

- Afin d'accélérer le coloriage des cartes (Fiche 34 et Fiche 35), celui-ci est scindé en deux étapes : le coloriage du tableau permet de n'avoir à associer que valeur et couleur, le coloriage de la carte par la suite permet de n'associer que couleur et position. La triple association valeur-couleur-position est bien trop complexe, en particulier au primaire.
- La vitesse de réalisation est très inégale d'une Fiche à l'autre et d'un groupe d'élèves à l'autre. Attention en particulier à la Fiche 36 qui peut poser problème si les élèves ne maîtrisent pas les coordonnées latitude/longitude, et ce d'autant plus que la grille est graduée tous les 2°.
- Les fiches ainsi que (surtout!) leurs corrigés sont disponibles en couleur sur le site Internet du projet : <http://www.ocean-ma-planete-et-moi.fr>

### Note scientifique

- Nous présentons ici uniquement quelques exemples d'observations satellitaires. Il y a bien d'autres satellites d'observation, et encore plus de méthodes d'observation *in situ*, qui, si elles ne permettent pas facilement un suivi à grande échelle, peuvent s'avérer bien plus précises sur certains aspects, et sont souvent indispensables à l'étalonnage préliminaire du satellite!

### Mise en commun

• Lorsque tous les groupes ont terminé leur étude documentaire, l'enseignant organise successivement la mise en commun pour chaque thématique. Il projette au tableau la correction de chaque fiche (disponible en haute définition sur le site du projet), et invite un des élèves impliqués à présenter à la classe les interprétations inspirées par cette carte. L'enseignant peut alors présenter à titre illustratif l'exemple d'une « vraie » carte telle que réalisée par des scientifiques sur le même principe. Voici quelques exemples de réponses données.

• **Quart « Climat » (Fiche 34, corrigée en Fiche 38) : température océanique et Gulf Stream**  
*L'eau est plus chaude au Sud qu'au Nord, ce qui est normal parce qu'il fait chaud à l'équateur. Plus on va vers le pôle Nord, plus il fait froid. Mais l'eau à Arcachon est 6,75 °C plus chaude qu'à Halifax, on a deux couleurs d'écart, c'est pas normal alors que les deux villes sont sur la même rangée (la même latitude). Kuujuaq et les Bermudes sont sur la même colonne (à la même longitude), et l'eau aux Bermudes est 18,47 °C plus chaude. C'est normal puisque c'est plus au sud. Mais l'écart entre Dublin et Casablanca est de 0,26 °C seulement. On comprend que l'hiver est plus rude aux USA qu'en Europe parce que l'eau y est plus froide. (L'enseignant peut réintroduire ici le terme « Gulf Stream », car les élèves pourraient invoquer une différence de profondeur d'eau entre les deux rives, ce qui est vrai par endroits, mais négligeable devant l'impact du Gulf Stream.)*

• **Quart « Risques » (Fiche 35, corrigée en Fiche 39) : impact d'un tsunami**  
*Les zones épargnées sont loin des côtes, ou alors plus hautes (en altitude). Les réfugiés peuvent se rapprocher de l'aéroport, à l'est-sud-est de Banda Aceh, parce qu'il est assez épargné, il est protégé car en hauteur, et surtout les secours pourront arriver plus vite.*

• **Quart « Vivant » (Fiche 36, corrigée en Fiche 40) : suivi Argos de tortues luths**  
*La première tortue est peut-être morte, ou alors son émetteur a eu un problème. L'absence de données signifie effectivement que le signal a été perdu : il s'agit au minimum d'un défaut technique de la balise, au pire d'un accident grave de tortue... La seconde tortue a presque traversé tout l'Atlantique Nord pour se nourrir dans les eaux froides et se reproduire dans les eaux chaudes.*

• **Quart «Météo» (Fiche 37, corrigée en Fiche 41): corrélation entre force des vents et ampleur des vagues**

*Plus on va vers le pôle Sud, plus les vents sont forts. Les quarantièmes rugissants, près du 40<sup>e</sup> parallèle Sud, dépassent souvent 50 km/h. (Le même raisonnement explique le nom des cinquantièmes hurlants vers 50° S et des soixantièmes mugissants vers 60° S.) On est obligés de les affronter si on veut passer le cap Horn ou le cap de Bonne-Espérance. La carte des vents ressemble beaucoup à la carte des vagues. Ça veut dire que les deux vont ensemble: quand il y a du vent, il y a de grandes vagues, et quand il y a peu de vent alors les vagues sont faibles. (Les élèves n'ont aucun moyen de deviner que les vents sont à l'origine de la formation des vagues, et pas l'inverse. Cela peut être introduit par l'enseignant ou faire l'objet d'une petite expérience.)*

## Conclusion

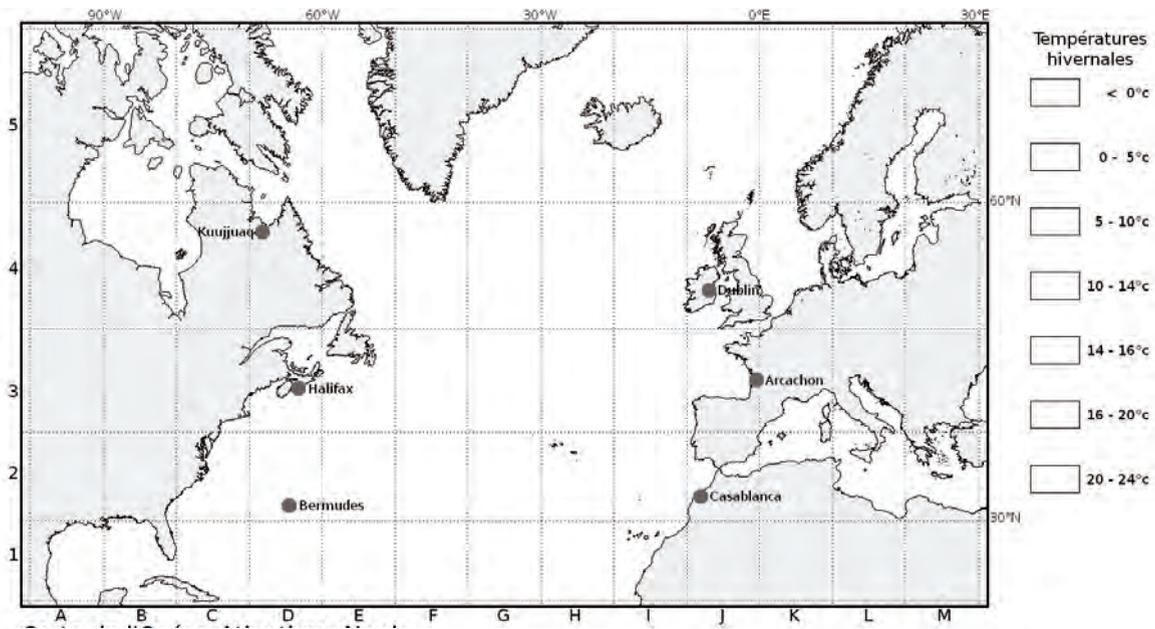
En guise de conclusion, l'enseignant distribue la Fiche 42. Il s'agit d'une fiche documentaire généraliste qui présente un panel non exhaustif d'observations satellitaires.

## Prolongement

Le site Internet du projet propose, en partenariat avec l'Agence spatiale européenne, de nombreuses vidéos illustrant les quatre domaines étudiés par l'analyse documentaire proposée aux élèves.

## FICHE 34

## L'influence de l'océan sur le climat



Carte de l'océan Atlantique Nord

Case	T (°c)										
A1	22,29	C4	-0,05	E4	0,94	G4	6,65	I4	9,87	L2	15,43
A4	1,00	C5	-0,35	E5	0,24	G5	4,93	I5	4,18	L3	13,62
A5	4,26	D1	23,62	F1	22,63	H1	20,73	J2	15,95	L4	2,34
B1	23,62	D2	18,73	F2	18,52	H2	17,29	J3	11,54	L5	4,62
B2	20,69	D3	4,79	F3	9,39	H3	13,15	J4	8,40	M2	15,99
B4	-0,38	D4	0,26	F4	4,39	H4	9,06	J5	4,91	M3	7,22
B5	1,04	D5	-0,18	F5	3,26	H5	4,95	K2	14,51	M4	1,77
C1	23,96	E1	23,35	G1	21,84	I1	18,95	K3	13,37	M5	0,65
C2	18,26	E2	18,98	G2	17,93	I2	16,60	K4	5,76		
C3	5,67	E3	5,19	G3	13,54	I3	12,60	K5	6,44		

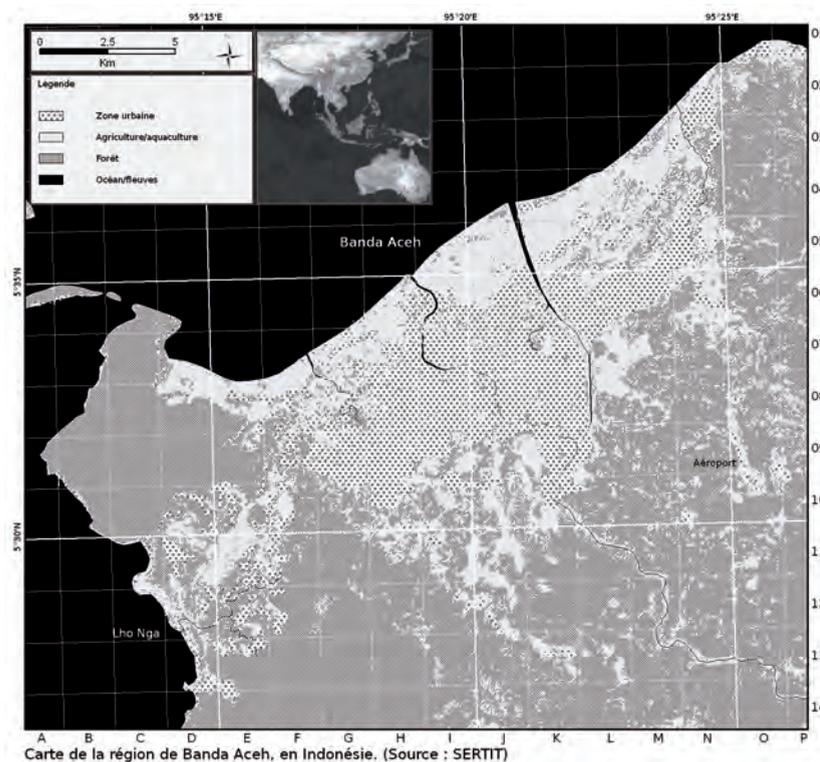
Températures hivernales relevées à la surface des océans.

**Consigne :**

1. Colorie chaque case du tableau en fonction de la température de l'eau mesurée par satellite.
2. Reproduis ces couleurs sur la carte.
3. Quelles sont les grandes tendances que l'on observe ?
4. Quelle est la température de l'eau à Halifax (D3) ? à Arcachon (J3) ? En quoi est-ce surprenant ?
5. Quel est l'écart de température océanique entre Kuujuaq (D4) et les Bermudes (D2) ? et celui entre Dublin (J4) et Casablanca (J2) ? En quoi est-ce surprenant ?

## FICHE 35

### L'observation satellitaire pour protéger les populations



Case	Dégâts										
D14	+++	D10	+++	D08	++	F07	+++	L06	++	L04	+++
E14	+	E10	+++	E08	+++	G07	+++	M06	+	M04	+++
D13	+++	F10	+++	F08	+++	H07	+++	N06	+	N04	+++
E13	++	H10	+	G08	+++	I07	++	I05	+++	M03	+++
D12	+++	K10	+	H08	+++	J07	++	J05	+++	N03	+++
E12	+++	F09	+++	I08	+	K07	+	K05	+++	N02	+++
F12	+	G09	++	J08	+	L07	+	L05	+++	O01	+
C11	+++	H09	+	K08	+	H06	+++	M05	++	P01	+
D11	+++	I09	+	L08	+	I06	+++	N05	+		
E11	+++	K09	+	D07	+++	J06	+++	J04	+++		
F11	++	L09	+	E07	+++	K06	+++	K04	+++		

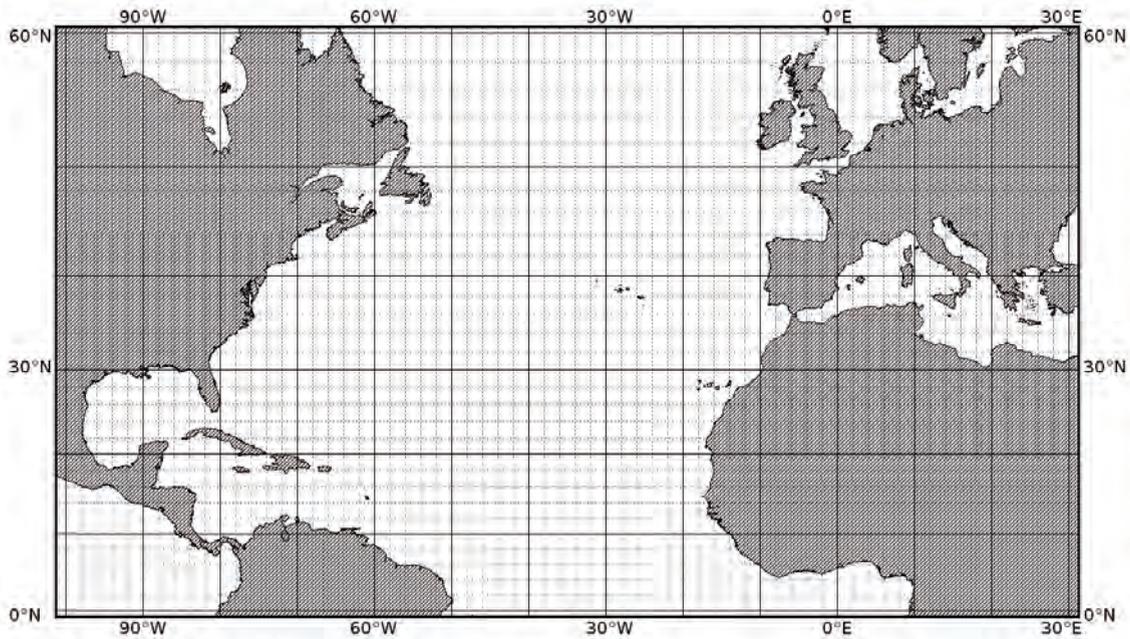
Dégâts relevés après le tsunami du 26 décembre 2004 à Banda Aceh.

#### Consigne :

1. Colorie les cases du tableau en fonction de l'ampleur des dégâts mesurés après le tsunami.
2. Reproduis ces couleurs sur la carte.
3. À ton avis, pourquoi certaines zones sont très touchées et d'autres le sont moins ?
4. Où pourrait-on relocaliser les réfugiés ?

## FICHE 36

### L'observation satellitaire pour étudier le vivant



Carte de l'océan Atlantique Nord

Balise #25 530			Balise #25 532		
date	latitude	longitude	date	latitude	longitude
06/07/2000	5°N	54°W	29/06/2000	5°N	54°W
10/07/2000	9°N	54°W	13/07/2000	14°N	54°W
20/07/2000	14°N	53°W	30/07/2000	23°N	52°W
30/07/2000	20°N	54°W	16/08/2000	31°N	51°W
12/08/2000	25°N	58°W	05/09/2000	40°N	48°W
			15/10/2000	43°N	45°W
			05/11/2000	47°N	38°W
			20/11/2000	46°N	32°W
			08/12/2000	45°N	27°W
			30/12/2000	38°N	27°W

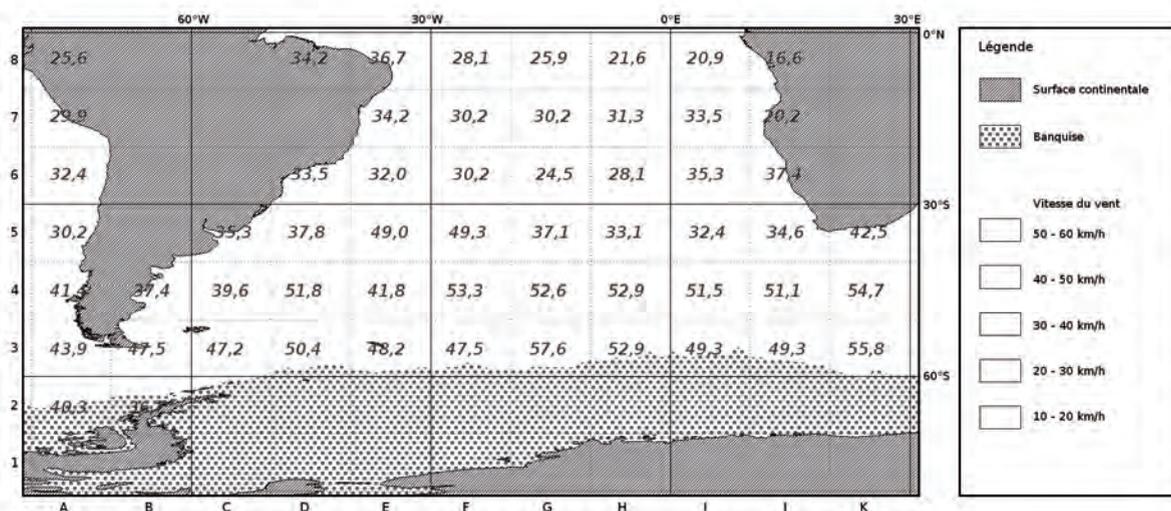
Relevés des balises Argos posées sur deux tortues luths en Guyane (valeurs arrondies).

#### Consigne :

1. Trace le trajet des deux tortues au cours du second semestre 2000.
2. À ton avis, pourquoi n'y a-t-il pas de données pour la balise #25 530 au-delà d'août 2000 ?
3. À ton avis, pourquoi la seconde tortue a-t-elle parcouru autant de distance ?

## FICHE 37

### Observer les océans pour comprendre la météorologie

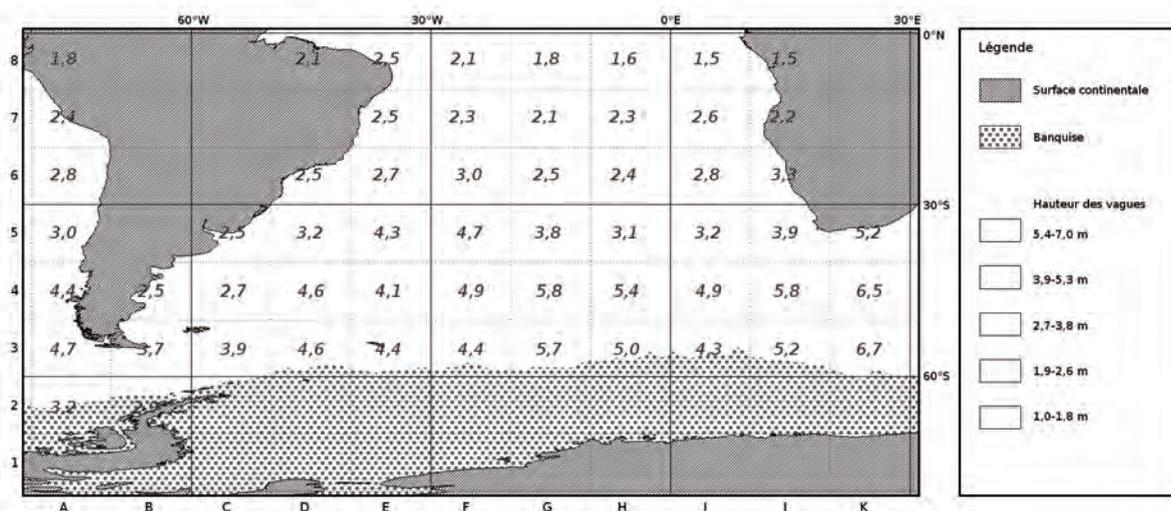


Carte de l'océan Atlantique Nord

Vitesse des vents mesurée à la surface des océans.

#### Consigne:

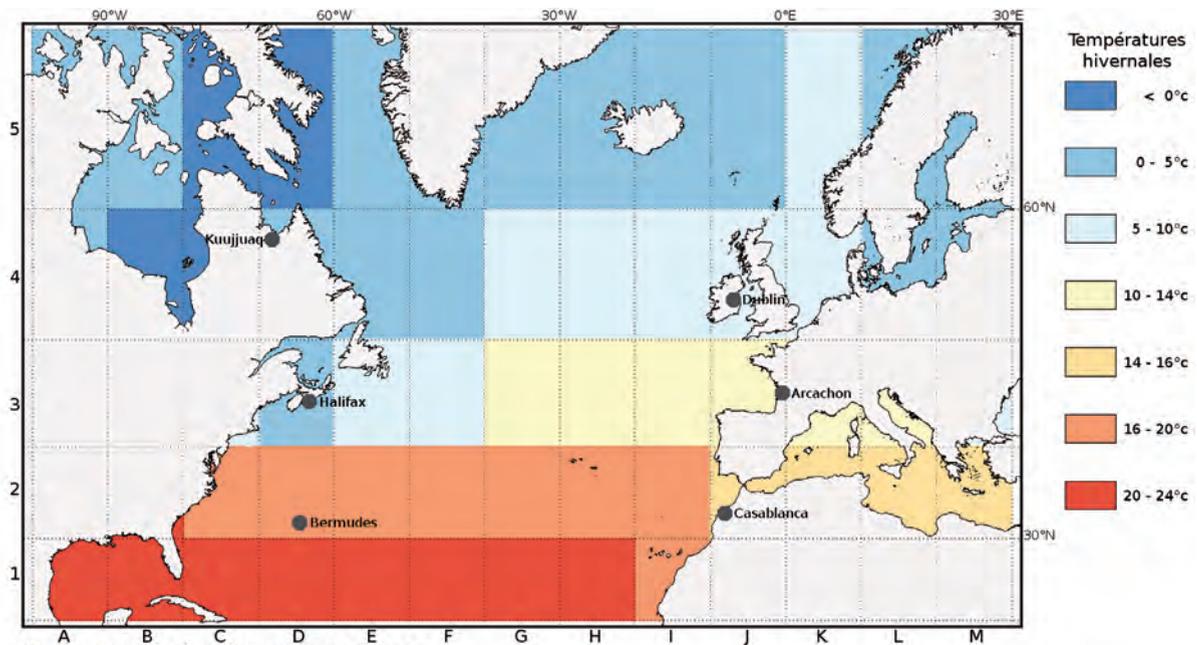
1. Colorie chaque case de la carte en fonction de la vitesse des vents mesurée par satellite
2. Quelles sont les grandes tendances que l'on observe ?
3. Pourquoi les vents au sud du quarantième parallèle sont-ils appelés « quarantièmes rugissants » ?
4. Pourquoi la traversée du cap de Bonne-Espérance (en Afrique du Sud) et celle du cap Horn (en Amérique du Sud) étaient-elles dangereuses ?
5. Colorie ensuite la carte des vagues ci-dessous. Cette carte des vagues ressemble-t-elle à la carte des vents ci-dessus ? À ton avis, que cela veut-il dire ?



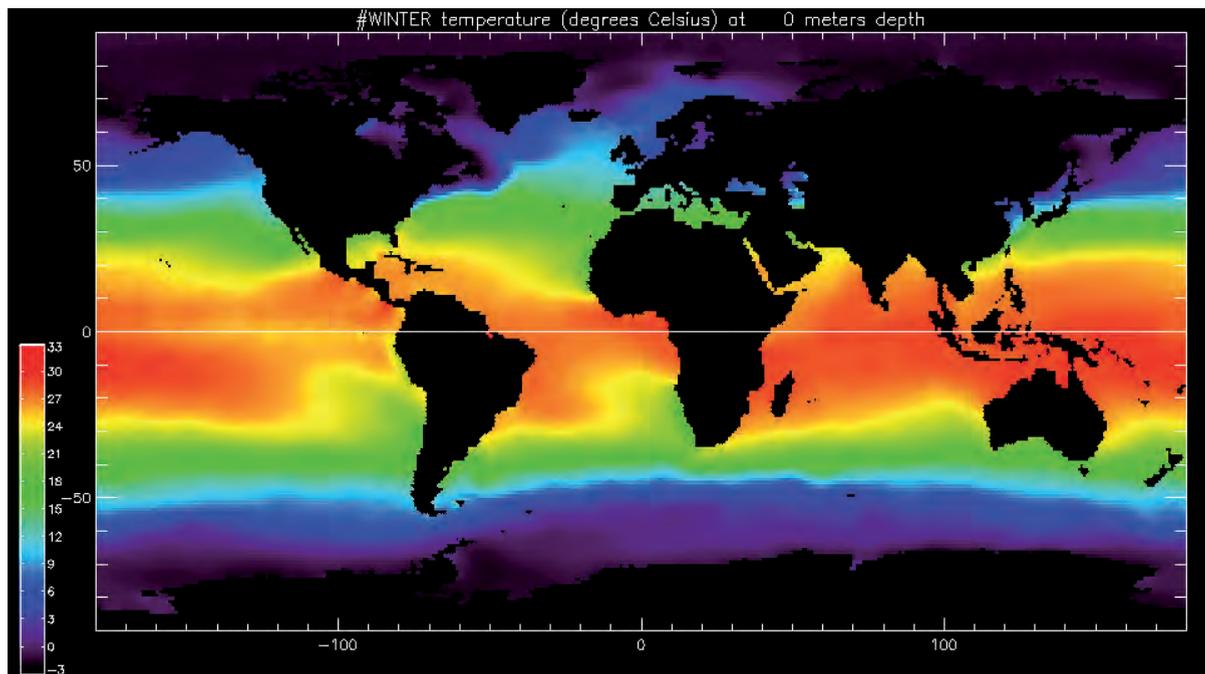
Carte de l'océan Atlantique Nord

Hauteur des vagues mesurée par satellite radar.

### FICHE 38 L'influence de l'océan sur le climat (2)



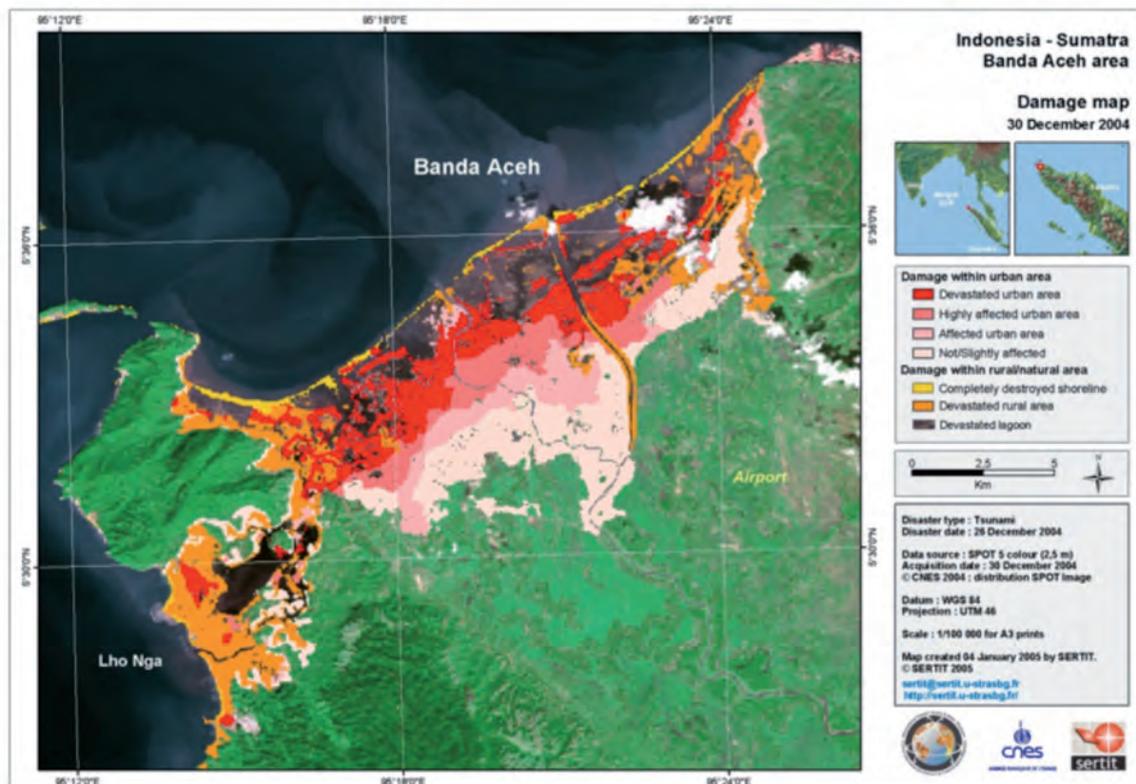
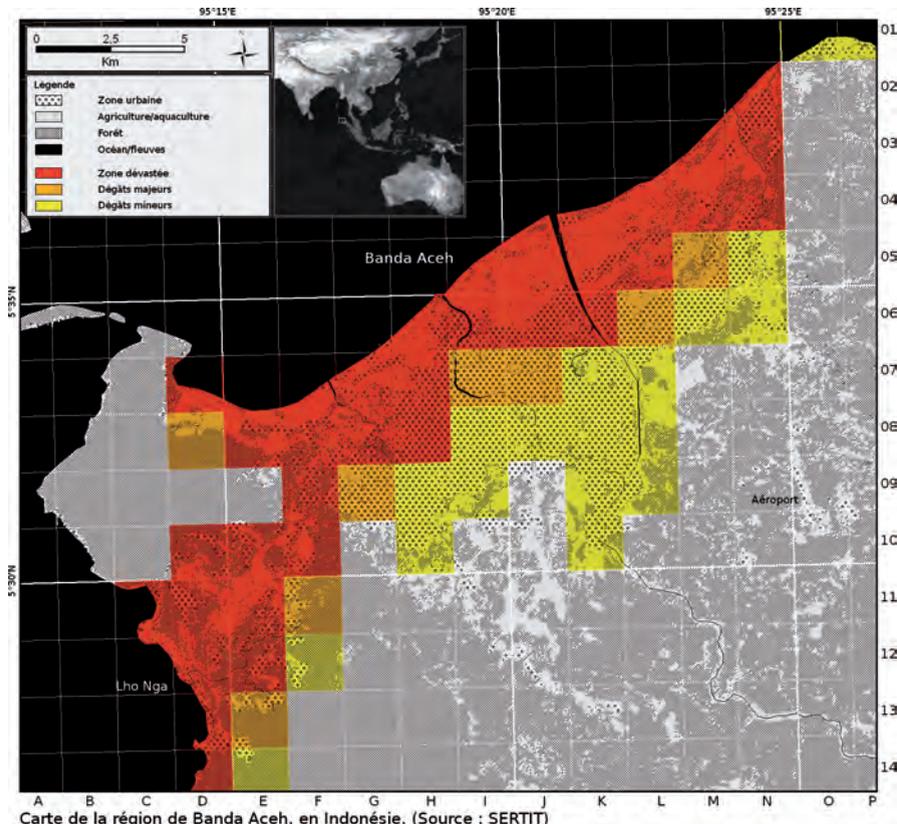
Carte de l'océan Atlantique Nord



Températures hivernales relevées à la surface des océans.

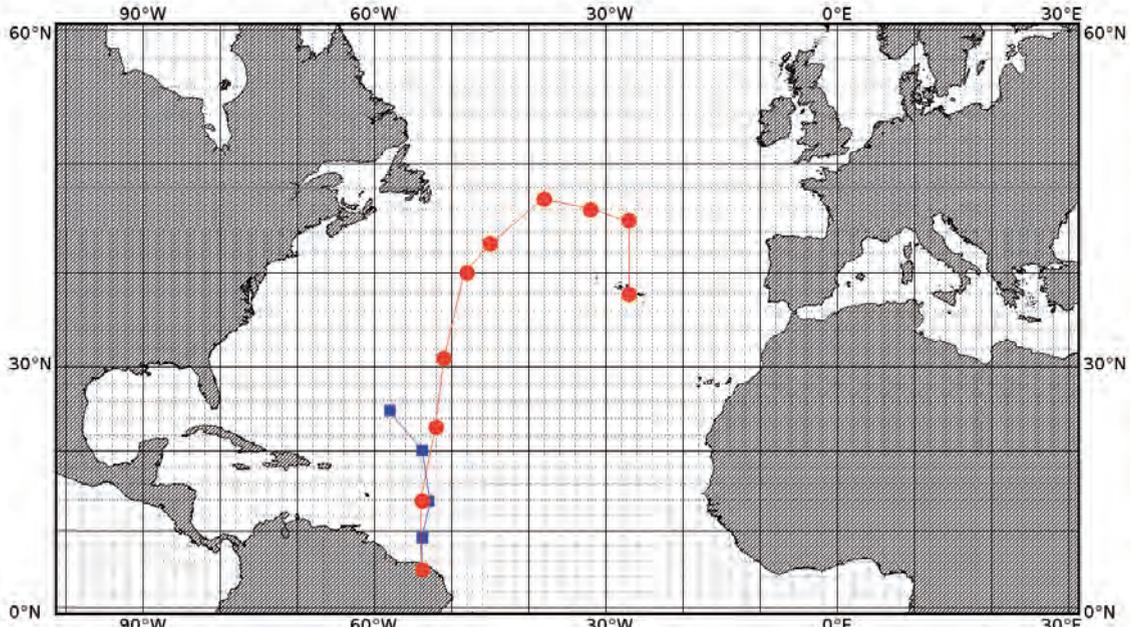
## FICHE 39

### L'observation satellitaire pour protéger les populations (2)



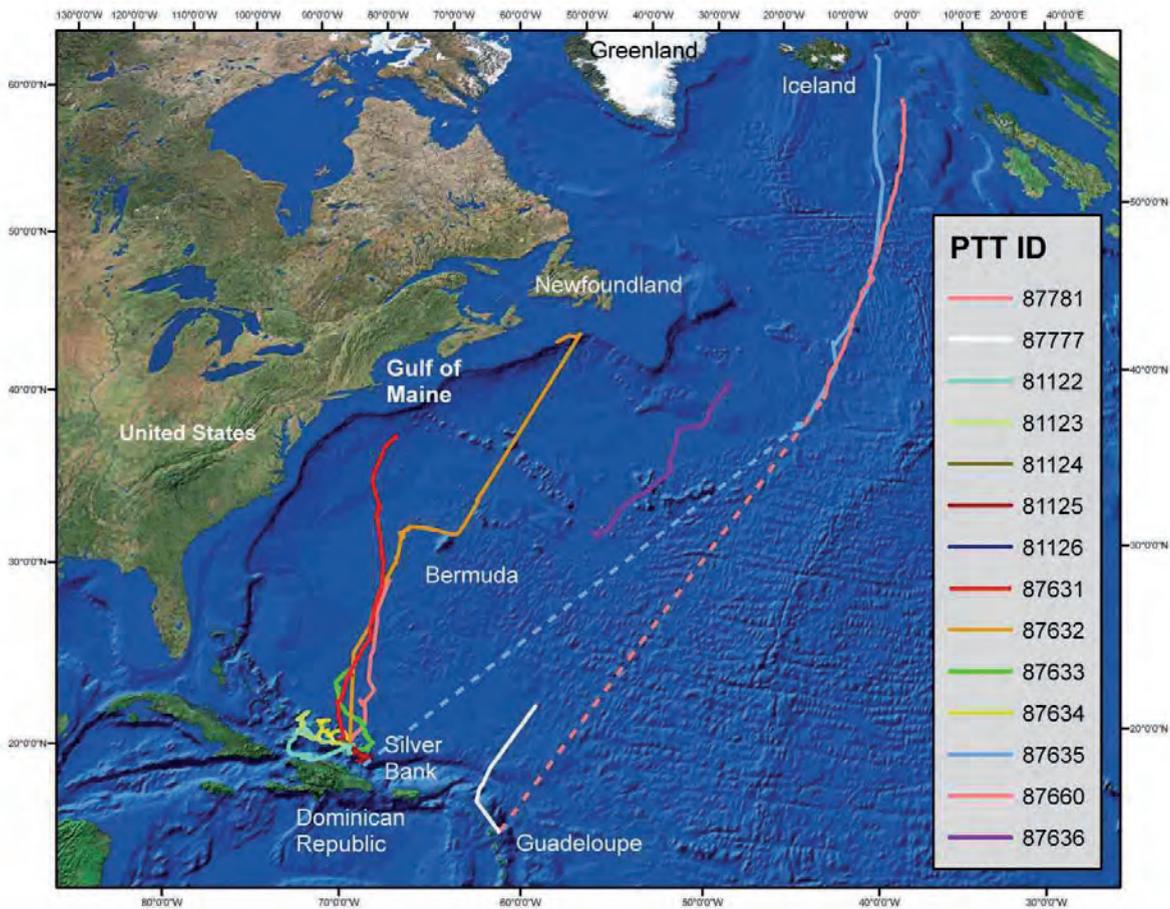
Dégâts relevés après le tsunami du 26 décembre 2004 à Banda Aceh.

FICHE 40  
L'observation satellitaire pour étudier le vivant (2)



Carte de l'océan Atlantique Nord

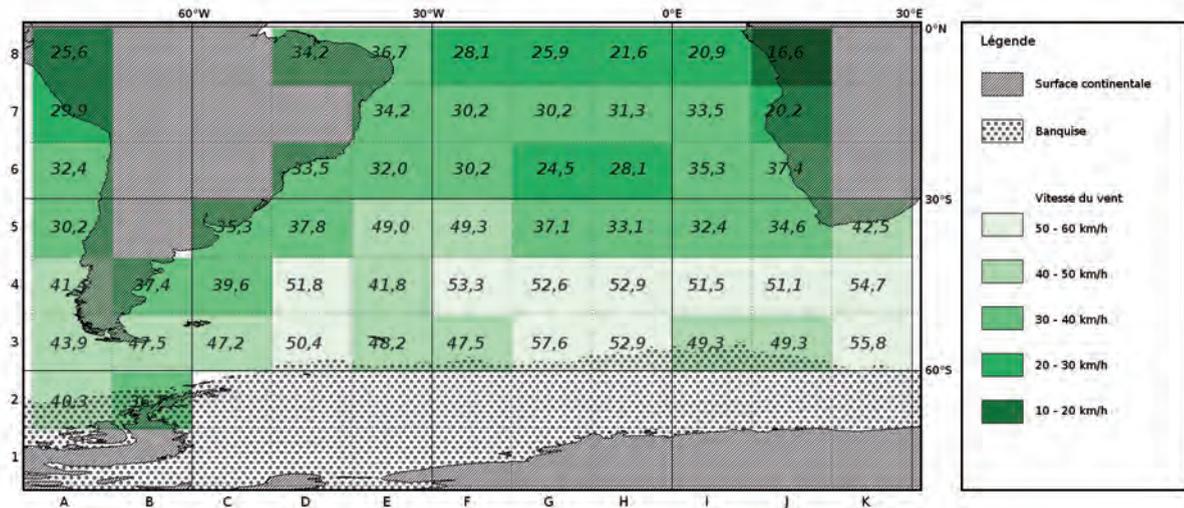
Relevés des balises Argos posées sur deux tortues luths en Guyane.



Exemple de suivi de baleines à bosse dans l'Atlantique Ouest.

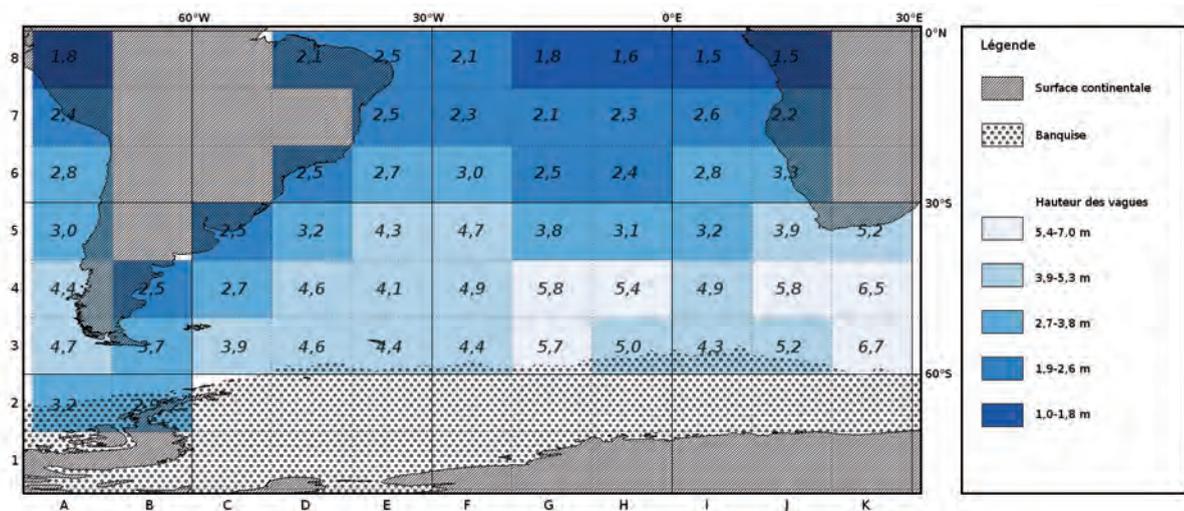
## FICHE 41

### Observer les océans pour comprendre la météorologie (2)



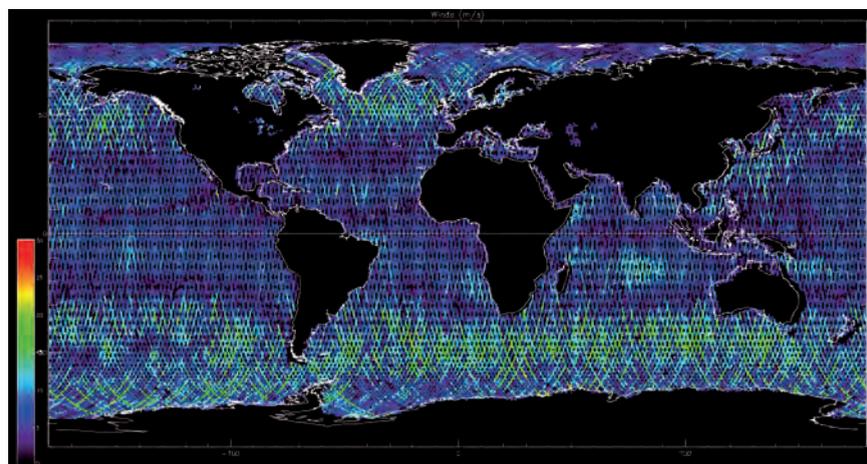
Carte de l'océan Atlantique Nord

Vitesse des vents mesurée à la surface des océans.



Carte de l'océan Atlantique Nord

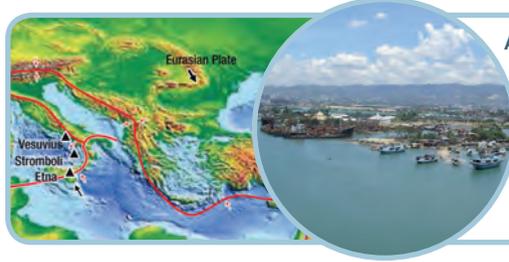
Hauteur des vagues mesurée par satellite radar.



Vitesse des vents mesurée à la surface des océans.

## FICHE 42

## Synthèse : l'observation satellitaire des océans

**Altimétrie**

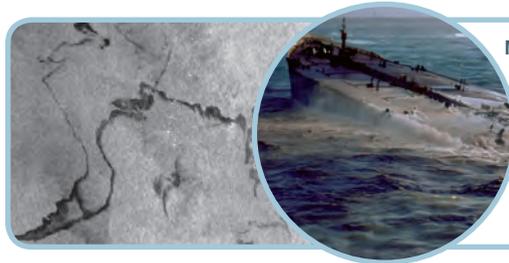
Les altimètres radar mesurent le niveau des océans. Cette information permet de surveiller la montée du niveau des mers le long des côtes, de suivre les vagues et les courants marins, ou de déduire la profondeur des océans.

**Température**

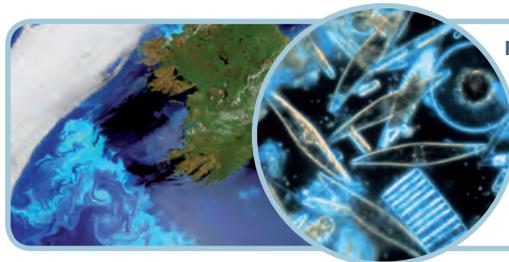
Les satellites scrutent les océans en infrarouge pour en mesurer la température. Ces données sont utilisées par les météorologues pour leurs prévisions journalières, et par les climatologues pour les modèles à plus long terme.

**Cryosphère**

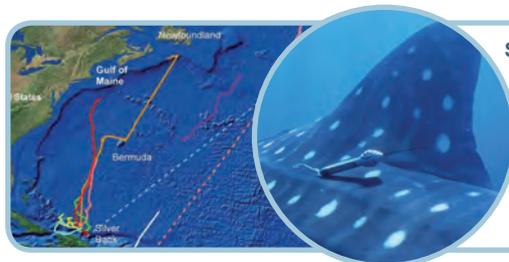
Les satellites peuvent surveiller l'épaisseur et l'étendue des glaciers et des banquises. Dans les deux cas, ces indications permettent de mesurer l'influence du changement climatique à l'échelle de notre planète.

**Marées noires**

Un satellite radar peut facilement détecter les traînées de pétrole car elles sont plus lisses que les vagues. Cette information est cruciale pour le suivi des marées noires et la prévention des sinistres côtiers.

**Plancton**

En regardant simplement la couleur de l'océan, certains satellites permettent de repérer les grands bancs de plancton. Cela permet de localiser finement les zones océaniques en bonne santé, qui feront d'excellents lieux de pêche.

**Suivi Argos**

Après avoir capturé un animal sauvage, les scientifiques peuvent lui implanter une balise Argos qui permettra de le suivre à distance. Ainsi, les espèces migratoires sont mieux connues et mieux protégées.

## Séance 4 – L'exploration des océans

<b>Résumé</b>	Les élèves découvrent, par des études documentaires, l'histoire de la navigation, de l'orientation et de l'exploration des océans.
<b>Notions</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• L'exploration des océans a requis deux millénaires d'évolution technique et technologique:<ul style="list-style-type: none"><li>– invention de la rame, de la voile, de l'hélice,</li><li>– invention de la carte, de la boussole, du GPS,</li><li>– encore aujourd'hui, des expéditions sont menées pour découvrir les océans: les équipes sont pluridisciplinaires et passionnées.</li></ul></li></ul>
<b>Modalités d'investigation</b>	Étude documentaire
<b>Matériel</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pour chaque groupe d'élèves, une affiche A3 ainsi qu'une paire de fiches, au choix: Fiche 43 et Fiche 44, ou Fiche 45 et Fiche 46, ou Fiche 47 et Fiche 48, ou bien Fiche 49 et Fiche 50.</li><li>• Pour chaque élève: Fiche 51.</li><li>• Pour la frise finale: un exemplaire supplémentaire des Fiches 43, 45, 47 ou 49.</li></ul>
<b>Lexique</b>	Bordage, gouvernail, boussole, astrolabe
<b>Durée</b>	2 x 1 h

### Question initiale

Dans le prolongement de la séance précédente (l'observation satellitaire des océans), l'enseignant demande aux élèves: *Avant de pouvoir utiliser des satellites, comment l'homme a-t-il conquis et exploré les océans? Parmi toutes les réponses, les élèves vont proposer le bateau comme moyen d'exploration. Le bateau permet en effet de naviguer, mais est-ce que tous les types de bateaux permettent d'explorer les mers? Les élèves voient vite la différence entre un paquebot et une barque. Ils évoquent également les grandes évolutions techniques: la rame, la voile, le moteur... Pour apporter plus d'éléments à la discussion, l'enseignant propose alors une étude documentaire qui permettra de répondre à la question: Comment l'exploration des océans a-t-elle évolué?*

### Recherche (étude documentaire)

Dans une première partie, les élèves sont regroupés par groupes de 4: chaque groupe étudiera l'une ou l'autre des quatre collections d'images (Fiche 43, Fiche 45, Fiche 47 ou Fiche 49). La consigne est simple: *D'après vous, qu'est-ce qui est représenté sur chaque image?* Les élèves notent leurs hypothèses à l'écrit.

Dans un second temps, l'enseignant distribue à chaque groupe les lots de textes correspondant au lot d'images déjà reçu. Commencer par une lecture autonome et silencieuse. Ils peuvent s'aider d'un dictionnaire pour approfondir les termes qu'ils ne comprennent pas. Cette fois-ci, les élèves doivent reconstituer une affiche à présenter à la classe:

1. Trouver dans les textes distribués le nom de ce qui est représenté sur chaque image
2. Coller sur l'affiche les 4 images sur la colonne de gauche, en ajoutant une légende
3. Coller en face de chaque image, sur la colonne de droite, le texte qui lui est associé

## 4. Trouver un titre pour l'affiche

Idéalement, chaque affiche pourrait avoir un fond de couleur différente (quatre couleurs puisqu'il y a quatre thèmes), mais ce n'est pas obligatoire.

**Note scientifique**

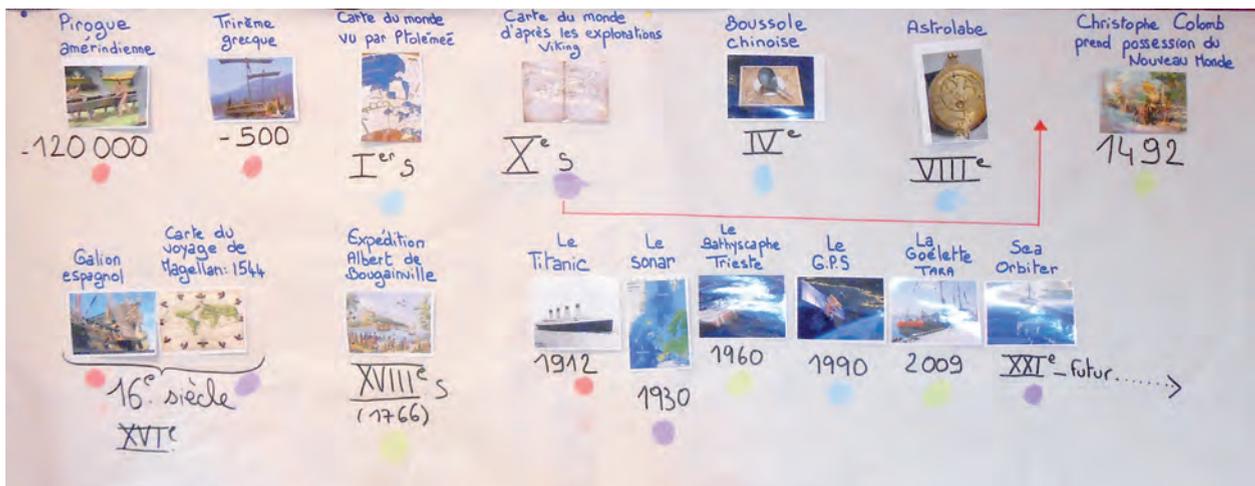
• Les fiches documentaires s'axent à dessein sur les découvertes et les explorations européennes « modernes ». Les premiers marins de haute mer sont en fait asiatiques : la colonisation humaine de l'Océanie a commencé par bateau dès le III<sup>e</sup> millénaire avant notre ère. Les Vikings ont accosté au Groenland et au Canada dès le XI<sup>e</sup> s. Les explorateurs chinois ont abordé pacifiquement toutes les côtes du Pacifique Ouest et de l'océan Indien avant le XV<sup>e</sup> s. (sur des jonques à 9 mâts pouvant probablement atteindre 130 m de long... soit 4 fois plus que la *Santa Maria* de Christophe Colomb !). L'Europe explore l'Australie au XVII<sup>e</sup> s., etc.

**Mise en commun**

Chaque groupe va présenter son affiche à la classe. À tour de rôle chaque élève présente une des images de son affiche (éventuellement, l'enseignant peut successivement projeter les images au tableau pour une meilleure lisibilité). Cette mise en commun débordera certainement sur les deux séances.

La dernière étape consiste à élaborer une frise chronologique commune à partir de tous ces documents. Cela constituera le gros de cette seconde séance. Chaque groupe récupère son affiche, et l'enseignant distribue à chaque élève un exemplaire de la Fiche 51. À partir des informations contenues dans leur affiche, les élèves doivent remplir au mieux la frise chronologique vierge fournie.

Puisque chaque groupe ne peut remplir que partiellement sa frise, c'est l'enseignant qui va regrouper en une frise chronologique grand format tous les éléments repérés par la classe. Il demande à chaque groupe, à tour de rôle, de présenter une étape marquante : sa date, son lieu... Les élèves expliciteront les mots qu'ils ont découverts. Lorsqu'une image illustre précisément une de ces dates, elle peut être collée sur la frise géante. Dans le cadre des explorations (Fiches 47 et 48, ou Fiche 54), l'enseignant notera le nombre de scientifiques impliqués. Un code couleur peut également être introduit pour relier chaque item à l'affiche correspondante (et ce d'autant plus si les affiches ont été réalisées sur des feuilles de couleurs différentes).



Classe de CM1-CM2 de Jeanne Daufin (Nogent-sur-Oise)

La frise finale devrait ressembler à ceci :

-120 000	Invention de la pirogue
-3 000	Bordage et voile
VI <sup>e</sup> s. av. J.-C.	Plus ancienne carte (Babylone)
III <sup>e</sup> s. av. J.-C.	Ératosthène : la Terre est ronde
I <sup>er</sup> s. av. J.-C.	Invention du gouvernail en Chine
I <sup>e</sup> s.	Carte de Ptolémée (Grèce)
I <sup>e</sup> s.	Pline l'Ancien raconte que la mer n'a pas de fond (Grèce)
II <sup>e</sup> s.	Invention de la boussole (Chine)
IV <sup>e</sup> s.	Utilisation de la boussole en mer (Chine)
VIII <sup>e</sup> s.	Perfectionnement de l'astrolabe (Arabie)
XI <sup>e</sup> s.	Adoption du gouvernail en Europe
1492	Expédition de Christophe Colomb (0 scientifique)
1521	Magellan : l'océan a une profondeur supérieure à 800 m
XVI <sup>e</sup> s.	Invention des sabords (Europe)
XVII <sup>e</sup> s.	Invention de la montre (Europe)
1766	Expédition de De Bougainville (3 scientifiques)
XIX <sup>e</sup> s.	Invention de la machine à vapeur (Europe)
1840	Ross : l'océan a une profondeur de 4 000 m
1930	Invention du sonar (Europe)
1960	Expédition de Piccard (1 scientifique)
1977	Malgré le sonar, on n'a couvert que 3 % des océans
1990	Mise en service du GPS
2009	Expédition <i>Tara Oceans</i> (100 scientifiques)
XXI <sup>e</sup> s.	Expédition <i>Sea Orbiter</i> ?

## Conclusion

Cette frise peut elle-même amener les élèves à plusieurs constatations. Tout d'abord, certaines inventions sont apparues plus tôt dans certains pays qu'ailleurs ; seuls les échanges commerciaux et les guerres ont pu favoriser la transmission de ces techniques. D'autre part, on voit bien que l'évolution des connaissances est allée de pair avec l'évolution des technologies : la navigation côtière n'a guère permis d'aller plus loin que la Méditerranée, car il a fallu des systèmes de repérage efficaces (ou un brin de folie) pour aller en haute mer pendant de longues périodes. Enfin, faisant écho aux conclusions de la séance « Sociétés humaines sur le littoral », page 160, on peut repérer que l'implication des scientifiques n'a cessé de croître depuis quelques siècles.

Les élèves conçoivent une conclusion commune, qu'ils recopient dans leur cahier d'expériences : *Les évolutions techniques ont permis d'approfondir progressivement notre connaissance des océans. Même aujourd'hui, les scientifiques admettent que l'homme a encore beaucoup à découvrir.*

## Prolongement

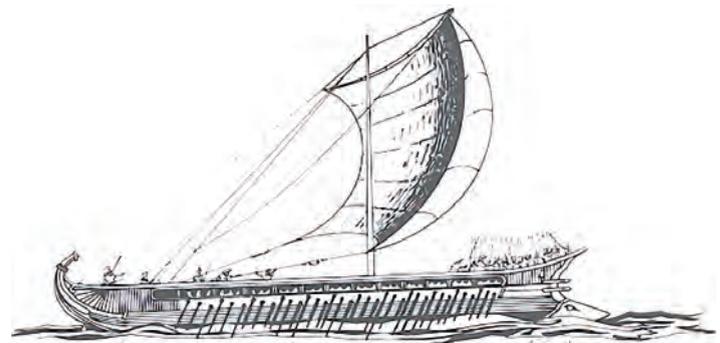
La lecture de la Fiche 52 sur l'histoire de la navigation peut se prolonger par l'histoire de la cartographie, par l'étude directe des différents moyens de propulsion des navires ou par la réalisation de maquettes de bateaux. Dans les deux derniers cas, nous invitons le lecteur à consulter le guide pédagogique *En marchant, en roulant, en naviguant... je suis écomobile!* (éditions Le Pommier, 2014), séquence I.1 sur le bateau comme moyen de transport.

La lecture des Fiches 47 et 48 (ou de la Fiche 54) sur les expéditions maritimes peut également pousser à une certaine réflexion sur le fonctionnement du sous-marin. Si les élèves semblent intrigués par le bathyscaphe, l'enseignant peut alors leur proposer un défi : *Comment faire couler une charge flottante (qui pourrait simuler une cabine habitable) dans l'eau ? Et, une fois au fond de l'eau, comment la faire remonter ?* Une des réponses possibles à ce défi est l'utilisation de ballasts : on leste la charge avec du sable, des poids... qu'on laisse alors au fond de l'eau, ce qui allège la charge et la fait remonter.

## Variante

Si l'enseignant ne peut pas disposer d'autant de temps pour effectuer cette séance, il peut avoir recours à une version préremplie des fiches documentaires : chaque groupe reçoit alors une des Fiches 52, 53, 54 ou 55 ainsi qu'un exemplaire chacun de la Fiche 51. La consigne est alors de compléter en petits groupes la frise chronologique déjà fournie. Puis la mise en commun permet de reconstituer une frise que chaque élève pourra coller dans son cahier d'expériences.

FICHE 43  
Séance III.4: lot d'images 1



**FICHE 44**  
**Séance III.4: lot de textes 1**

Puis apparaissent les hélices entraînées par des moteurs à explosion.

La sécurité en mer s'accroît, ce qui permet le développement de la marine de plaisance.

Les premiers bateaux, des pirogues, ont été construits au Néolithique, il y a plus de 120 000 ans. Ils sont constitués d'un tronc d'arbre évidé à l'aide d'outils en pierre.

Pour se propulser, l'homme utilise une longue perche appuyée au fond de l'eau. Bientôt, il invente la rame pour diriger son embarcation là où la profondeur d'eau est trop importante.

La pirogue est un grand pas en avant pour la pêche, l'exploration, le commerce.

Il y a 5 000 ans, on surélève les bords de la pirogue avec des planches supplémentaires: cette technique, le bordage, améliore la protection contre les vagues et augmente beaucoup la capacité de l'embarcation.

Les rames sont multipliées (la trirème emploie 170 esclaves rameurs), mais pour profiter de la force du vent on ajoute une ou plusieurs voiles.

Le gouvernail, bien que connu en Chine depuis 2 000 ans, n'est introduit en Europe par les Arabes qu'au XI<sup>e</sup> s. Plus besoin de rameurs pour orienter le navire: un seul homme, le barreur, peut s'en charger.

Au XVI<sup>e</sup> s., le bordage permet de créer des ouvertures dans la coque, des sabords, sans la fragiliser: on peut y installer des canons. La marine de guerre est née.

Lors de la révolution Industrielle, au XIX<sup>e</sup> s., les voiles sont remplacées par des roues à aube entraînées par des machines à vapeur.

FICHE 45  
Séance III.4: lot d'images 2



## FICHE 46

## Séance III.4: lot de textes 2

Entre les années 1960 et 1990, l'ère spatiale permet de positionner en orbite des satellites de géolocalisation. Un récepteur GPS (*Global Positioning System*) reçoit les signaux de 3 à 10 satellites. En calculant le temps mis pour recevoir chacun de ces signaux, le GPS peut estimer sa distance à chacun de ces satellites, et en déduire la position du navire sur le globe terrestre.

Au VIII<sup>e</sup> s., les astronomes arabes perfectionnent l'outil d'observation des étoiles inventé par Hipparque : l'astrolabe. En comparant la position apparente d'une étoile à sa position théorique donnée par une carte du ciel, le capitaine du navire peut calculer exactement la latitude du lieu où il se trouve.

Au XVII<sup>e</sup> s., les horloges se miniaturisent. Le capitaine peut utiliser sa montre pour calculer, grâce à l'astrolabe, son décalage horaire : il en déduit ainsi sa longitude.

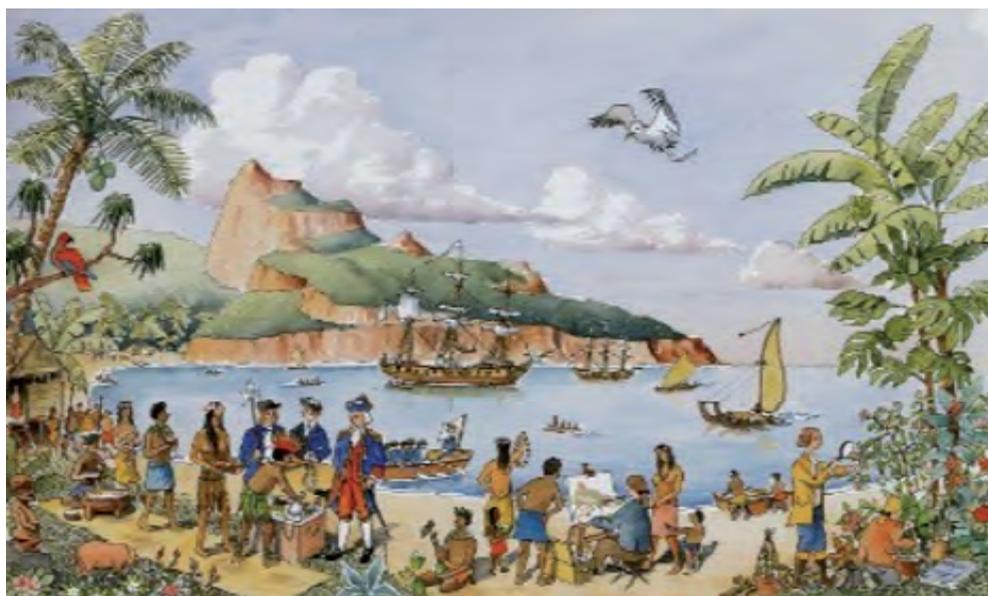
Pour se repérer, l'homme a commencé par écrire les directions à suivre pour aller d'une ville à une autre. En réalisant un dessin, il devenait plus facile d'imaginer tous les parcours possibles entre toutes les villes d'un pays : la plus ancienne carte connue montre les environs de Babylone au VI<sup>e</sup> s. av. J.-C.

Naviguer en suivant une carte permet de se repérer facilement par rapport aux repères côtiers. Mais la route est dangereuse à cause des pirates et des récifs.

Rapidement, les explorations côtières ont permis d'ajouter de plus en plus de détails aux cartes : le grec Ptolémée (I<sup>er</sup> s.) décrivait le monde connu, de l'Afrique occidentale à la Chine.

Pour se repérer par mauvais temps ou en haute mer, les Chinois utilisent dès le IV<sup>e</sup> s. une cuiller magnétique qui pointe en permanence vers le sud : la boussole. Elle permet de connaître précisément le cap du navire et d'estimer sa trajectoire sur la carte.

FICHE 47  
Séance III.4: lot d'images 3



## FICHE 48

## Séance III.4: lot de textes 3

Au xv<sup>e</sup> s., les Européens redécouvrent l'idée d'Ératosthène (III<sup>e</sup> s. av. J.-C.) que la Terre est ronde. Sous-estimant sa taille réelle, les marchands européens pensent pouvoir faire le tour du globe en traversant l'Atlantique plein ouest, pour rejoindre les Indes opulentes par l'est.

Christophe Colomb accoste en 1492 sur les plages de l'Amérique. Son expédition est audacieuse: il part avec 3 navires et 90 membres d'équipage, dont un aumônier, un interprète et un notaire pour officialiser la colonisation des nouveaux territoires.

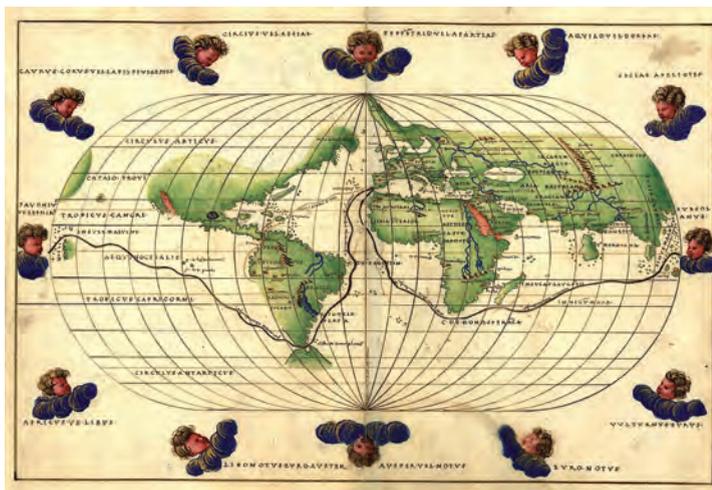
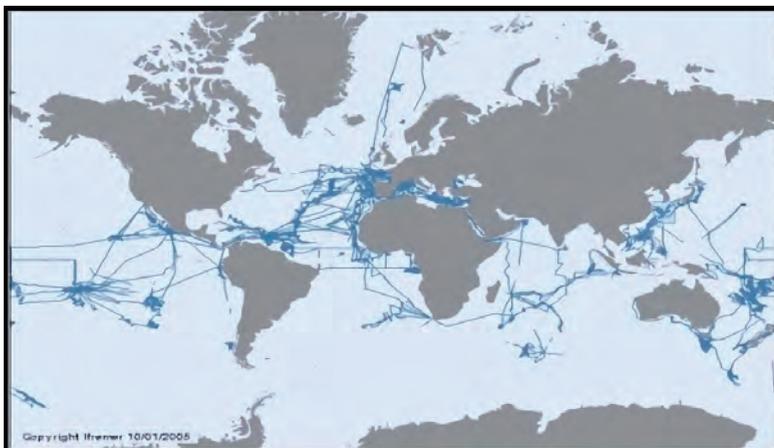
L'exploration des océans s'effectue longtemps en surface, jusqu'au développement des premiers sous-marins au XIX<sup>e</sup> s.

En 1960, le bathyscaphe *Trieste* emmène un équipage réduit de 2 personnes au fond de la fosse des Mariannes, l'endroit le plus profond des océans. Là, à 10916 m de profondeur, l'ingénieur suisse Piccard et le militaire américain Walsh découvrent des formes de vie insoupçonnées.

Après la conquête vient l'époque de l'exploration. La première expédition à but scientifique est confiée par Louis XV à Louis Antoine de Bougainville. Ses deux navires, *L'Étoile* et *La Boudeuse*, quittent Brest en 1766. À leur bord, 3 scientifiques: le naturaliste Commerson, l'astronome Véron et le cartographe de Romainville... et 4 musiciens pour divertir l'équipage pendant les 3 ans de voyage.

Depuis 2003, la goélette *Tara* effectue des missions à visée scientifique et pédagogique. L'expédition Tara Océans (2009-2012) étudie les écosystèmes planctoniques. L'équipage comprend 14 personnes – 6 marins, 1 journaliste, 6 scientifiques et un invité – qui se relaient régulièrement (au total 100 scientifiques sont impliqués). À chaque escale, des classes sont conviées à bord du navire: au total, plus de 5 000 enfants ont visité le bateau durant cette expédition.

FICHE 49  
Séance III.4: lot d'images 4



## FICHE 50

## Séance III.4: lot de textes 4

Au cours de son voyage autour du monde, en 1521, Magellan descend des cordes lestées dans le Pacifique pour sonder le fond de l'océan: il déroule 800 m de corde sans toucher le fond!

Il faut attendre le XIX<sup>e</sup> s. pour que ces mesures reprennent: l'anglais Ross atteint des profondeurs de 4000 m au large du cap de Bonne-Espérance (1840). L'exploration des fonds marins a surtout une motivation industrielle: on veut poser des câbles transatlantiques pour le télégraphe!

Dans l'Antiquité (et jusqu'au Moyen Âge), l'exploration des océans est limitée: on cartographie les côtes pour se déplacer, en s'assurant simplement que l'eau est assez profonde pour éviter les échouements.

Pline l'Ancien (I<sup>er</sup> s.) écrit: « dans le Pont-Euxin, dans un lieu appelé "les Abîmes du Pont", la mer a une profondeur sans bornes, et on n'y a jamais trouvé le fond ». « Sans fond » se dit en grec *abussos*, qui donnera le mot « abysse ».

L'utilisation des satellites achève la couverture des fonds marins, mais au détriment de la précision: le satellite ne voit pas les détails de taille inférieure à 10 km... Le sonar est encore indispensable pour améliorer localement ces cartes.

Au XXI<sup>e</sup> s., le projet *Sea Orbiter* veut renouveler notre méthode d'exploration des océans: il s'agit d'un projet de vaisseau-bouée, à la fois sous-marin et bateau flottant, qui voguera au gré des courants, en observant les océans à 20 m de profondeur. Cela permettra d'étudier les fonds marins, mais aussi les écosystèmes pélagiques qu'on connaît si peu!

En 1930 on développe le sonar: le son voyage très bien dans l'eau, et son écho dessine la carte des fonds marins avec une précision de 100 m. La cartographie des fonds marins s'accélère: on sonde des dizaines de millions de km<sup>2</sup>... mais à la fin du XX<sup>e</sup> s., cela ne fait toujours que 3% de la superficie des océans!

**FICHE 51**

**Fiche chronologique de l'exploration des océans**

-120 000	
-3 000	
VI <sup>e</sup> s. av. J.-C.	
III <sup>e</sup> s. av. J.-C.	
I <sup>er</sup> s. av. J.-C.	
I <sup>er</sup> s.	
I <sup>er</sup> s.	
II <sup>e</sup> s.	
IV <sup>e</sup> s.	
VIII <sup>e</sup> s.	
XI <sup>e</sup> s.	
1492	
1521	
XVI <sup>e</sup> s.	
XVII <sup>e</sup> s.	
1766	
XIX <sup>e</sup> s.	
1840	
1930	
1960	
1977	
1990	
2009	
XXI <sup>e</sup> s.	

## FICHE 52

## Séance III.4: lot de textes 4

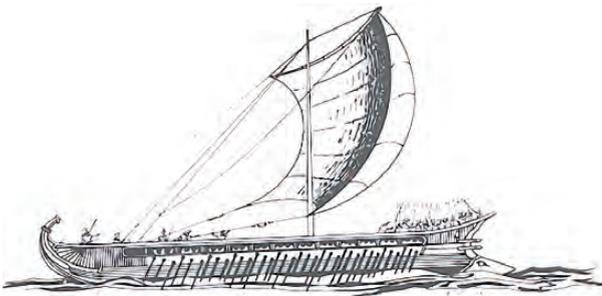


Pirogue au Bénin

Les premiers bateaux, des **pirogues**, ont été construits au Néolithique, il y a plus de 120 000 ans. Ils sont constitués d'un tronc d'arbre évidé à l'aide d'outils en pierre.

Pour se propulser, l'homme utilise une longue **perche** appuyée au fond de l'eau. Bientôt, il invente la **rame** pour diriger son embarcation là où la profondeur d'eau est trop importante.

La pirogue est un grand pas en avant pour la pêche, l'exploration, le commerce.



Trirème grecque

Il y a 5 000 ans, on surélève les bords de la pirogue avec des planches supplémentaires: cette technique, le **bordage**, améliore la protection contre les vagues et augmente beaucoup la capacité de l'embarcation.

Les rames sont multipliées (la trirème emploie 170 esclaves rameurs), mais pour profiter de la force du vent on ajoute une ou plusieurs **voiles**.



Galion espagnol

Le **gouvernail**, bien que connu en Chine depuis 2 000 ans, n'est introduit en Europe par les Arabes qu'au XI<sup>e</sup> s. Plus besoin de rameurs pour orienter le navire: un seul homme, le barreur, peut s'en charger.

Au XVI<sup>e</sup> s., le bordage permet de créer des ouvertures dans la coque, des **sabords**, sans la fragiliser: on peut y installer des canons. La marine de guerre est née.



Le Titanic

Lors de la révolution Industrielle, au XIX<sup>e</sup> s., les voiles sont remplacées par des roues à aubes entraînées par des **machines à vapeur**.

Puis apparaissent les **hélices** entraînées par des moteurs à explosion.

La sécurité en mer s'accroît, ce qui permet le développement de la marine de **plaisance**.

## FICHE 53 Histoire des outils d'orientation



Carte du monde vue par Ptolémée

Pour se repérer, l'homme a commencé par écrire les directions à suivre pour aller d'une ville à une autre. En réalisant un dessin, il devenait plus facile d'imaginer tous les parcours possibles entre toutes les villes d'un pays: la plus ancienne **carte** connue montre les environs de Babylone au VI<sup>e</sup> s. av. J.-C.

Rapidement, les explorations côtières ont permis d'ajouter de plus en plus de détails aux cartes: le grec **Ptolémée** (I<sup>er</sup> s.) décrivait le monde connu, de l'Afrique occidentale à la Chine.



Boussole chinoise du II<sup>e</sup> s.

Naviguer en suivant une carte permet de se repérer facilement par rapport aux repères côtiers. Mais la route est dangereuse à cause des pirates et des récifs.

Pour se repérer par mauvais temps ou en haute mer, les Chinois utilisent dès le IV<sup>e</sup> s. une cuiller magnétique qui pointe en permanence vers le sud: la **boussole**. Elle permet de connaître précisément le cap du navire et d'estimer sa trajectoire sur la carte.



Astrolabe du XIV<sup>e</sup> s.

Au VIII<sup>e</sup> s., les astronomes arabes perfectionnent l'outil d'observation des étoiles inventé par Hipparque: l'**astrolabe**. En comparant la position apparente d'une étoile à sa position théorique donnée par une carte du ciel, le capitaine du navire peut calculer exactement la **latitude** du lieu où il se trouve.

Au XVII<sup>e</sup> s., les horloges se miniaturisent: le capitaine peut utiliser sa **montre** pour calculer, grâce à l'astrolabe, son décalage horaire: il en déduit ainsi sa **longitude**.



Satellite GPS

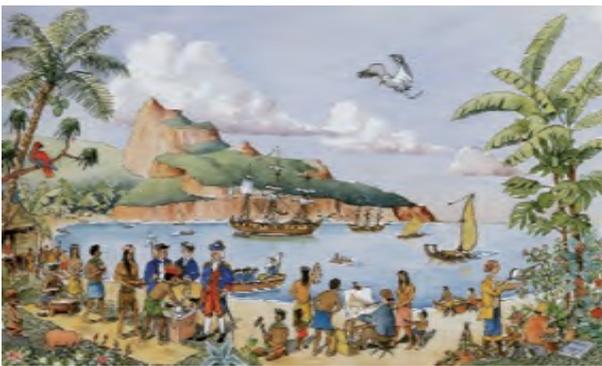
Entre les années 1960 et 1990, l'ère spatiale permet de positionner en orbite des satellites de géolocalisation. Un récepteur **GPS** (*Global Positioning System*) reçoit les signaux de 3 à 10 satellites. En calculant le temps mis pour recevoir chacun de ces signaux, le GPS peut estimer sa distance à chacun de ces satellites et en déduire la position du navire sur le globe terrestre.

## FICHE 54

## Histoire de l'exploration des océans par les Européens



Colomb prend possession du Nouveau Monde



L'expédition de Bougainville mouille à Tahiti



Le bathyscaphe Trieste



La goélette Tara

Au  $xv^e$  s., les Européens redécouvrent l'idée d'Ératosthène ( $III^e$  s. av. J.-C.) que la Terre est ronde. Sous-estimant sa taille réelle, les marchands européens pensent pouvoir faire le tour du globe en traversant l'Atlantique plein ouest, pour rejoindre les Indes opulentes par l'est.

Christophe Colomb accoste en 1492 sur les plages de l'Amérique. Son **expédition** est audacieuse : il part avec 3 navires et 90 membres d'équipage, dont un **aumônier**, un **interprète** et un **notaire** pour officialiser la colonisation des nouveaux territoires.

Après la conquête vient l'époque de l'exploration. La première expédition à but **scientifique** est confiée par Louis XV à Louis Antoine **de Bougainville**. Ses deux navires, *L'Étoile* et *La Boudeuse*, quittent Brest en 1766. À leur bord, 3 scientifiques : le **naturaliste** Commerson, l'**astronome** Véron et le **cartographe** de Romainville... et 4 musiciens pour divertir l'équipage pendant les 3 ans de voyage.

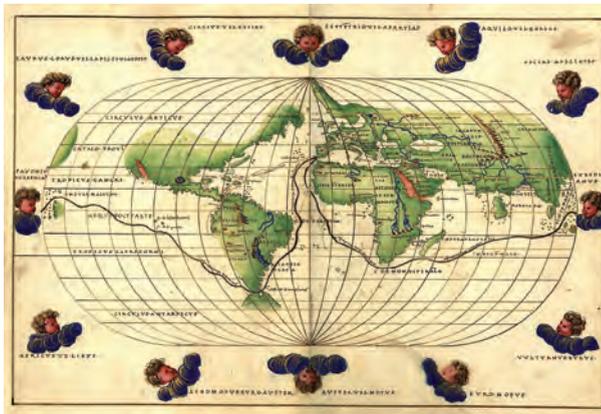
L'exploration des océans s'effectue longtemps en surface, jusqu'au développement des premiers sous-marins au  $XIX^e$  s.

En 1960, le **bathyscaphe Trieste** emmène un équipage réduit de 2 personnes au fond de la **fosse des Mariannes**, l'endroit le plus profond des océans. Là, à 10916 m de profondeur, l'**ingénieur** suisse Piccard et le **militaire** américain Walsh découvrent des formes de vie insoupçonnées.

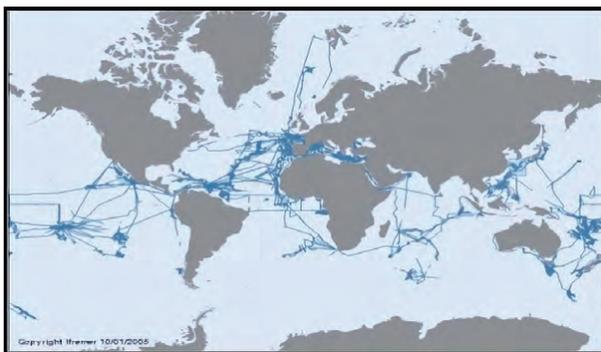
Depuis 2003, la goélette *Tara* effectue des missions à visée **scientifique et pédagogique**. L'expédition **Tara Océans** (2009-2012) étudie les écosystèmes planctoniques. L'équipage comprend 14 personnes : 6 marins, 1 journaliste, 6 scientifiques et un invité qui se relaient régulièrement (au total 100 scientifiques sont impliqués). À chaque escale, des classes sont conviées à bord du navire : au total, plus de 5000 enfants ont visité le bateau durant cette expédition.



Carte du monde d'après les explorations vikings



Carte (1544) du voyage de Magellan



Carte des sondages IFREMER en 1977



Le vaisseau Sea Orbiter

Dans l'Antiquité (et jusqu'au Moyen Âge), l'exploration des océans est limitée: on cartographie les côtes pour se déplacer, en s'assurant simplement que l'eau est assez profonde pour éviter les échouements.

**Pline l'Ancien** (I<sup>er</sup> siècle) écrit « dans le Pont-Euxin, dans un lieu appelé les Abîmes du Pont, la mer a une profondeur sans bornes, et on n'y a jamais trouvé le fond ». « Sans fond » se dit en grec *abussos*, qui donnera le mot **abysse**.

Au cours de son voyage autour du monde, en 1521, **Magellan** descend des cordes lestées dans le Pacifique pour sonder le fond de l'océan: il déroule 800 m de corde sans toucher le fond!

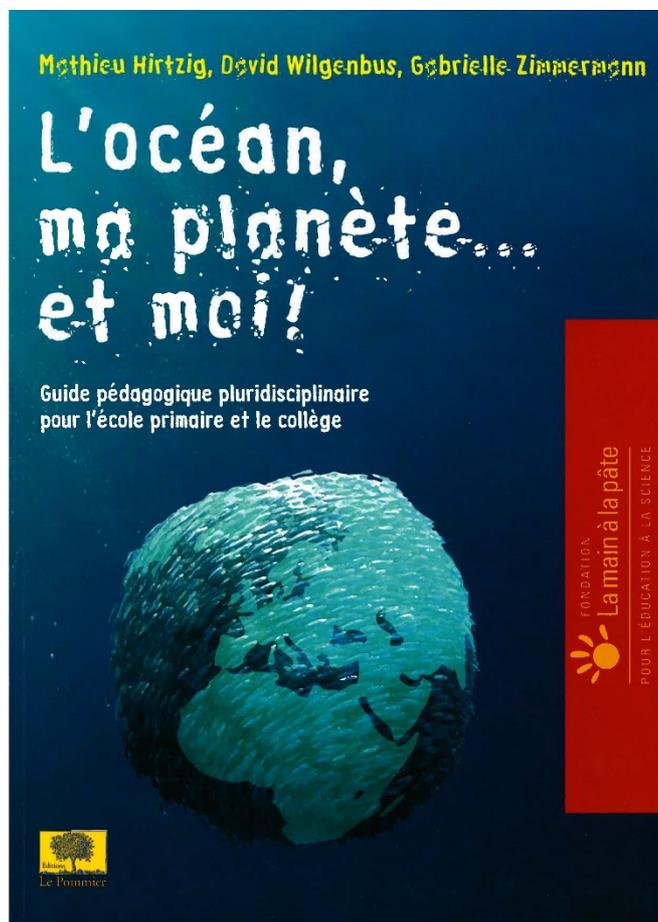
Il faut attendre le XIX<sup>e</sup> s. pour que ces mesures reprennent: l'Anglais **Ross** atteint des profondeurs de 4 000 m au large du cap de Bonne-Espérance (1840). L'exploration des fonds marins a surtout une motivation industrielle: on veut poser des câbles transatlantiques pour le télégraphe!

En 1930, on développe le **sonar**: le son voyage très bien dans l'eau, et son écho dessine la carte des fonds marins avec une précision de 100 m. La cartographie des fonds marins s'accélère: on sonde des dizaines de millions de km<sup>2</sup>... mais à la fin du XX<sup>e</sup> s., cela ne fait toujours que 3% de la superficie des océans!

L'utilisation des satellites achève la couverture des fonds marins, mais au détriment de la précision: le satellite ne voit pas les détails de taille inférieure à 10 km... Le sonar est encore indispensable pour améliorer localement ces cartes.

Au XXI<sup>e</sup> s., le projet *Sea Orbiter* veut renouveler notre méthode d'exploration des océans: il s'agit d'un projet de vaisseau-bouée, à la fois sous-marin et bateau flottant, qui voguera au gré des courants en observant les océans à 20 m de profondeur. Cela permettra d'étudier les fonds marins, mais aussi les écosystèmes pélagiques qu'on connaît si peu!

Cette ressource est issue du projet thématique *L'océan, ma planète... et moi !*, paru aux Éditions Le Pommier.



**Un projet d'éducation au développement durable (CM1, CM2, 6<sup>ème</sup>, 5<sup>ème</sup>)**  
La menace croissante du changement climatique, la pression accrue sur la biodiversité, la raréfaction des ressources, l'augmentation des échanges... autant de raisons de revoir notre perception de l'océan, et de prendre conscience de son importance et de sa fragilité. Dans cette perspective, la Fondation *La main à la pâte* lance un ambitieux projet d'éducation au développement durable, destiné aux écoles primaires et aux collèges : « L'Océan, ma planète... et moi ! » permet aux élèves de comprendre l'interdépendance des écosystèmes marins et terrestres, ainsi que le rôle central des océans dans la régulation des climats. Les élèves prennent également conscience de l'importance de l'océan dans le développement des sociétés humaines et réalisent l'impact des activités humaines et la fragilité de ce milieu. Ils découvrent enfin les métiers de la mer et les outils d'observation des océans, notamment satellitaires.

**Un projet clés en main**  
Ce guide pédagogique comporte :

- Un module d'activités de classe
  - Des séances clés en main regroupées en 3 grandes séquences (L'océan et le climat ; L'océan, milieu de vie ; L'océan et l'homme)
  - Une conception modulable permettant à chaque classe de se construire son propre parcours, du plus court au plus long, du plus disciplinaire au plus transversal ;
- Des éclairages pédagogiques et scientifiques pour guider l'enseignant dans la mise en œuvre du projet ;
- Des fiches documentaires à photocopier.

Un site Internet ([www.ocean-ma-planete-et-moi.fr](http://www.ocean-ma-planete-et-moi.fr)) propose de nombreuses ressources documentaires complémentaires.

**Les auteurs**  
Mathieu Hirtzig est astrophysicien et médiateur scientifique à la Fondation *La main à la pâte*.  
David Wilgenbus est astrophysicien, formateur et responsable des ressources pédagogiques au sein de la Fondation *La main à la pâte*.  
Gabrielle Zimmermann est biologiste, formatrice et médiatrice scientifique à la Fondation *La main à la pâte*.

FONDATION  
**La main à la pâte**  
POUR L'ÉDUCATION À LA SCIENCE

Lancée en 1996 par Georges Charpak, prix Nobel de physique, avec le soutien de l'Académie des sciences et du ministère de l'Éducation nationale, *La main à la pâte* vise à promouvoir à l'école primaire un enseignement de science et de technologie de qualité <http://www.fondation-lamap.org>.

Avec le soutien de :

9 782746 509313 74650931 19 € Diffusion Belin

Retrouvez l'intégralité de ce projet sur : <https://www.fondation-lamap.org/projets-thematiques>.

## Fondation *La main à la pâte*

43 rue de Rennes  
75006 Paris  
01 85 08 71 79  
[contact@fondation-lamap.org](mailto:contact@fondation-lamap.org)

Site : [www.fondation-lamap.org](http://www.fondation-lamap.org)

FONDATION  
**La main à la pâte**  
POUR L'ÉDUCATION À LA SCIENCE