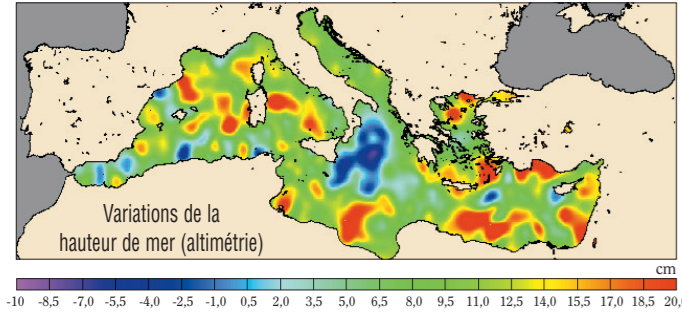


La Méditerranée est observée en permanence par des satellites, qui mesurent la hauteur, la couleur ou la température de l'eau, permettant le suivi régulier et sur le long terme de cette mer fermée.

Altimétrie

Les radars altimètres embarqués sur satellite mesurent la distance entre la surface et le satellite et donnent accès à la hauteur de la mer. Ceci permet d'observer en particulier les courants marins de surface et leurs variations, les marées, mais aussi l'évolution du niveau moyen des mers, la hauteur des vagues et la vitesse du vent.

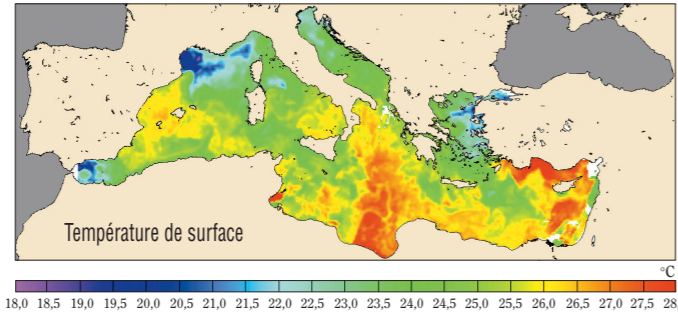


L'un des intérêts majeurs de l'altimétrie, outre sa précision, est qu'elle ne reflète pas seulement les phénomènes de surface mais intègre tout ce qui se passe depuis le fond. De plus, il s'agit d'une technique radar, qui fonctionne même par temps nuageux.

Depuis le début des années 90, avec les satellites ERS (ESA) et surtout TOPEX/POSEIDON (NASA/CNES), l'altimétrie a fait énormément progresser notre connaissance des mers. ENVISAT (ESA) et Jason-1 (CNES/NASA) assureront la continuité des mesures, et fourniront des données en temps réel.

Température de surface

La température de surface, observée dans l'infrarouge, est une donnée importante de la dynamique des océans. Elle influe beaucoup sur l'humidité et la

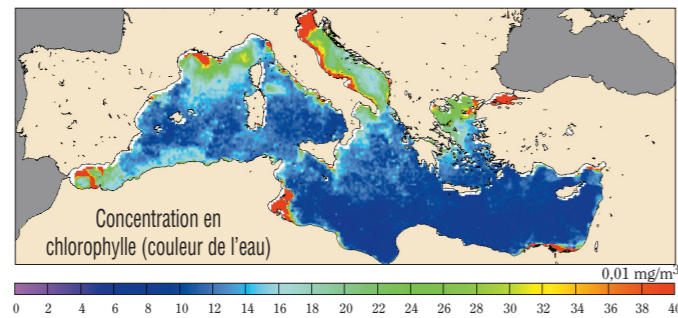


température de l'atmosphère, jouant ainsi un rôle majeur en météorologie. Les capteurs de température de surface (par exemple sur les satellites NOAA ou ERS) effectuent des mesures en permanence depuis 1978. De nombreux autres satellites sont prévus dans les années à venir.

Couleur de l'eau

Les satellites observent l'océan dans les longueurs d'onde de la lumière visible et peuvent apercevoir des différences de couleur provoquées principalement par la présence de phytoplancton et de sédiments.

CZCS (NASA, 1978-1986), POLDER (CNES, 1996-1997) puis SeaWiFS (NASA, 1997) ont ainsi observé les variations de l'océan sur plusieurs années. MERIS (sur ENVISAT) et POLDER-2, en particulier, prendront bientôt la relève.

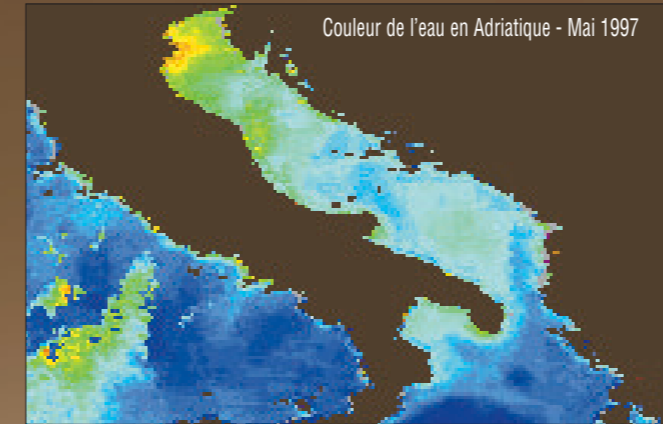
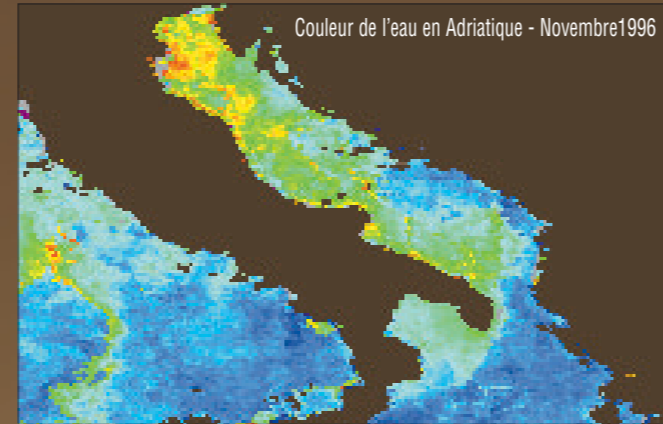


Autres capteurs

D'autres types d'instruments embarqués observent les océans :

- diffusiomètre (mesure du vent en surface),
- Radar à Synthèse d'Ouverture (irrégularités de la surface, mesure des vagues).

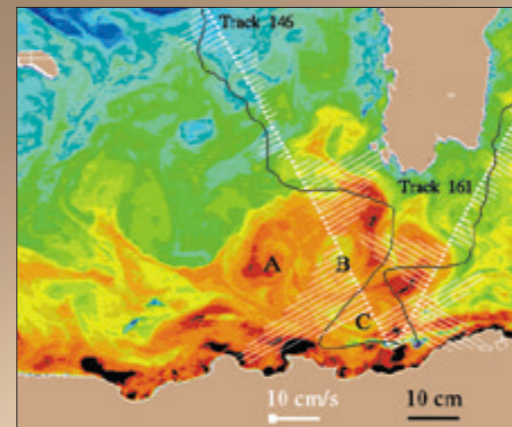
Et demain, des instruments de mesure de la salinité seront mis en orbite, pour suivre ce paramètre essentiel à l'étude de la dynamique des océans.



Les saisons de l'Adriatique

Les mesures de couleur de l'eau permettent de voir les apports en limon à l'embouchure des fleuves, car les concentrations en phytoplancton et en sédiments y sont plus élevées. On en remarque également le long des côtes et

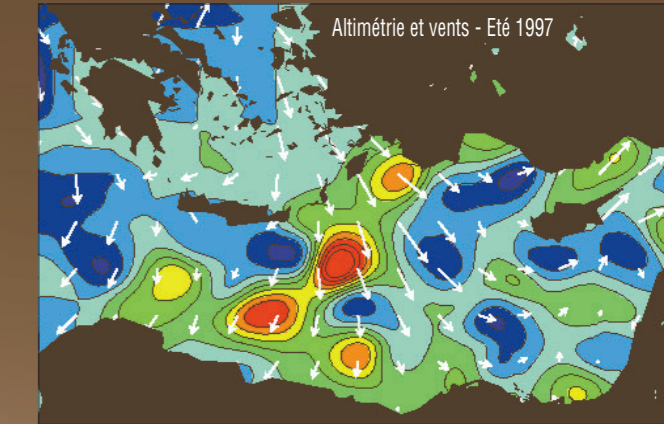
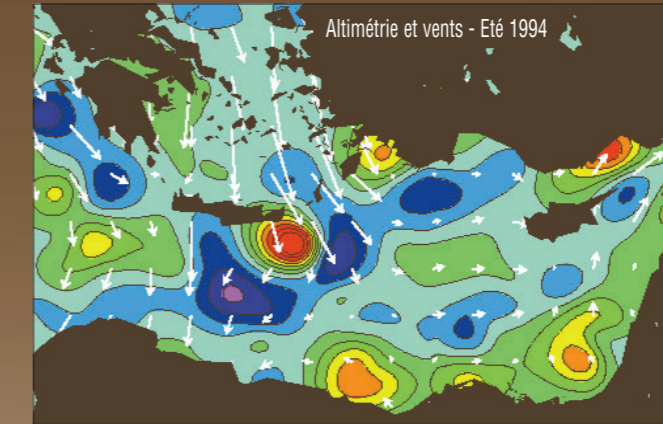
près de Gibraltar, alors qu'en haute mer le phytoplancton est plus rare. Les satellites permettent de suivre l'évolution de ces concentrations selon les saisons.



Les traits blancs représentent la vitesse des courants, déduite de l'altimétrie, le long de la trace au sol du satellite, le trait noir la mesure altimétrique de hauteur de mer proprement dite, et les couleurs la température (du bleu vers le rouge).

Suivi de la circulation océanique

Dans le détroit de Gibraltar ont lieu d'importants échanges entre l'Atlantique et la Méditerranée : l'eau de la Méditerranée, chaude et salée, sort en profondeur, alors que l'eau de l'Atlantique, froide et moins salée, entre en surface. Lors de son parcours dans la mer d'Alboran, le jet d'eau Atlantique provoque deux tourbillons anticycloniques, dont les variations et l'intensité sont suivies en permanence par les satellites.



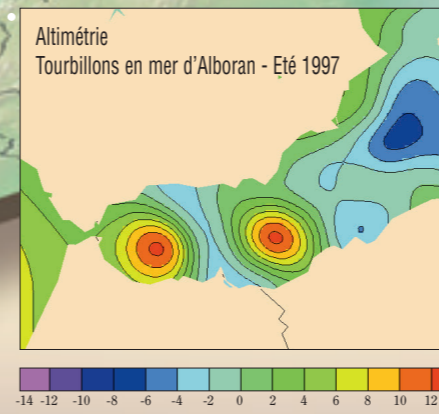
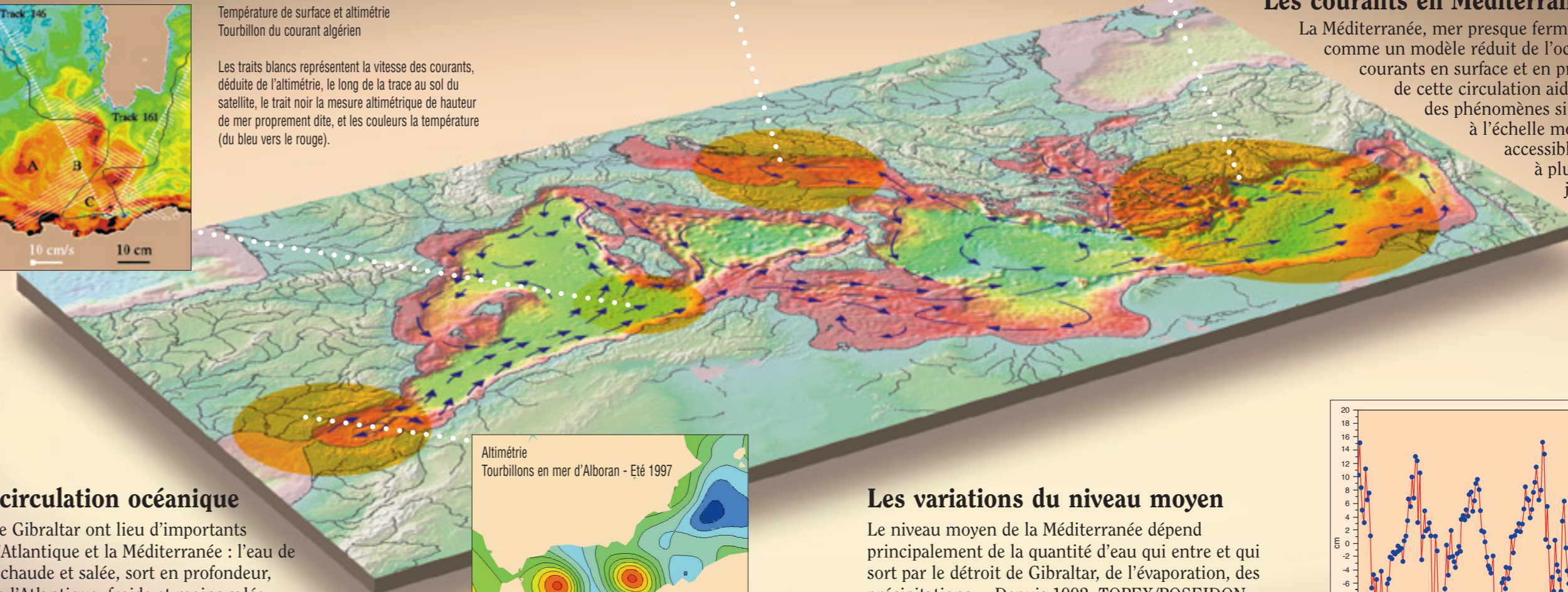
Un tourbillon au gré du vent

Le tourbillon de Iérapétrà, au sud-est de la Crète varie selon les saisons, avec un maximum d'intensité en été. L'apparition de ce tourbillon anticyclonique est sans doute due à l'interaction des vents d'été avec le

relief de la Crète. Les satellites montrent d'importantes variations : le tourbillon n'est pas présent certaines années, probablement à cause de changements dans le régime des vents.

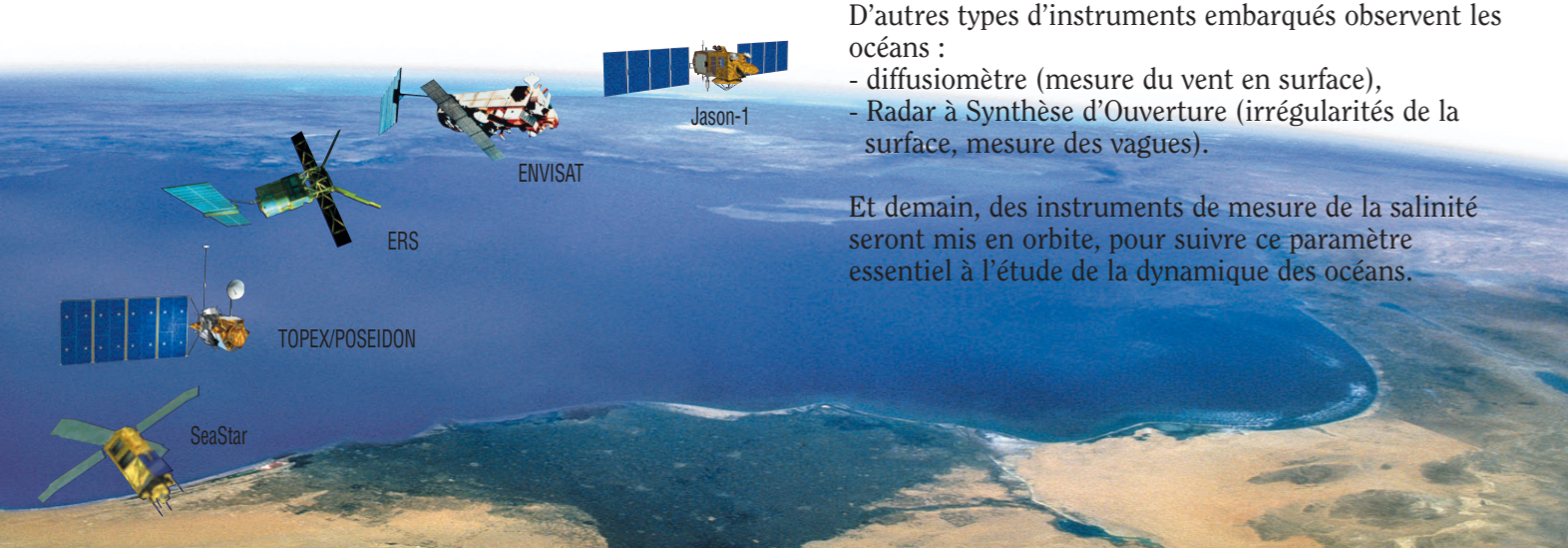
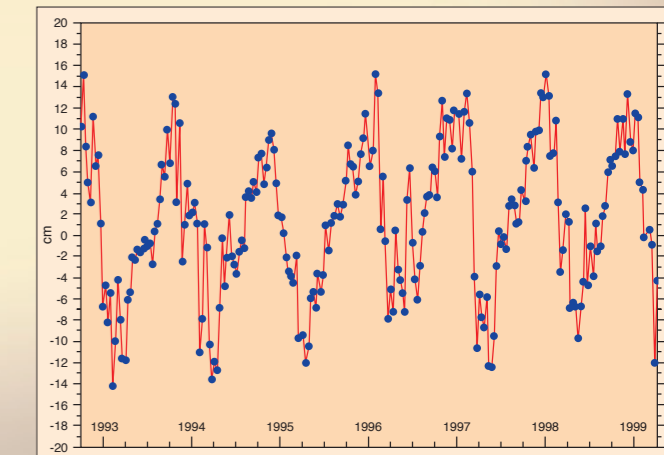
Les courants en Méditerranée

La Méditerranée, mer presque fermée, peut être considérée comme un modèle réduit de l'océan mondial, avec ses courants en surface et en profondeur. L'étude de cette circulation aide à mieux appréhender des phénomènes similaires se déroulant à l'échelle mondiale (en étant plus accessibles : on est rarement à plus de 50 km des côtes, jamais à plus de 300 km).



Les variations du niveau moyen

Le niveau moyen de la Méditerranée dépend principalement de la quantité d'eau qui entre et qui sort par le détroit de Gibraltar, de l'évaporation, des précipitations... Depuis 1992, TOPEX/POSEIDON observe les variations interannuelles et saisonnières de ce niveau, avec des pics en octobre, et des creux en mars, le décalage par rapport aux saisons atmosphériques étant dû à l'inertie thermique de la mer.



In situ

Les mesures *in situ*, réalisées à partir de capteurs en pleine mer ou sur les côtes complètent et valident les données spatiales, mais sont localisées et ponctuelles. Elles redonnent sa troisième dimension à l'océan, en permettant des relevés à toutes les profondeurs, alors que les satellites observent essentiellement la surface. Avec les satellites, et des systèmes comme Argos, la récupération des données est possible en temps quasi-réel.



Bouée ancrée

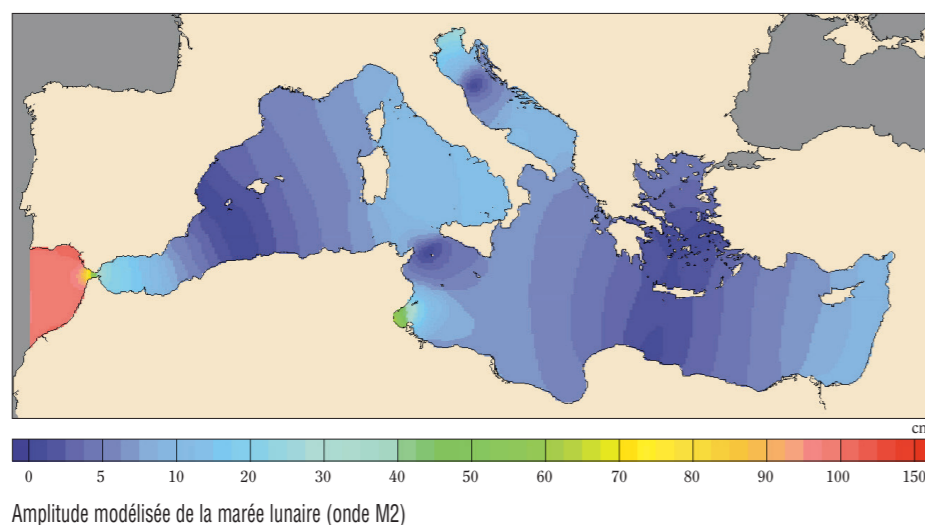
Marégraphe

Bouée dérivante

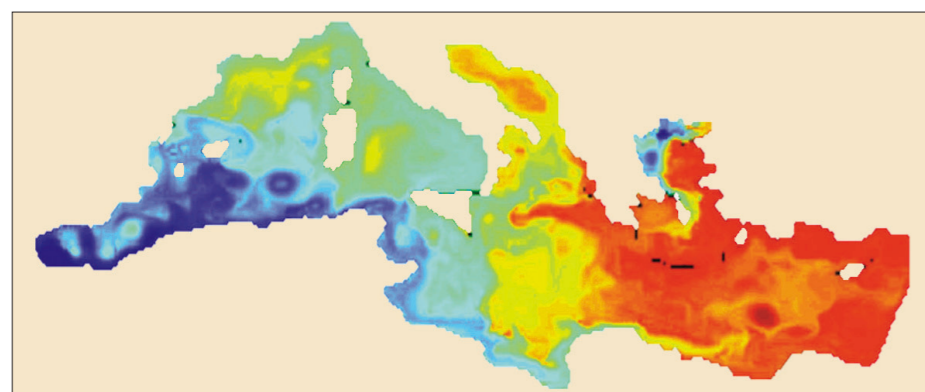
... pour prévoir

Modélisation

Les modèles permettent de prédire le comportement des océans et leurs interactions avec le climat, et ainsi ajoutent une dimension, celle de l'évolution temporelle. Ils peuvent aussi, à partir d'une information de surface telle que celle obtenue par satellite, reconstituer ce qui se passe plus en profondeur. Ces modèles concernent aussi bien la physique que la biologie des mers, ou couplent les deux.



Amplitude modélisée de la marée lunaire (onde M2)



Modélisation de la salinité à 50 m de profondeur, le 4 novembre 1993

Intégration

L'observation par satellites de la Méditerranée, couplée à des mesures *in situ* et intégrée dans des modèles, est une composante essentielle des programmes d'étude de la Communauté Européenne. Ceux-ci l'étudient sous tous ses aspects, afin d'en comprendre le fonctionnement pour ensuite le modéliser, ouvrant ainsi la voie à la prévision et à une meilleure gestion de cette mer et de ses rives. MFSP (Mediterranean Forecasting System Pilot

Project), par exemple, est le premier pas vers un système opérationnel de prévision en Méditerranée qui utilise aussi bien les données altimétriques que de température et de couleur de l'eau (entre autres). Il s'appuie sur de précédents programmes, comme MATER (Mass Transfer and Ecosystem Response), dont le but principal était l'étude de l'écosystème méditerranéen.

Le développement de systèmes d'observation spatiale et *in situ*, de modèles et de méthodes d'assimilation, et la mise en place de programmes européens d'étude de la Méditerranée ont rendu possible des prévisions océaniques. Elles permettront :



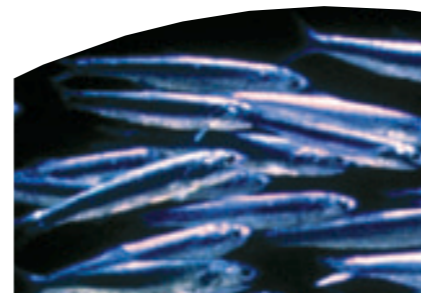
La prévision météorologique

Les mesures de hauteur des vagues et de vitesse du vent, intégrées dans les modèles de météorologie marine permettent la prévision de l'état de mer.



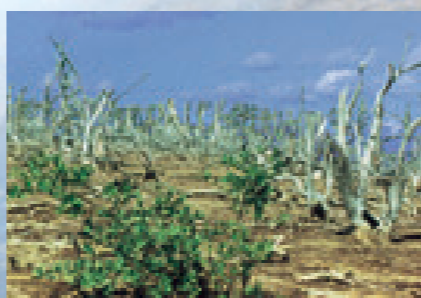
L'aménagement du littoral

Les courants, pour les constructions côtières, la quantité de phytoplancton et la température de l'eau, pour la pêche et le tourisme, sont autant de facteurs dont la connaissance est vitale pour l'aménagement, l'exploitation et la protection du littoral méditerranéen.



La gestion des ressources halieutiques

L'observation et la modélisation des écosystèmes devraient contribuer à une meilleure connaissance des déplacements et des zones de prédilection des poissons, et ainsi faciliter la gestion et le contrôle des ressources halieutiques.



L'anticipation des changements climatiques

Des modèles couplant les phénomènes océaniques et atmosphériques permettent de prévoir plusieurs mois à l'avance l'évolution du climat à l'échelle du globe. Ceci est particulièrement important pour l'agriculture et le tourisme, en particulier sur les côtes sud de la Méditerranée, où la gestion de l'eau est un problème vital.



Une meilleure connaissance du devenir des pollutions

Egouts, déchets industriels ou ménagers plus ou moins biodégradables, gaz d'échappement, dégazages de bateaux... toutes sortes de pollutions aboutissent dans les eaux, et sont transportées par les courants. Elles s'accumulent dans les profondeurs, quand elles ne s'échouent pas sur les côtes. La faune, déjà peu abondante, souvent surexploitée par la pêche, et la flore méditerranéennes en subissent les conséquences.

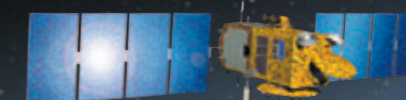
Pour plus d'information :

MFSP : <http://sirio.cineca.it/~mfsp000/>
MEDIAS : <http://medias.meteo.fr/>
Altimétrie : <http://www-aviso.cnes.fr>
Couleur de l'eau : <http://seawifs.gsfc.nasa.gov/> ;
<http://polder@www-projet.cnes.fr:8060/>
Température de l'eau : <http://podaac.jpl.nasa.gov/sst/>

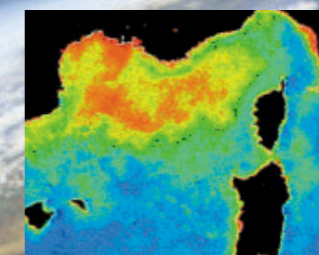
Sources :

CLS, CNES, CNRS/LEGOS, ESA, IFA/CNR, IFREMER, NASA, NOAA/Scripps Institution of Oceanography.

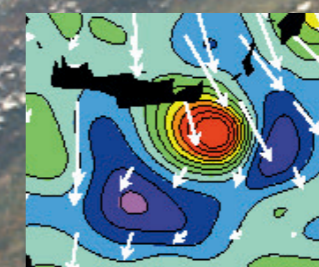
Les satellites prennent le pouls de la Méditerranée



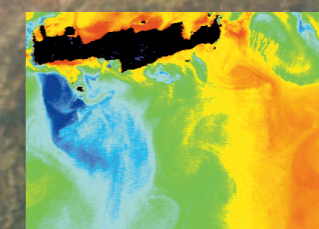
Jason-1



Les alluvions du Rhône (couleur de l'eau)



Tourbillon au large de la Crète (altimétrie)



Tourbillon au large de la Crète (température de surface)

Berceau et carrefour de civilisations, la Méditerranée est aujourd'hui une mer en péril. Avec près de 400 millions de riverains, un trafic maritime important, ainsi qu'un tourisme très développé, la pression humaine sur ses écosystèmes se fait de plus en plus forte. Sur les côtes comme au large son équilibre est menacé. La Méditerranée influe en outre beaucoup sur le climat des pays riverains, et leurs ressources en eau.

Les satellites d'observation des océans apportent chacun leur pierre à la connaissance de la Méditerranée et à sa prévision, à travers des modèles et des programmes d'étude. Cette connaissance, ces prévisions, devraient permettre, demain, de mieux résoudre, voire de prévenir les problèmes.