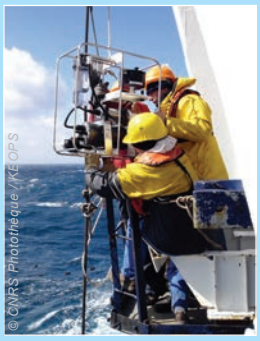
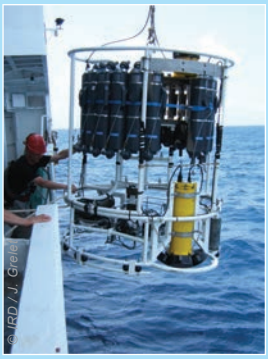
la chimie pour comprendre la mer


© CNRS Photothèque / KEOPS

Comment comprendre le monde qui nous entoure sans faire appel à la chimie ? Tôt ou tard, les sciences de la vie et de la terre doivent faire appel aux sciences de la matière pour continuer à faire progresser les connaissances.


© IRD / J. Grelet

La chimie occupe ainsi une part croissante dans les sciences de la mer. A côté de la chimie marine se sont développées de multiples applications en biologie, en écologie, en géologie, ainsi que des approches intégrées comme la "biogéochimie".

© IRD / [illegible]

***La chimie pour comprendre la mer**, c'est un regard différent porté sur des réalités qu'on croit pourtant bien connaître. C'est aussi, par quelques exemples, une plongée au cœur de certains des laboratoires de l'Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM) à Brest, capitale des sciences de la mer.*

© IRD / B. Gobert

© CNRS Photothèque / Eric BRIEELLE

© D.R.

Réalisation
B. Gobert
avec le concours de
V. Aumond, A.-C. Blaizot, C. Galland, C. Sabourin, V. Tanguy, (Merscidoc)

Comité scientifique
J.A. Barrat
C. Bassoullet
G. Chazot
F. Guérard
R. Riso
G. Sarthou

Infographie
M. Briand
B. Gobert

Dessins
Nono

Conseil et validation
E. Grossteffan
S. L'Helguen
P. Rimmelin
V. Stiger-Pouvreau
J. Thébault
P. Tréguer

INSU-CNRS UBO IRD iuem INSTITUT UNIVERSITAIRE EUROPÉEN DE LA MER OBSERVATOIRE DES SCIENCES DE L'UNIVERS

MerSciDoc

cnrs

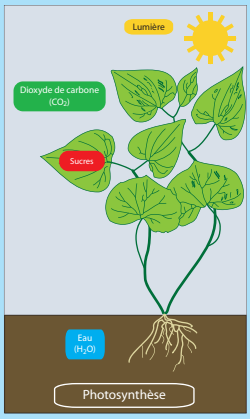
Année internationale de la CHIMIE 2011

Sur terre, les plantes utilisent l'énergie lumineuse pour produire la matière de base des chaînes alimentaires. A plusieurs kilomètres sous la surface de la mer, il n'y a plus aucune lumière. Pour produire de la matière organique, des bactéries prennent alors la place des plantes, et la chimie celle de la lumière…

La chimie, énergie des abysses

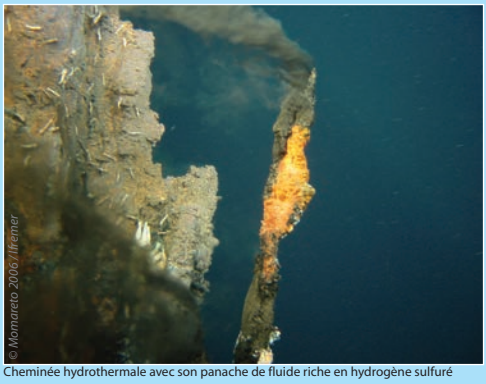
La vie dans le noir absolu des grands fonds marins

Les sucres sont une des molécules de base nécessaires à la vie. Les plantes les fabriquent à partir du dioxyde de carbone (CO_2) et de l'eau (H_20). Pour cela, elles utilisent l'énergie lumineuse du soleil : c'est la photosynthèse, point de départ de la plupart des chaînes alimentaires que nous connaissons.



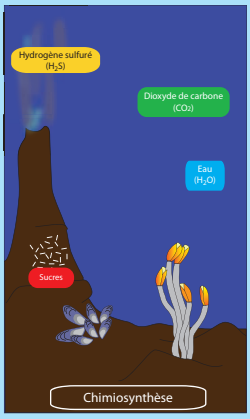
PHOTOSYNTHESE :
énergie solaire + eau + dioxyde de carbone => sucres + dioxygène

Mais dans les grands fonds océaniques où règne le noir absolu, il y a aussi des chaînes alimentaires dont la base est là encore la transformation de CO_2 et d'eau en sucres et autres molécules organiques. En l'absence de lumière, ce sont des molécules qui vont fournir à des bactéries l'énergie nécessaire à la fabrication des sucres.
La chimiosynthèse y remplace la photosynthèse.


© Momateto 2005 / Ifremer

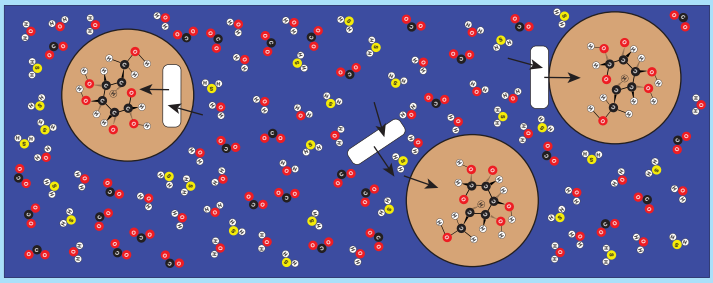
Cheminée hydrothermale avec son panache de fluide riche en hydrogène sulfuré

Les sources hydrothermales sous-marines, d'origine volcanique, libèrent un fluide très riche en hydrogène sulfuré (H_2S). En absorbant des molécules de H_2S, les bactéries s'approvisionnent en énergie : au cours de la réaction avec l'oxygène, les liaisons entre les atomes d'hydrogène et de soufre vont être rompues, libérant l'énergie nécessaire à la synthèse des sucres.



CHIMIOSYNTHESE :
hydrogène sulfuré + eau + dioxyde de carbone => sucres + acide sulfurique

Les composés organiques (sucres et autres molécules) synthétisés par ces bactéries sont transmis aux autres organismes par différents mécanismes, selon qu'elles vivent dans l'eau, fixées sur eux ou même à l'intérieur de leurs cellules. Ainsi naissent des oasis de biodiversité dans ces milieux aussi hostiles à la vie que sont les sources hydrothermales profondes.



© Exomar 2005 / Ifremer

Modioles, bivalves proches des moules, sur un site hydrothermal de la dorsale médio-atlantique

INSU-CNRS UBO IRD
iuem
INSTITUT UNIVERSITAIRE EUROPÉEN DE LA MER
OBSERVATOIRE DES SCIENCES DE L'UNIVERS
MerSciDoc

Le sable provient de la désagrégation de matériaux d'origine minérale ou organique : roches, coraux, coquilles,... La forme et surtout la couleur de ses grains sont très variables ; elles dépendent de leur composition chimique et de leur histoire : érosion, transport par le vent ou l'eau.

la chimie pour comprendre la mer

Les sables de la mer

La chimie, les couleurs et les formes

Plage de sable volcanique à Sulfur Bay (Vanuatu)

Plage de sable corallien sur l'île de Lifou (Nouvelle-Calédonie)

Plage de sable siliceux à Porsmilin (Finistère)

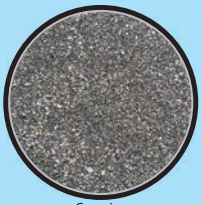
Le sable est toujours blanc et fin dans les catalogues des agences de voyage, mais qui n'a pas remarqué que toutes les plages sont différentes ? Les grains y sont plus ou moins gros, leurs couleurs sont différentes, il peut contenir des débris de coquillages… Pourquoi le sable est-il noir, gris, vert, rose, rouge, jaune ou d'un blanc immaculé ? Ces variations de couleur n'ont rien à voir avec une pollution mais sont dues à la composition chimique des grains.

Ile de Batz

Mauritanie

Ile de Bréhat

Martinique


Canaries

Les sables viennent pour la plupart de la décomposition des roches. Les grains sont faits des minéraux qui les composaient : quartz, olivine, micas, feldspath… Même si tous ces minéraux ont une composition chimique à base de silicates, leurs couleurs diffèrent par leur mode de cristallisation, les éléments qu'ils contiennent (parfois en très faibles quantités) et même les "impuretés" qui ne font pas partie de la structure cristalline.

Débris coquillers en cours de fragmentation

Mais tous les sables ne sont pas d'origine exlusivement minérale. Certains contiennent des grains calcaires ou même en sont uniquement constitués ; ils proviennent de la fragmentation de coquilles ou de squelettes de coraux sous l'action des vagues ou de certains organismes broyeurs.

Baie de Lannion

Ile de Groix

La couleur et l'aspect des sables reflètent donc leur provenance et les modalités de leur transport et de leur dépôt. Chaque sable est différent et témoigne de son histoire, pour qui sait le lire !

INSU-CNRS UBO IRD
iuem
INSTITUT UNIVERSITAIRE EUROPÉEN DE LA MER
OBSERVATOIRE DES SCIENCES DE L'UNIVERS
MerSciDoc

L'eau de mer est avant tout constituée… d'eau, mais renferme aussi un grand nombre de composés et d'éléments chimiques. Si le "sel" est très largement dominé par le chlorure de sodium, la plupart des composés mineurs jouent un rôle fondamental pour les organismes marins malgré leurs concentrations extrêmement faibles.

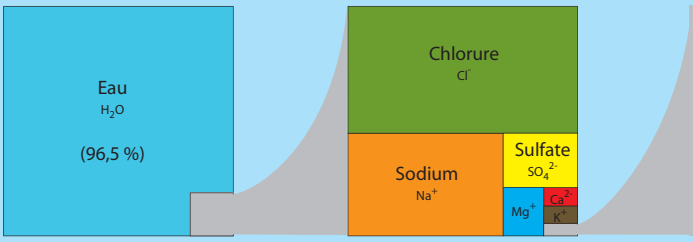
la chimie pour comprendre la mer

De l'eau et du sel

La chimie subtile de l'eau de mer

Qui n'a jamais "bu la tasse" en se baignant à la plage ? Qui ne connaît pas cet inimitable goût de sel ? Et pourtant, qui sait de quoi est composée l'eau de mer ? Dans le "sel" de la mer, il y a bien d'autres choses que le chlorure de sodium presque pur du sel raffiné utilisé en cuisine !

Sel brut produit par évaporation, dans un marais salant à Batz-sur-mer



Sels nutritifs : nitrates, phosphates, silicates,...

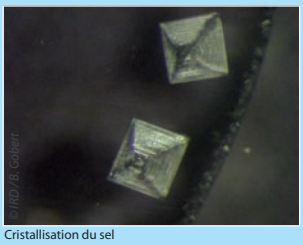
Gaz dissous : oxygène, dioxyde de carbone, azote,...

Métaux : fer, manganèse, nickel, cuivre, zinc, chrome, ...

Substances organiques : sucres, acides aminés,...

Les deux principaux constituants du sel (chlore et sodium) ne jouent aucun rôle biologique direct, mais ont une grande importance physique. En effet leur abondance (la salinité) détermine, avec la température, la densité de l'eau de mer, dont les différences sont un des moteurs de la circulation océanique.

En revanche, la plupart des composés mineurs sont indispensables à la vie marine : sels nutritifs (production végétale), gaz dissous (production et respiration), métaux (structure des protéines). Les composés organiques, au contraire, sont le produit de l'activité biologique.



Cristallisation du sel

Beaucoup de ces composés mineurs sont présents à des concentrations qui se mesurent en parties par million (gramme/tonne), voire en parties par milliard (milligramme par tonne).
Ces échelles sont très abstraites ! Mais si une piscine de 50 m de long sur 15 m de large était remplie d'eau de mer, on y trouverait environ :

- **1400 tonnes** d'eau pure

- **50 tonnes** de chlorure de sodium
- **2 tonnes** de magnésium et 1 de soufre

- **6 kilogrammes** de bore et 4 de silicium

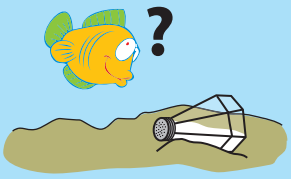
- **91 grammes** d'iode
- **9 grammes** de nickel, 7 de zinc et 5 de fer
- **1 gramme** d'aluminium, de titane, de cuivre ou d'étain

Et même… **16 milligrammes** d'or !

D'où vient le sel de la mer ?

De la terre !

Le lessivage des roches terrestres par les pluies est le principal mécanisme par lequel l'eau douce des océans primitifs s'est progressivement chargée en certains éléments chimiques qui forment aujourd'hui le "sel".



INSU-CNRS UBO IRD
iuem
INSTITUT UNIVERSITAIRE EUROPEEN DE LA MER
OBSERVATOIRE DES SCIENCES DE L'UNIVERS
MerSciDoc

Les couleurs des algues marines témoignent des processus chimiques conduisant à l'utilisation optimale de la lumière qui filtre à travers la surface. Selon la profondeur, des pigments de différentes couleurs collectent l'énergie lumineuse et la transforment en énergie chimique.

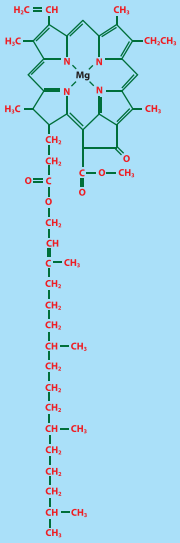
la chimie pour comprendre la mer

Des algues et des couleurs

Des pigments pour capter la lumière

Les algues vertes, brunes et rouges coexistent à marée basse

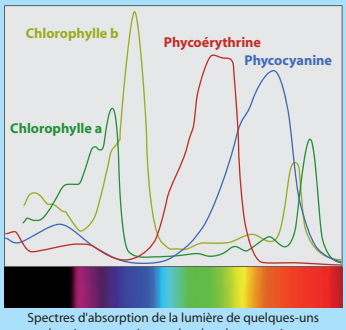
Qui n'a pas remarqué que les algues du bord de mer sont vertes, rouges ou brunes ? Mais qui sait que ces belles couleurs cachent une chimie complexe de l'énergie et de la lumière ?


Structure de la molécule de chlorophylle a

En réalité, les algues sont d'abord vertes ! Toutes contiennent en effet de la chlorophylle, même si celle-ci peut être masquée d'autres pigments jaunes, oranges ou rouges. Il y a différentes molécules de chlorophylle, mais une seule, appelée *chlorophylle a*, est capable de transformer l'énergie lumineuse en énergie chimique par la photosynthèse : elle est donc indispensable aux végétaux.

Extraction de la chlorophylle chez une algue rouge (*Chondrus crispus*), une algue verte (*Ulva lactuca*) et une algue brune (*Laminaria saccharina*)

Mais la chlorophylle a n'utilise pas toute la lumière solaire : elle absorbe surtout le rouge et le bleu et renvoie les autres couleurs, dont le vert qui lui donne sa couleur. Les végétaux améliorent leur capacité de photosynthèse grâce à d'autres pigments qui ne sont pas capables de réaliser la photosynthèse mais captent la lumière à laquelle la chlorophylle a n'est pas sensible pour lui en transmettre l'énergie.



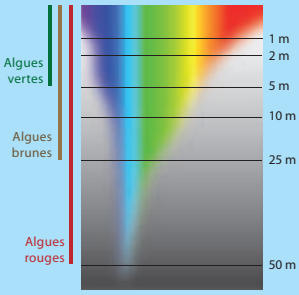
Spectres d'absorption de la lumière de quelques-uns des pigments présents chez les algues marines

Couleur et lumière

Un pigment absorbe certaines radiations et renvoie les autres, notamment vers notre œil : ainsi la chlorophylle est verte car elle absorbe le rouge et le bleu ; la phycoérythrine est rouge car elle absorbe surtout le vert.

Ces "pigments accessoires" sont d'autant plus utiles aux algues qu'elles ne reçoivent qu'une lumière réduite : à 10 m sous la surface, l'intensité lumineuse a été divisée par 7 et presque toutes les radiations rouges ont disparu. La nature et l'abondance de ces pigments expliquent la succession verticale des algues, des vertes (toujours proches de la surface) aux brunes puis aux rouges (qui peuvent vivre le plus profond).

Peuplement d'algues en Manche



Pénétration de la lumière et limite approximative de profondeur des algues

INSU-CNRS UBO IRD
iuem
INSTITUT UNIVERSITAIRE EUROPÉEN DE LA MER
OBSERVATOIRE DES SCIENCES DE L'UNIVERS
MerSciDoc

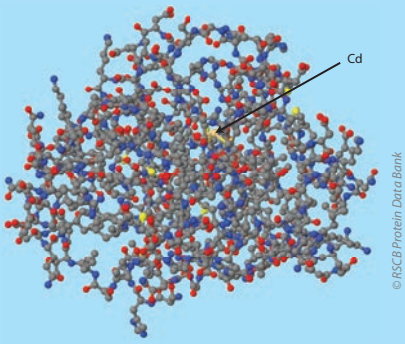
Présents en quantités infimes dans l'eau de mer, des éléments comme le fer ou le zinc sont indispensables à la vie. Mais leur rareté ou leur forme chimique limite la production biologique d'immenses régions de l'océan pourtant riches en sels nutritifs. Un vaste domaine de recherche s'est ouvert sur ces "éléments traces".

la chimie pour comprendre la mer

Des "traces" à ne pas négliger

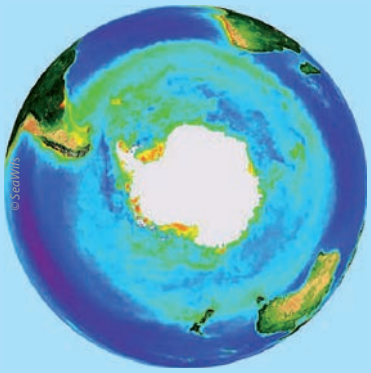
Presque rien dans l'eau…, mais la vie en a besoin

Comme chez tous les êtres vivants, beaucoup de protéines des organismes marins ont besoin d'ions métalliques pour assurer leur fonction biochimique : le fer, le zinc, le cobalt ou le cadmium en sont quelques-uns. Mais ces "éléments traces" sont extrêmement rares dans la mer : selon les cas, il faudrait traiter des centaines, des milliers voire des millions de tonnes d'eau pour en obtenir un gramme !



© RSCB Protein Data Bank

Cette enzyme (anhydrase carbonique) d'une diatomée marine contient 1765 atomes dont un seul de Cadmium (Cd)



©Seaviews

L'océan Austral est la plus importante des "régions HNLC" : riche en sels nutritifs, mais pauvre en chlorophylle

Non seulement ces éléments sont très rares, mais ils ne sont pas toujours utilisables par les organismes vivants. En effet, ils existent dans l'eau sous de multiples formes physico-chimiques (la "spéciation") : intégrés à des molécules organiques (êtres vivants ou débris morts) ou minérales, fixés sur des grosses molécules colloïdales, réellement dissous ou associés à des "ligands" qui les rendent plus solubles.

Fertiliser l'océan ?

En favorisant le plancton, l'apport de fer dans des régions océaniques peu productives contribuerait à réduire le taux de CO_2 dans l'atmosphère Conduite à grande échelle, cette fertilisation aurait cependant de graves conséquences écologiques.

Les éléments traces sont au coeur de questions scientifiques très larges, comme le paradoxe de la faible production biologique de vastes régions pourtant riches en sels nutritifs, comme l'océan austral. C'est l'abondance et la biodisponibilité du fer qui y limitent en partie la production de plancton, donc sa capacité à absorber le CO_2 atmosphérique. Ces études permettent d'évaluer l'intérêt, et surtout les risques, d'une "fertilisation" artificielle de l'océan par du fer.

©CNRS / G. Sarthou

Même à bord d'un navire, les conditions de travail sont extrêmement rigoureuses

©IRD / B. Couture

Un des spectromètres de masse du "Pôle de spectrométrie océan" à Brest

La rareté des éléments traces est un véritable défi technologique. Pour mesurer des concentrations aussi infimes, il faut éviter toute contamination grâce à des outils de prélèvement "ultra-propres", puis utiliser des appareils extrêmement performants, comme des spectromètres de masse capables de doser un grand nombre d'éléments dans des échantillons de faible volume. Les progrès de ces techniques ont permis de montrer le rôle des éléments traces, puis d'en faire avancer la connaissance.

INSU-CNRS UBO IRD
iuem
INSTITUT UNIVERSITAIRE EUROPEEN DE LA MER
OBSERVATOIRE DES SCIENCES DE L'UNIVERS

MerSciDoc

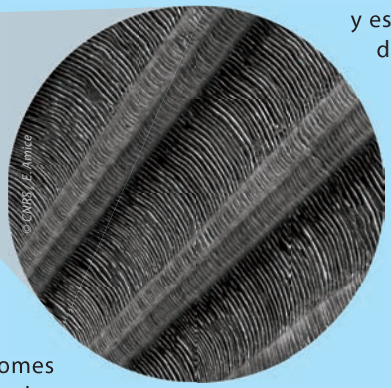
Comme les autres bivalves, la coquille St Jacques fabrique une coquille à base de cristaux de carbonate de calcium, dont la composition chimique présente d'infimes variations déterminées en partie par les conditions du milieu. Les coquilles sont donc des archives naturelles de l'environnement, que les scientifiques apprennent à décrypter.

la chimie pour comprendre la mer

La chimie secrète des coquilles

Des archives naturelles de l'environnement marin

© UBO / A. Le Mercier


© CNRS / E. Amice

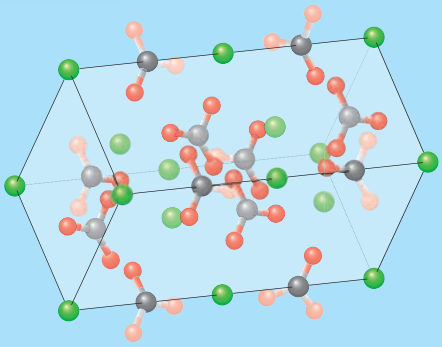
La coquille des bivalves est une architecture complexe de protéines et de cristaux de carbonate de calcium, élaborés à partir des éléments chimiques extraits de l'eau de mer.

Mais ces cristaux présentent d'infimes variations : le calcium y est parfois remplacé par du strontium, du baryum ou d'autres éléments, des impuretés peuvent s'intercaler dans la structure cristalline, et les proportions des isotopes stables de l'oxygène et du carbone sont variables.

L'abondance relative de ces atomes dans la coquille dépend de nombreux facteurs, parmi lesquels les conditions de milieu au moment de la formation des cristaux : température, salinité, etc. Certains d'entre eux en sont des témoins fiables : ainsi l'oxygène 18 (^{18}O), d'autant plus abondant que l'eau est froide, indique la température à un demi-degré près.

Les isotopes stables

Certains éléments existent sous plusieurs formes appelées isotopes, différant par le nombre de neutrons de leur noyau, par exemple ^{16}O, ^{17}O et ^{18}O pour l'oxygène. Les isotopes stables ne se désintégrant pas, leurs proportions restent constantes au cours du temps



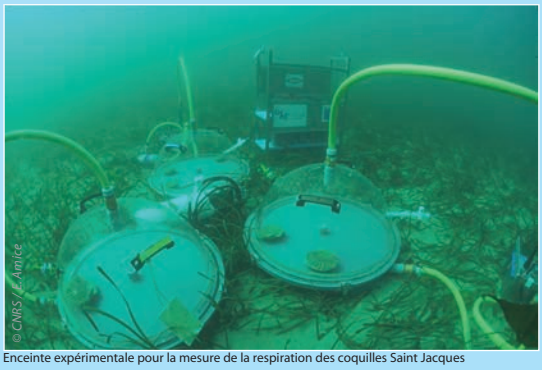
Structure cristalline de la calcite, forme du carbonate de calcium constituant la coquille Saint Jacques

© IRD / B. Gobert

Prélèvement d'échantillons très ponctuels (moins de 0,1 mm) par un faisceau laser (ici sur des otolithes)

Les techniques archéologiques permettent de dater des coquilles vieilles de plusieurs centaines ou milliers d'années. En mesurant les éléments traces et les isotopes stables sur des coquilles de différentes époques, on peut reconstituer l'évolution à long terme de l'environnement, et ainsi mieux comprendre les variations naturelles du climat de la Terre.

Mais, à part quelques cas comme l'oxygène 18, les relations entre la composition chimique de la coquille et les conditions de milieu sont très complexes. Pour décrypter l'archive environnementale qu'est la coquille, il faut comprendre les processus physiologiques et biochimiques qui conduisent au dépôt des cristaux. C'est ce que tentent de faire les scientifiques qui étudient la coquille Saint Jacques et de nombreuses autres espèces.


© CNRS / E. Amice

Enceinte expérimentale pour la mesure de la respiration des coquilles Saint Jacques

INSU-CNRS UBO IRD
iuem
INSTITUT UNIVERSITAIRE EUROPÉEN DE LA MER
OBSERVATOIRE DES SCIENCES DE L'UNIVERS

MerSciDoc

Il y a bien du gaz carbonique dans la mer ! Il provient des échanges avec l'atmosphère et de la respiration des organismes vivants, et réagit avec l'eau de telle sorte qu'à l'équilibre l'océan est basique. L'océan absorbe une partie du CO_2 produit par les activités humaines, mais cela le rend plus "acide" et menace les espèces à coquille ou squelette calcaire.

Il y a du gaz dans l'eau…

L'océan, le CO_2 et le cycle du carbone

La surface océanique, immense interface d'échanges gazeux

Les océans couvrent plus des deux tiers du globe ; à travers cette immense surface, l'air et la mer échangent constamment des éléments qui peuvent être gazeux ou dissous. C'est ainsi que l'océan absorbe environ 30% du gaz carbonique émis dans l'atmosphère par les activités humaines. Son rôle modérateur dans le réchauffement global est pourtant lourd de conséquences car la dissolution du CO_2 modifie profondément les écosystèmes marins.

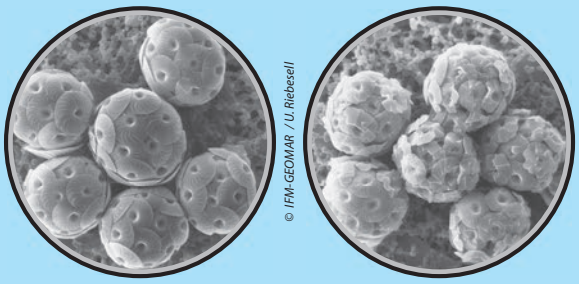
Dans les conditions océaniques actuelles, le CO_2 qui traverse la surface et se dissout dans l'eau ne reste pas longtemps sous cette forme, car il se transforme en acide carbonique puis en ions bicarbonate et carbonate. Les proportions de ces formes successives du carbone sont définies par une série d'équilibres chimiques que l'apport de CO_2 déplace. En absorbant du CO_2, l'océan devient ainsi plus acide : son pH diminue.

Les équilibres du carbone

Dissolution :
$CO_2(gaz) \rightleftharpoons CO_2(dissous)$
Acide carbonique :
$O_2(dissous) + H_2^2 \rightleftharpoons H_2CO_3$
Ions bicarbonate :
$H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$
Ions carbonate :
$HCO_3^- \rightleftharpoons H^+ + CO_3^{2-}$
Carbonate de calcium :
$Ca^{2+} + 2HCO_3^- \rightleftharpoons CO_2 + H_2O + CaCO_3$

Cette acidification imperceptible a pourtant des conséquences biologiques majeures. Les équilibres chimiques déplacés sont à la base de la cristallisation ou la dissolution du carbonate de calcium, matériau de base des coquilles ou des squelettes calcaires de très nombreuses espèces marines. Qu'il s'agisse de certaines algues microscopiques ou d'immenses récifs coralliens, une moindre capacité de calcification a des répercussions dans l'écosystème océanique tout entier.

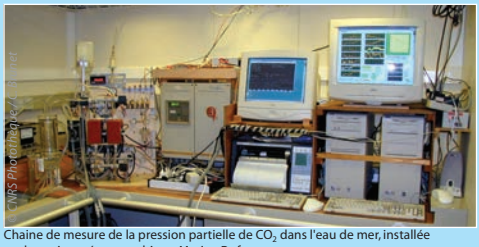
Les barrières de corail, gigantesques réservoirs de carbonate de calcium



Teneur actuelle — Teneur possible à l'avenir

Effet de la teneur de l'eau en CO_2 sur la formation des coccolithes, plaques calcaires d'un groupe d'algues unicellulaires planctoniques

Les deux mécanismes par lesquels l'océan absorbe le CO_2 rejeté par les activités humaines sont la "pompe physique" (dissolution dans l'eau de mer) et la "pompe biologique" (conversion en matière organique par la photosynthèse). Inversement, la précipitation de carbonate de calcium libère du CO_2 dans l'eau : c'est la "contre-pompe des carbonates".
Pour quantifier ces processus très complexes, les scientifiques s'aident de mesures directes sur le terrain, d'expérimentations en laboratoire et de modèles mathématiques.



Chaine de mesure de la pression partielle de CO_2 dans l'eau de mer, installée sur le navire océanographique *Marion Dufresne*

INSU-CNRS UBO IRD
iuem
INSTITUT UNIVERSITAIRE EUROPEEN DE LA MER
OBSERVATOIRE DES SCIENCES DE L'UNIVERS
MerSciDoc

Tous les organismes synthétisent, pour leurs propres besoins, un grand nombre de molécules, dont les propriétés biologiques peuvent être utiles à l'homme pour sa santé ou ses activités. Les organismes marins en sont un réservoir encore très mal connu, dont l'exploitation ouvre de nouvelles perspectives de valorisation des ressources.

Des molécules très utiles

La bio-activité marine au service de l'homme

L'évolution repose avant tout sur la chimie : l'adaptation des espèces à leur environnement dépend des processus biochimiques au niveau cellulaire. Connaître et comprendre ces mécanismes permet à l'homme d'identifier des molécules actives répondant aux besoins de sa santé (anti-oxydants, anti-bactériens, anti-fongiques, anti-tumoraux, etc.) ou de ses activités (anti-salissures, protection contre les ultraviolets,…).

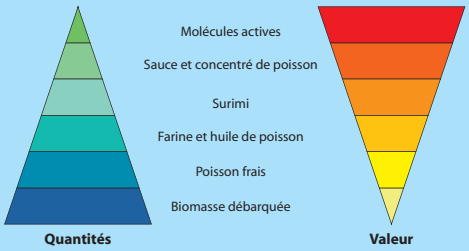
Les frondes de ces laminaires bénéficient d'un "antifouling" naturel

La capacité des macro-algues à capter la lumière est améliorée par l'absence d'organismes fixés sur leur surface. Elles synthétisent pour cela des molécules empêchant la formation du "biofilm" bactérien et la fixation des autres organismes. Ces molécules d'origine naturelle pourraient avantageusement remplacer les composés toxiques entrant dans la composition des peintures utilisées jusqu'ici pour protéger les coques des navires, les cages aquacoles, les canalisations, etc.

Carcasses de saumons produits par l'aquaculture

L'oxydation des molécules organiques est une source de stress, de vieillissement et de pathologie chez tous les organismes, qui la combattent en synthétisant des composés anti-oxydants. En apporter un complément peut permettre de ralentir la dégradation des aliments et de prévenir ou traiter certaines maladies. Les organismes marins synthétisent une grande variété d'anti-oxydants (pigments, composés phénoliques, etc.), dont les scientifiques étudient la structure chimique et l'activité.

Récolte des algues à Ouessant



Ces travaux illustrent les liens entre l'acquisition de connaissances fondamentales et leur transfert vers des applications industrielles. L'extraction des molécules actives permet en effet de valoriser des ressources peu exploitées comme les algues ou les déchets ("co-produits") de poisson. Le faible tonnage produit est compensé par la très forte valeur ajoutée associée à certains des marchés de ces molécules, comme la santé, l'alimentation ou les cosmétiques.

La production de molécules actives nécessite des coproduits de très bonne qualité

Déchets et co-produits

Dans un poisson, environ la moitié n'est pas utilisée pour l'alimentation humaine. La tête, les viscères, le squelette et les restes de chair cessent d'être des déchets pour devenir des "co-produits" quand ils sont valorisés par un traitement approprié.

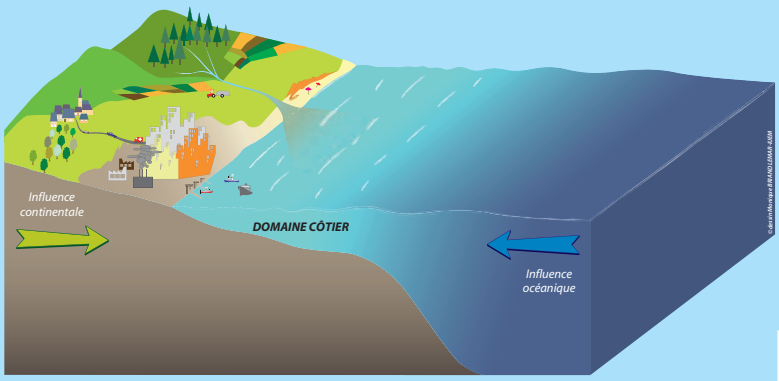
INSU-CNRS UBO IRD
iuem
INSTITUT UNIVERSITAIRE EUROPEEN DE LA MER
OBSERVATOIRE DES SCIENCES DE L'UNIVERS
MerSciDoc

Le domaine côtier est une interface complexe, objet de nombreux usages et affectée par les activités humaines. Ces enjeux immédiats et l'impact du changement global imposent de comprendre son évolution à long terme, ce qui ne peut se faire sans un suivi scientifique rigoureux, où la chimie marine occupe une place centrale.

La chimie, témoin du milieu

Un observatoire scientifique du domaine côtier

La zone côtière est un milieu beaucoup plus complexe que l'océan du large : variable dans le temps, hétérogène dans l'espace, c'est une zone d'interfaces et d'échanges entre l'océan et la terre, la surface et le fond.



Elle est précieuse pour les activités humaines comme la pêche, l'aquaculture, les transports ou les loisirs. Mais elle peut être fortement perturbée, à différentes échelles de temps et d'espace, par l'impact des activités agricoles, urbaines et industrielles, par les introductions d'espèces ou par le changement climatique.

L'importance des enjeux liés à son utilisation et sa conservation nécessite un suivi scientifique détaillé sur le long terme. Le rôle d'un "observatoire" du domaine côtier est de suivre l'évolution du milieu et des communautés biologiques, et de détecter les perturbations. Il s'agit notamment de distinguer l'impact des activités humaines et celui des fluctuations naturelles.

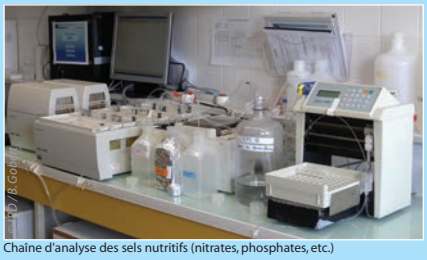
La station SOMLIT de Brest et la bouée MAREL-Iroise

MAREL et SOMLIT

En France, deux réseaux assurent le suivi physico-chimique du domaine côtier : MAREL (9 bouées automatisées) et SOMLIT (8 stations de prélèvement). A Brest, la proximité des deux sites permet à la fois un suivi à haute fréquence (MAREL) et une étude détaillée (SOMLIT) des principaux paramètres.

Prélèvement d'échantillon d'eau à la station SOMLIT de Brest

Les composés chimiques présents dans l'eau de mer sont à la base de la production biologique et leur étude est donc essentielle pour l'observation du domaine côtier. Celle-ci assure le suivi, en mer ou au débouché des rivières, des principaux paramètres chimiques de l'eau de mer : salinité, pH, oxygène dissous, silicates, nitrites, nitrates, ammonium, phosphates, chlorophylle… La qualité du suivi est assurée grâce à la rigueur des protocoles de prélèvement et d'analyse en laboratoire.



Chaîne d'analyse des sels nutritifs (nitrates, phosphates, etc.)

INSU-CNRS UBO IRD
iuem
INSTITUT UNIVERSITAIRE EUROPÉEN DE LA MER
OBSERVATOIRE DES SCIENCES DE L'UNIVERS

MerSciDoc

Comment fonctionne la machine terrestre ? L'observation directe des couches profondes de la Terre est impossible, mais la géochimie, appliquée aux roches issues des différents types de volcans, permet de mieux comprendre la formation des magmas et la dynamique interne du manteau.

la chimie pour comprendre la mer

Aux sources des magmas

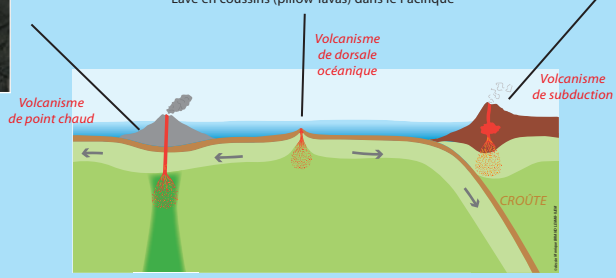
La chimie des entrailles de la Terre

Tous les volcans ne se ressemblent pas. Il existe une grande variété de manifestations éruptives et de roches volcaniques, selon les mécanismes tectoniques qui leur donnent naissance : dorsales océaniques (écartement de deux plaques océaniques), subduction (plongée d'une plaque sous une autre), points chauds (remontée ponctuelle du manteau sous une plaque), etc.

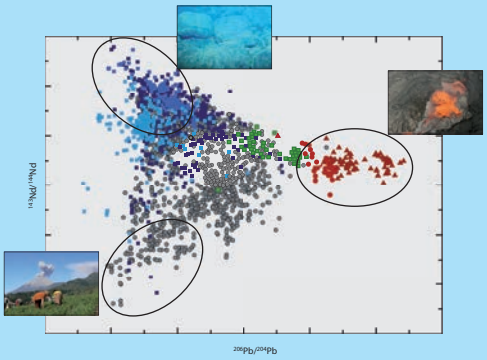
Lave du volcan Erta Ale (Ethiopie)

Lave en coussins (pillow-lavas) dans le Pacifique

Le volcan Semeru dans l'île de Java (Indonésie)



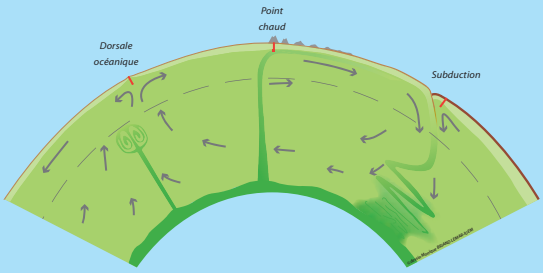
Les magmas qui alimentent ces volcans proviennent tous d'une même source, le manteau, situé entre le noyau de la Terre et la croûte continentale ou océanique. Mais leur diversité montre que cette source n'est pas homogène. Les roches du manteau ont en effet une composition chimique variable, qui témoigne des conditions de leur formation et des mouvements de convection qui les animent.



Les rapports isotopiques (comme ceux du Plomb et du Néodyme) permettent d'étudier l'origine des magmas

Préparation des échantillons de roche dans la "salle blanche" en vue de l'analyse de leur composition chmique

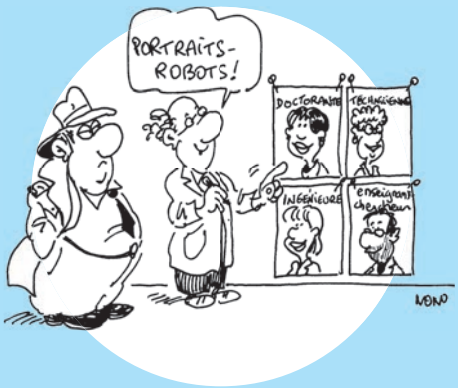
Le manteau lui-même est inaccessible à l'observation, mais l'analyse de la composition chimique des roches éruptives, qui en sont issues, permet de formuler des hypothèses sur sa dynamique. Par leurs proportions ou celles de leurs isotopes, certains éléments présents en quantités même très faibles peuvent témoigner de la formation des magmas au sein du manteau et des processus qui s'y déroulent tout au long de l'histoire de la Terre.



Un des modèles de la dynamique interne du manteau

INSU-CNRS UBO IRD
iuem
INSTITUT UNIVERSITAIRE EUROPÉEN DE LA MER
OBSERVATOIRE DES SCIENCES DE L'UNIVERS

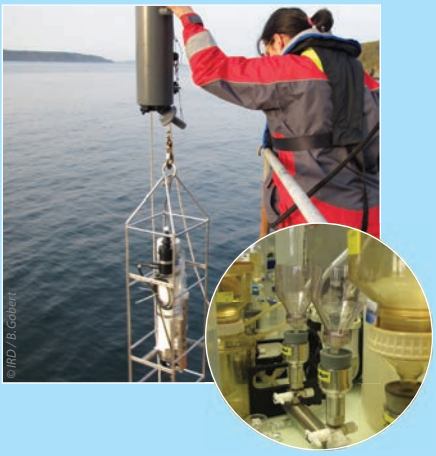
MerSciDoc



Qui sont les hommes et les femmes qui ont recours à la chimie pour comprendre la mer ? Une équipe de recherche associe les compétences complémentaires de techniciens, d'ingénieurs et de chercheurs, et accueille des étudiants. Tous ont des parcours différents, axés sur la chimie elle-même ou y aboutissant via la biologie ou la géologie.

La mer et ses chimistes

Formations et métiers au sein des labos



Emilie

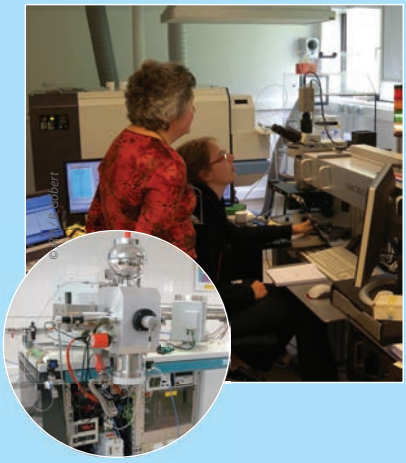
Technicienne d'analyses chimiques

J'ai un DUT de biologie "Génie de l'environnement" de l'UBO. A l'IUEM, j'assure le suivi des paramètres physico-chimiques et biologiques de l'eau dans le cadre d'un réseau national d'observation du milieu marin, Somlit. C'est sur la rigueur de mon travail que repose la confiance que les utilisateurs ont dans la qualité des données. Des protocoles très précis doivent donc être respectés pour le prélèvement, la conservation des échantillons, la filtration, le dosage et l'analyse de l'eau en laboratoire.

Camille

Doctorant

Je termine mes études par un doctorat en océanologie biologique, trois ans de recherches sur un groupe d'algues brunes : les cystoseires. Je suis biologiste, et pourtant, il y a autant de chimie que de biologie dans ma thèse ! C'est en effet en produisant certaines molécules que les algues peuvent résister à des conditions de milieu difficiles. Mon travail part de l'étude des cystoseires dans leur milieu naturel jusqu'à l'isolement et l'identification de ces molécules en laboratoire.



Claire

Ingénieure

Géochimiste de formation, je suis responsable de plusieurs appareils extrêmement performants et coûteux au "Pôle de spectrométrie océan" à Brest. Mon métier a plusieurs facettes nécessitant une connaissance approfondie des machines et de leur utilisation : mettre en place de nouvelles techniques d'analyse, conseiller et former les utilisateurs pour l'analyse de leurs échantillons biologiques, chimiques ou géologiques, identifier les problèmes techniques pour intervenir moi-même ou appeler le réparateur.

Ricardo

Enseignant-chercheur

Au laboratoire, je mets au point des méthodes pour doser de très faibles concentrations d'éléments métalliques, et je les applique sur le terrain pour comprendre la distribution et le devenir de ces métaux dans les zones côtières ou les grands fonds océaniques. Mais j'ai aussi un autre métier : j'enseigne différentes branches de la chimie à l'université, aux étudiants de l'IUT et du Master. Mon temps se partage donc entre les navires océanographiques, le laboratoire de chimie et les salles de cours : je trouve très motivant et enrichissant cet équilibre entre enseignement et recherche.

INSU-CNRS UBO IRD
iuem
INSTITUT UNIVERSITAIRE EUROPÉEN DE LA MER
OBSERVATOIRE DES SCIENCES DE L'UNIVERS
MerSciDoc