

Christian Camara

Claudine Gaston

# PEUT-ON JOUER AU FRISBEE AVEC UNE TONG ?



Et autres  
questions  
amusantes

De sciences  
à la Plage



**PEUT-ON JOUER AU FRISBEE  
AVEC UNE TONG ?**

**Et autres questions amusantes  
De sciences à la Plage**

Christian Camara  
Claudine Gaston

Illustrations de Gilles Macagno



**DES MÊMES AUTEURS,  
AUX ÉDITIONS ELLIPSES**

## **INTRODUCTION**



*Comment fabrique-t-on une poule ?*, 224 pages, 2008.

Les vacances à la plage approchent, un an déjà que vous les attendiez ! Quelle sera la tendance cette année ? Transat et parasol ou journées archibookées, entre tournoi de beach-volley et plongée, sans compter votre record de ricochets qu'il faut absolument améliorer.

Oisif ou hyper-actif, peu importe, ne bronzez pas idiot ! C'est qu'à la plage, on a tout sous la main, une sorte d'encyclopédie grandeur nature, avec un laboratoire en prime. Le temps d'abord, soleil, nuages, vent (marre de ce parasol qui s'envole), la pluie aussi (dépression garantie !) et l'effet de serre (c'est lui qui transforme votre voiture en fournaise). L'environnement ensuite, l'eau, le sable, le courant (revenez). Découvrez d'où vient la mer, qui l'a salée et savourez le moment : mieux vaut se baigner au Lavandou qu'à Vénus-les-Bains ou Mars-sur-Plage, toujours à sec. En plus, vous pourrez tenter quelques expériences de plage en suivant le guide.

Si vos vacances sont « trop fun », en attendant la vague, percez ses secrets : comment s'est-elle formée ? où va-t-elle ? d'où vient-elle ? Avant de tenter un *beachstart* en *kitesurf*, faites connaissance avec la portance et la traînée en jouant au cerf-volant. Et remportez (enfin !) le tournoi de beach-volley grâce au

ISBN 978-2-7298-4367-0

©Ellipses Édition Marketing S.A., 2009  
32, rue Bargue 75740 Paris cedex 15



Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5.2° et 3°a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective », et d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

[www.editions-ellipses.fr](http://www.editions-ellipses.fr)

service « feuille morte » en tirant partie du nombre de Reynolds et des effets de la turbulence. Pour des vacances « trop cool », faites la planche en compagnie d'Archimède et évaluez la charge maximale supportée par votre matelas pneumatique. Tant pis pour ceux qui resteront sur le rivage.

Mais si vous êtes plutôt « coquillages et crustacés », apprenez pourquoi les poissons ne se baladent jamais sur la plage et comment ils voient sous l'eau sans masque. Découvrez pourquoi l'oursin mérite-t-il le détour et comment nager sans risques (ou presque) au milieu d'un banc de méduses en faisant le clown. Et la seiche, savez-vous que ce mollusque est un disciple de Newton ?

Mettez votre corps à l'heure d'été. C'est le moment de buller sous l'eau, de se faire suer en plein soleil tout en gardant la tête froide. Et puis question incontournable : comment bronze-t-on ? Réponse intégrale garantie.

Alors, plongez vite dans *Peut-on jouer au Frisbee avec une tong* ? Aucun risque de vous noyer... sauf à trop rire sous l'eau.

## PEUT-ON JOUER AU FRISBEE AVEC UNE TONG ?

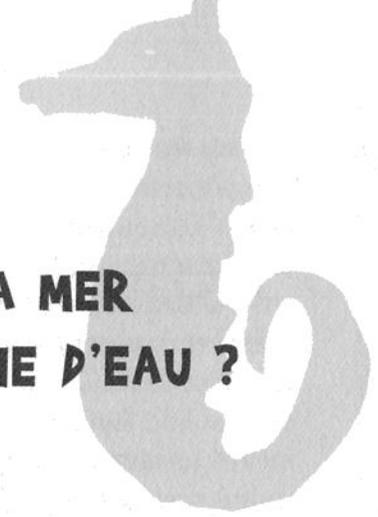


Le Frisbee, c'est facile, pour certains plus que pour d'autres. Le corps plié, un coup de poignet, et hop ! l'engin décolle, prend de la hauteur, suspend son vol puis se décide à atterrir dans les mains du partenaire, servi sur un plateau. Lancé par d'autres — suivez mon regard —, le Frisbee s'envole, ondule franchement et s'écrase sur la tranche en faisant « dong dong » avant de rouler sur le voisin en pleine sieste. Repli vers un endroit moins fréquenté et première leçon : le Frisbee vole grâce à l'énergie qu'on lui impulse. Pourtant, mains jointes au-dessus de la tête, lancez-le de toutes vos forces en poussant un grand « Hummmm » : il s'écrase au bout de deux mètres. L'énergie ne suffit pas, le mouvement manque de style. Deuxième leçon : le Frisbee se comporte comme une aile d'avion. Petite expérience de plage : tenez par un bord une feuille de papier à hauteur de vos lèvres et soufflez au-dessus. Stupeur, la feuille qui penchait se redresse. Bizarre, vous auriez parié le contraire. En fait, vous avez chassé l'air au-dessus de la feuille et créé une dépression, un trou d'air. Sous la feuille, la pression n'a pas changé et du coup la différence de pression entre les deux faces est telle que la feuille se soulève. Un avion vole de la même façon : comme l'aile est courbe, l'air circule plus vite au-dessus qu'en dessous, une dépression se forme, générant une

force, la portance, qui le soulève malgré son poids. Idem pour le Frisbee, profilé comme une aile d'avion. Une aile d'avion un peu particulière tout de même, une aile en forme de disque, un profil réservé aux soucoupes volantes. Alors, le Frisbee a une contrainte : tourner sur lui-même pour répartir uniformément la portance, sinon il pique du nez. Une vitesse insuffisante, et la portance s'applique à l'avant, notre Frisbee bascule et s'écrase sur la serviette du monsieur ronchon. C'est le même principe pour une toupie, plus elle tourne, mieux les forces se répartissent et l'objet reste en équilibre. Voilà pourquoi le lancer du Frisbee demande de dérouler d'abord le bras au maximum puis le poignet en fin de mouvement, condition nécessaire pour donner une vitesse de rotation suffisante à l'engin. Mais si faute de Frisbee sous la main vous essayez avec une tong, ça ne marchera pas... L'engin trop peu circulaire n'atteindra jamais une vitesse de rotation assez élevée et s'écrasera (toujours sur le même).

Dernière remarque avant une nouvelle tentative : des stries ornent la face supérieure du Frisbee. Ce n'est ni pour la déco, ni pour empêcher la main de glisser. Pendant la rotation, elles créent des tourbillons d'air au-dessus de l'engin. Au lieu de frotter sur le Frisbee, l'air est dévié par ces tourbillons, ce qui permet à notre bolide d'aller plus loin. Maintenant, à vous de jouer. Et si vous n'y arrivez toujours pas, gardez votre calme, ce livre n'est pas un Frisbee.

## POURQUOI LA MER EST-ELLE REMPLIE D'EAU ?



La planète Terre, c'est 361 millions de km<sup>2</sup> de mer et océans, soit 70 % de sa surface. D'où vient toute cette eau ? Sans quitter votre position allongée (vous l'avez bien méritée), relevez la tête — quelques secondes seulement — et regardez. Devant c'est la mer, plate comme l'horizon que vous dominez légèrement. Heureusement, sinon vous seriez déjà submergé. Derrière vous, le continent, la promenade du Lavandou avec ses vendeurs de chi-chi ou la falaise d'Étretat et sa colossale masse de craie. Vous l'avez compris, la mer est là car l'eau ne pouvait aller nulle part ailleurs. En effet, rien de plus prévisible que l'eau : elle s'écoule du point le plus haut vers le point le plus bas.

L'eau, amenée par les fleuves, s'accumule dans les zones au relief en creux, comme celui des mers et des océans. En somme, nous nous baignons dans une immense cuvette. Après la pluie, l'eau ruisselle sur les continents puis, canalisée par les fleuves ou les rivières, circule en suivant la pente et se retrouve un beau jour dans la mer. Pas très propre tout ça, direz-vous en pensant à l'état du trottoir devant chez vous (surtout après la promenade du chien du voisin). Le grand lessivage du continent concentre les polluants, particules et autres cochonneries dans les cours d'eau

— mais l'eau des villes est traitée avant de retourner au fleuve. Bien sûr, tout se dilue dans l'immense réservoir (1 370 millions de  $\text{km}^3$ ), jusqu'à une certaine limite évidemment.

La mer n'est pas le terminus, d'ailleurs il n'y en a pas. À peine arrivée, l'eau, soumise à l'évaporation, pense déjà à repartir. Levez la tête et regardez les gros nuages qui vous arrivent droit dessus. C'est de l'eau, transportée par l'atmosphère. Dans tous ses états, solide, liquide et gazeux, la composition de l'eau reste la même : un atome d'oxygène lié à deux atomes d'hydrogène. Par contre, comme l'assemblage des molécules change, l'eau devient méconnaissable. Car, sans les connaître, qui devinerait que glace et eau liquide sont formées de la même molécule ?

## ET L'EAU, D'OÙ VIENT-ELLE ? (en Dehors du robinet)

Quoi de plus monotone que l'existence d'une molécule d'eau : tourner en rond encore et encore, cycle après cycle. Pourtant, ça n'a pas toujours été le cas. L'eau avait en effet une autre vie avant d'être prise dans ce cycle infernal. À la naissance de la Terre, il y a 4,55 milliards d'années, pas une goutte d'eau, pas une plage où étendre sa serviette. Pourtant, progressivement l'eau s'est installée, transformant la Terre en « planète bleue ». D'où venait-elle ? Des profondeurs, aussi étonnant que cela soit. La Terre, formée par l'accumulation de matière après la formidable explosion d'une étoile géante, était à son origine une boule chaude en fusion, bouillonnant de l'intérieur. Ensuite, elle s'est refroidie et les éléments qui y mijotaient se sont répartis sous l'effet de la gravité. Petit à petit, les plus denses se sont accumulés au centre (le fer dans le noyau de la Terre) et les autres ont diffusé vers la surface, formant des couches de moins en moins denses. Restaient les éléments volatiles, trop légers pour faire de vieux os dans ce chaudron. Comme une locomotive à vapeur furibarde, pendant les premiers millions d'années de son existence, la Terre les a expulsés par dégazage. Un gigantesque volcanisme a marqué les débuts de son histoire, rejetant du dioxyde de carbone, du méthane, de l'azote... et de la vapeur d'eau. La température sur Terre, encore de plusieurs centaines de degrés, a diminué progressivement, l'eau s'est condensée et a précipité : le premier océan mondial est né. Le scénario était parfait jusqu'à ce que d'autres scientifiques

viennent mettre leur grain de sable (ou de sel), en proposant un deuxième puis un troisième. Et si l'eau venait du ciel, des météorites plus exactement ? Le bombardement météoritique ayant affecté la Terre à ses débuts (et à l'origine de sa formation) aurait apporté l'eau. Pour d'autres, le précieux liquide proviendrait de l'écrasement de nombreuses comètes sur la Terre à ses débuts, comètes constituées de 80 % de glace. Tout compte fait, ces trois scénarios ne s'excluent pas et de récents travaux sembleraient indiquer qu'ils ont coexisté. Quoi qu'il en soit, point de baigneurs, de poissons, ni même de plancton, dans ce premier océan, mais il va pourtant jouer un rôle majeur pour l'avenir de notre planète. L'eau est en effet un solvant, elle peut prendre en charge des molécules et les dissoudre, en particulier les gaz. Tout à l'heure, vous irez à la buvette de la plage prendre un diabolo menthe. Observez bien la limonade, la myriade de bulles jaillissant à l'ouverture de la bouteille. C'est du dioxyde de carbone (du gaz carbonique), qui se trouvait déjà dans la bouteille avant l'ouverture, mais sous forme dissoute. Du sucre aussi est dissous dans la limonade. Notre océan primitif, vous l'avez compris, c'est la bouteille de limonade. Il va progressivement absorber le dioxyde de carbone atmosphérique et le dissoudre. Ensuite, celui-ci se combinera à d'autres éléments chimiques, le calcium par exemple. Regardez la falaise blanche derrière vous, d'où croyez-vous qu'elle vienne ? Du fond de l'océan, là où le calcium s'est associé avec le dioxyde de carbone pour former du calcaire.

La dissolution du dioxyde de carbone a été vitale pour notre histoire, rien de moins qu'une condition nécessaire à l'apparition de la vie. Car le dioxyde de carbone atmosphérique est responsable de l'effet de serre. Moins de dioxyde de carbone dans l'atmosphère, l'effet de serre diminue, et avec lui la température. Enfin la vie pouvait apparaître. Quand vous irez vous tremper, pensez à ces molécules d'eau qui vous entourent. Elles étaient déjà là il y a un peu moins de 4,5 milliards d'années et grâce à elles vous barbotez heureux comme un poisson dans l'eau. Merci qui ?

## COMMENT BRONZER INTÉGRAL ?

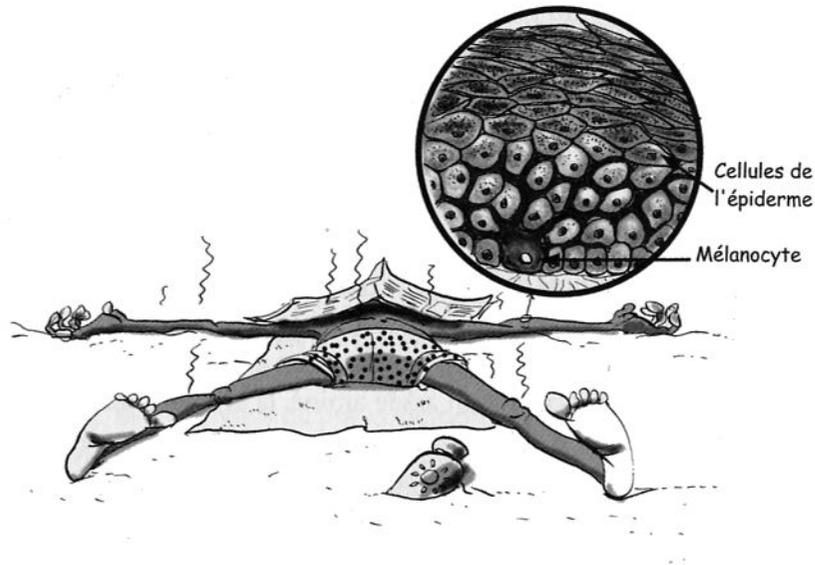


Mine de rien, bronzer est une activité qui demande de l'énergie. Le corps enduit d'une couche huileuse, l'aoûtien se prélassse sur le sable chaud tandis que ses millions de cellules dermiques et épidermiques sont sur le pont. C'est à ce prix qu'elles lui éviteront — peut-être — un gros coup de soleil, mais il ne faut tout de même pas attendre d'elles l'impossible.

Bronzer demande de l'énergie car des synthèses sont nécessaires. Blanches comme le lait ou noires comme l'ébène, toutes les peaux fabriquent la même substance, la mélanine, qui colore peau, cheveux ou iris, un véritable filtre protégeant des dégâts du soleil. En réalité, il existe différentes sortes de mélanine, à l'origine des nuances de ton d'une peau à l'autre. Toutes les peaux en synthétisent grâce à des cellules, les mélanocytes, sauf celles des albinos en raison de la mutation d'un gène.

Tout commence par un acide aminé, la tyrosine, qui, après plusieurs réactions chimiques activées par des enzymes, est transformé en mélanine. Débute alors un long voyage pour la mélanine, empaquetée à l'intérieur de granules, car il faut maintenant assurer sa livraison. D'abord, les granules migrent à l'intérieur du mélanocyte, direction la sortie. Un vrai périple pour s'y retrouver, dans ce dédale. La membrane du mélanocyte

forme en effet des ramifications qui donnent à l'ensemble un aspect tortueux. Ce n'est pas une bizarrerie de la nature, mais une nécessité. En effet, la plupart des cellules de la peau, celles de l'épiderme par exemple, sont incapables de synthétiser cette substance. Comment se protéger des coups de soleil alors ? Grâce aux mélanocytes, le genre de cellules qu'on aimerait avoir parmi ses amis, qui ne se contentent pas de fabriquer la mélanine mais la distribuent autour d'elles. Avec ses ramifications, un mélanocyte approvisionne une quarantaine de ses voisines. Les grains de mélanine, arrivés à l'extrémité d'une ramification de la cellule, lui disent ciao, passent dans les cellules épidermiques et vous donnent ce teint qui vous va si bien.



Et le soleil là-dedans, que fait-il ? Lui, pas grand-chose, mais plutôt ses rayons ultraviolets. Quand ils frappent, les cellules épidermiques envoient un SOS (les malheureuses s'en prennent plein la membrane, elles sont aux premières loges). Les UV en effet provoquent la scission d'une substance, jusqu'alors inactive, qui se transforme en messenger. Elle va frapper à la porte des mélanocytes en les prévenant que ça chauffe, qu'il y a même le feu au lac. Les mélanocytes ont compris le message, ils activent leur synthèse de mélanine, il faut bien aider les copines. Mais, comme chaque midi au restaurant *Les Pieds dans l'eau*, ils risquent d'être débordés, les plats vont encore arriver en retard et les clients vont râler. Allez, encore un peu de crème ?



## D'OÙ VIENT LE SABLE ? (sinon de la serviette du voisin)

Combien de grains de sable sur une plage, des millions ou des milliards ? Mais d'où viennent-ils ? Si vous êtes à l'abri d'une falaise de grès, jetez-y un coup d'œil. Il suffit de gratter un peu la roche pour qu'elle se désagrège et libère ses cristaux. Avec leur aspect de grains de sel, pas de doute, il s'agit de quartz. Ramassez une poignée de sable et comparez : ce sont les mêmes ! Au pied de la falaise s'accumulent des blocs de roche de toutes tailles. Infiltration, effet de la gravité, du gel et bien sûr action des vagues, la falaise s'érode et s'éboule. Fragmentée en morceaux de plus en plus fins, la roche libère ses cristaux que les vagues répandent sur la plage — afin que vous puissiez confortablement vous allonger. La nature est bien faite !

Certaines plages ont vite fait de vous décorer sans que vous n'ayez rien demandé. Leur spécialité ? Vous coller sur le corps de minuscules paillettes brillantes dont vous aurez bien du mal à vous défaire même en frottant énergiquement avec la serviette. Ce sont des cristaux de mica qui proviennent d'une autre roche, le granite, dont l'érosion approvisionne la plage en sable. Si vous êtes sur une plage du Finistère, ce sont les gros chaos de roches qui vous entourent. Évidemment on ne trouve pas de massif de granite à chaque coin de plage. Alors d'où vient le sable ? En piquant une tête dans l'eau, de préférence avec un masque, on peut y voir, surtout si la mer est agitée, de minuscules particules scintiller, des

cristaux en suspension. Le sable de la plage, qui provient de roches situées un peu plus loin, est transporté par les courants littoraux, puis déposé. Parfois le voyage est encore plus long car l'érosion affecte aussi les roches continentales, situées à des centaines ou des milliers de kilomètres des côtes. Prises en charge par les cours d'eau, les particules arrachées aux roches voyagent avec les fleuves et les rivières, aussi loin que la force de l'eau le permet. Sur la plage des Sables-d'Olonne par exemple, chaque jour le sable est livré depuis les massifs granitiques auvergnats. Merci la Loire ! Arrivées à la mer, seules les particules les plus fines, comme les argiles, restent en suspension ; les grains de sable, trop lourds, se déposent plus ou moins rapidement.

Suivre le sable à la trace est une activité prisée des géologues. Muni d'une simple loupe, il s'agit d'en retrouver l'origine, proche ou lointaine, grâce à l'aspect des grains de quartz. Anguleux et brillants, ils ne sont pas usés et n'ont donc pas été transportés. Ils proviennent sans doute de la falaise derrière la plage. Si les grains sont au contraire encore luisants mais émoussés, ils ont été usés mais les chocs atténués : l'eau les a transportés. Une forme ronde et un aspect mat révèlent au contraire une usure sévère générée par des chocs violents (à l'échelle d'un grain en tout cas). Ils ont alors été amenés par le vent.

Le sable peut même avoir une origine biologique. Expérience de plage (tropicale) : pressez (fort) un citron sur le sable ; des bulles s'en échappent, il fait effervescence à l'acide. Vous êtes en présence de calcaire qui provient de coquillages ou de coraux. En cherchant bien, on en distingue des fragments. Et le sable noir, celui de l'île de la Réunion ou de l'île de Santorin par exemple ? Ou le sable vert des îles Hawaï ? Des minéraux, le pyroxène dans le premier cas, l'olivine dans le second, participent à sa composition, mais l'essentiel est constitué par les fragments non cristallisés de roches, comme le basalte. Ce sont des sables volcaniques. Mais volcanique ou granitique, le sable a mis des millions d'années à se former. Alors n'y écrasez pas vos mégots !



## **POURQUOI LES POISSONS NE SORTENT-ILS JAMAIS DE L'EAU ?**

Nul besoin d'être expert ichtyologique pour savoir que les poissons se promènent rarement sur la plage. Et pourquoi ? Timidité excessive, mépris pour l'aoûtien moyen ou agoraphobie ? Rien de cela, contraintes physiologiques tout simplement. Les poissons n'ont pas de pattes, soit, limaces et serpents non plus et pourtant ils déambulent sur la terre ferme. L'eau est l'élément naturel des poissons, pourrait-on dire, ce qui ne ferait pas avancer les choses. D'ailleurs, l'eau est tout autant notre élément, puisque nous en sommes composés à 70 %, la laitue à 95 % et nous vivons à l'air libre en compagnie de ce légume. L'eau autour de nos cellules, c'est notre mer intérieure. Chacune baigne dans un liquide salé, grosso modo avec les mêmes ions que l'eau de mer, mais moins concentré. Sans lui, les cellules se déshydrateraient, vouées à une mort certaine. Les poissons eux aussi ont leur mer intérieure, alors pourquoi refusent-ils de mettre la tête dehors ? Parce qu'ils redoutent de se faire sécher. La peau des poissons, même recouverte d'écailles, est une vraie passoire, elle n'arrête rien, et surtout pas l'eau. La nôtre au contraire est blindée, en tout cas imperméable. Deux couches constituent notre peau,

le derme en profondeur, surmonté de l'épiderme. Les cellules de notre épiderme ont une propriété qui fait toute la différence entre nous et une vulgaire morue : elles sont imprégnées de kératine. Et c'est tant mieux, car des cellules pleines de kératine, rien de tel pour vous transformer la peau en ciré breton, la discrétion en plus. La kératine est en effet une protéine fibreuse et imperméable qui s'accumule dans les cellules de l'épiderme. Alors, celles-ci se transforment, s'aplatissent, et, fortement accrochées les unes aux autres, forment une couche, absente chez les poissons et qu'ils nous envient, car elle nous permet de conserver notre « mer intérieure », même à l'air libre. Voilà une raison pour laquelle on n'est pas près de voir les poissons mettre le nez dehors. Mais une autre contrainte les oblige à barboter toute leur vie : l'air leur aplatit les branchies en moins de temps qu'il n'en faut à une sardine pour détecter l'hameçon du pêcheur du mois d'août. Les poissons respirent dans l'eau par des branchies, nous dans l'air par des poumons. Rien de commun dans la structure de ces deux organes, pourrait penser le néophyte. Pourtant branchies et poumons sont des surfaces d'échanges, fines couches de cellules, riches en vaisseaux sanguins, facilement traversées par l'oxygène. Les branchies pourraient donc absorber l'oxygène de l'air. Pourtant, ça ne marche pas. Il suffit de voir un poisson à peine sorti de l'eau écarter les ouïes qui cachent ses branchies et crier « De l'eau, de l'eau, je veux respirer ». Pourquoi cette incongruité ? Car les branchies sont constituées de lames, elles-mêmes découpées en microscopiques lamelles pouvant capter l'oxygène dissous de l'eau. Mais, l'air, milieu peu dense contrairement à l'eau, n'est pas capable de soutenir les lamelles des branchies. Alors, elles se ratatinent les unes sur les autres, la fine dentelle devient une grosse masse épaisse, que l'oxygène ne peut plus traverser. Et l'on pourra faire tout le bouche-à-bouche que l'on veut à un poisson, rien n'y fera, il mourra asphyxié.



## POURQUOI LE PARASOL S'EST-IL ENVOLÉ ?

Le Frisbee qui vous revient en pleine figure, le parasol envolé qui manque d'éborgner une tranquille septuagénaire et en plus du sable dans les yeux, certains après-midi, mieux vaudrait rester à l'hôtel. Quant aux serviettes, disparues ! Pas de doute le vent s'est levé. Le vent, c'est l'atmosphère qui se met en mouvement. Et quand il se déchaîne, il vous soulève une voiture, vous arrache une toiture ou vous fait tomber un arbre sur la tête comme si vous étiez un vulgaire clou. Mais pourquoi toute cette agitation ?

L'air a une masse. Pesez votre ballon de beach-volley, gonflé puis dégonflé, vous verrez la différence. Cette masse subit l'effet de la pesanteur qui l'attire vers le sol. Conséquence : plus on s'élève, moins l'air est dense (pourquoi croyez-vous qu'on gravit l'Everest avec des bouteilles d'oxygène, pour la musculation ?). Sur le sol ou la mer, l'air appuie, il exerce une pression. Et comme d'un endroit à l'autre les conditions changent, la pression atmosphérique change aussi. Ici, la température plus élevée chauffe l'air qui, moins dense, s'élève et génère au sol une zone de basse pression ou dépression. Là au contraire, l'air plus froid et plus dense s'accumule en surface, c'est une zone de haute pression ou anticyclone. Anticyclone et

dépression sont comme votre chien et celui du voisin, toujours prêts à s'affronter. Et à chaque fois c'est l'anticyclone qui se dirige vers la dépression.

C'est un peu la même chose entre vous et GDF. Du gaz, il en reste dans votre tuyau, mais quand vous tournez le robinet, il ne repart jamais chez le distributeur, au contraire, il sort de votre cuisinière. Pourtant, vous ne l'avez pas aspiré ! Non, mais la pression, plus forte chez GDF, pousse le gaz dans un sens et pas dans l'autre. Idem pour le vent : l'atmosphère se déplace des hautes pressions vers les basses. Les différences entre anticyclone et dépression peuvent paraître minces : 1 020 à 1 050 hectopascals pour les premiers, un peu moins de 1 000 pour les seconds mais c'est parfois suffisant pour déclencher une tempête. Et plus la différence est élevée, plus le vent souffle fort.

Curieusement, des hautes pressions vers les basses, le trajet de l'air n'est pas rectiligne mais décrit une courbe. En effet, la Terre, tournant sur elle-même, se déplace en même temps que les masses d'air, mais pas dans la même direction. Celles-ci sont donc déviées par la « force de Coriolis » qui sans être une force agit comme telle. Conséquence : les vents sont déviés (vers la droite dans l'hémisphère Nord et vers la gauche dans l'hémisphère Sud). Attention, n'incriminez pas la force de Coriolis si vous perdez le tournoi de beach-volley, elle n'est significative que sur des objets de masse élevée se déplaçant sur de longues distances.

L'air se déplace aussi verticalement. Dans un anticyclone, il descend en tournant dans le sens des aiguilles d'une montre (dans l'hémisphère Nord) et subit une compression. Conséquence : il s'échauffe. Comme l'air est subsident, peu de risques que des nuages se forment : l'anticyclone est synonyme de beau temps.

Pour la dépression, c'est l'inverse. L'air de surface tourne dans le sens inverse des aiguilles d'une montre (dans l'hémisphère Nord), s'élève et se refroidit (merci pour les nuages !). Pas de doute, le mauvais temps est au rendez-vous.

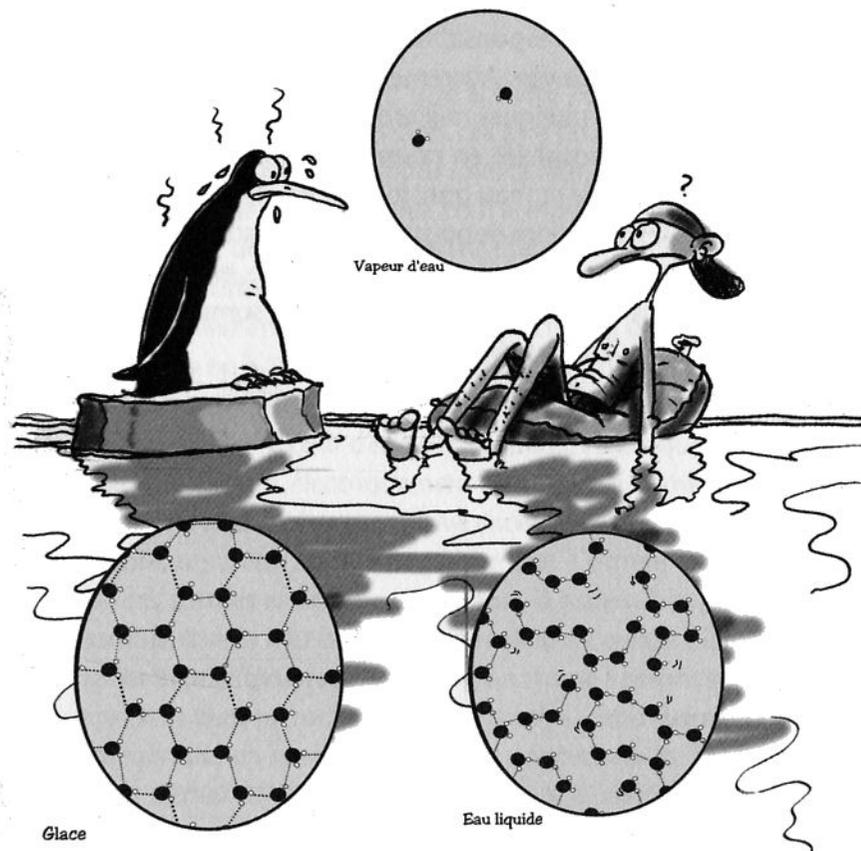
## À QUAND DES PLAGES DANS L'ESPACE ?

Le tourisme spatial a le vent en poupe, mais aucun risque pourtant de délocaliser la Grande Motte à Vénus-les-Bains ou de désertifier Pornic pour Mars-sur-Plage. L'eau est une spécialité terrienne, du moins sous sa forme liquide, ce qui est quand même plus pratique pour se baigner.

Pourtant sur d'autres planètes du Système solaire, comme Mars et Vénus, nos plus proches voisines, ou la Lune, notre satellite, l'eau existe mais sous forme gazeuse ou solide, pas liquide en tout cas. L'eau est une molécule simple ( $H_2O$ ), un atome d'oxygène lié à deux atomes d'hydrogène, toujours la même quel que soit son état : l'eau liquide a d'ailleurs le même goût qu'un glaçon (c'est-à-dire aucun), idem pour la vapeur d'eau. Seule l'organisation des molécules change. Dans une molécule, la liaison entre l'oxygène et l'hydrogène repose sur la mise en commun d'électrons, des particules chargées négativement. Mais le partage est inégal, l'oxygène, du genre avide, attire les électrons vers lui au détriment de l'hydrogène. Alors, la molécule d'eau, pourtant électriquement neutre dans son ensemble, se retrouve avec un pôle négatif du côté de l'oxygène et un pôle positif du côté des hydrogènes. Elle forme un dipôle électrique. Les conséquences ne sont pas minces : elles expliquent les propriétés de l'eau.

Comme les charges électriques de signes opposés s'attirent, l'oxygène d'une molécule d'eau fait de l'œil à un hydrogène de la molécule voisine et s'y accroche par une liaison dite hydrogène. Ainsi, dans l'eau liquide, chaque molécule reliée à sa voisine édifie un ensemble solidaire mais souple.

Dans la glace, les liaisons hydrogènes devenues indéformables imposent aux molécules une disposition ordonnée, rendant l'ensemble rigide. Et avec ses molécules tenues à distance les unes des autres, la glace est moins dense que l'eau liquide.



Dans la vapeur, la rareté des liaisons hydrogène autorise au contraire les molécules à vaquer librement.

Mais pourquoi de l'eau liquide seulement sur Terre ? Parce que c'est la seule planète qui lui convienne. Une température élevée comme sur Vénus (supérieure à 400 °C) et les molécules d'eau, qui s'agitent dans tous les sens, incapables d'établir des liaisons hydrogène, restent à l'état gazeux. Refroidissez comme sur Mars et au contraire les liaisons se raidissent, les molécules se figent et le liquide forme de la glace. Pourquoi alors des traces d'eau liquide sur Mars ? À ses débuts, la planète disposait d'une atmosphère épaisse responsable d'un effet de serre et d'une température plus élevée. Autrement dit, se baigner sur Mars était possible il y a quelques milliards d'années. Mais incapable de retenir son atmosphère en raison de sa petite masse, Mars s'est depuis refroidie et l'eau transformée en glace.

Sur Terre, les conditions de pression et température permettent les trois états de l'eau et surtout de l'eau liquide, exceptionnelle dans le Système solaire. Pas de doute, nous ne sommes pas près d'amener les maillots sur Mars ou sur Vénus.

très

## MAIS QUI A MIS DU SEL DANS L'EAU ?

Visiter un marais salant, une activité éco-touristique très tendance cet été ! Mais attention, ces gros tas de sel qui dorment dans un coin ne sont pas là pour saler la mer. Au contraire, ils en proviennent. Car la mer est salée, tout le monde le sait. Seulement quand il s'agit de savoir d'où vient ce sel, les réponses sont plus évasives. Commençons par une pincée de chimie. Le sel marin est principalement constitué par l'association de deux ions, le sodium (il y en a 10,8 g par litre d'eau) et le chlore (13,3 g/l). Le premier est un cation, un atome qui s'est fait piquer un électron (pire que dans une cour d'école !), particule électrique négative. Résultat, le sodium, électriquement déséquilibré, comme tous les cations, porte une charge positive excédentaire. Le voleur, c'est le chlore, un anion chargé négativement. Comme les opposés s'attirent, surtout en électricité, ces deux-là étaient faits pour vivre ensemble, dans la mer ou dans notre assiette. Pourtant, ils ont des origines bien différentes. Le sodium, un atome à l'esprit voyageur, est présent dans les roches : granite, basalte... et d'autres encore. D'ailleurs elles en sont les principales pourvoyeuses. Sans qu'on leur ait demandé leur avis, elles se le font arracher comme s'il s'agissait du sac à main d'une vieille dame. Le coupable, c'est l'eau de pluie. Régulièrement, les roches se prennent les précipitations

sur la tête, de l'eau avec d'autres substances souvent acides, ce qu'elles n'apprécient pas. Sortez un flacon de vinaigre ou un citron de votre sac de plage — ou allez demander à la paillote en leur disant que c'est pour une expérience —, déposez quelques gouttes sur la falaise en calcaire juste derrière : pssschittt, ça fait des bulles, du dioxyde de carbone se dégage. Encore quelques gouttes et un trou finit par apparaître, maintenant arrêtez avant qu'on ne vous accuse de vandalisme. L'acide a provoqué une réaction chimique et libéré des éléments, ici le dioxyde de carbone, qui s'est échappé de la roche. La pluie, surtout acide a le même effet — en plus modeste — que le jus de citron, elle altère les roches, leur arrache des constituants. En attaquant le granite, une des principales roches continentales, elle libère des ions qui, amenés par l'eau de ruissellement, finissent dans les fleuves et rivières jusqu'à la mer. D'ailleurs, rien de plus simple pour le vérifier : sortez la bouteille d'eau minérale de votre glacière et consultez l'étiquette : sodium, chlore, et d'autres encore, les mêmes que dans la mer, mais en beaucoup moins concentrés. Pourquoi ? Arrivé dans le grand bain, le sodium reste en suspension tandis que l'eau s'évapore. Progressivement, le sodium devient plus concentré. Cette théorie, proposée la première fois par l'Anglais Edmund Halley en 1715 (le même qui calcula la périodicité de la comète et qui depuis a son nom dans les étoiles), pose toutefois un sacré problème : l'eau de mer devrait continuellement s'enrichir en sodium puisque son apport, tout comme l'évaporation, est permanent. Un calcul (tenant compte du volume de la mer et de l'apport des fleuves) montre que la concentration en sodium doublerait en quelques dizaines de millions d'années. Comme les fleuves coulent depuis au moins 4 milliards d'années (pas les mêmes qu'aujourd'hui évidemment), tous les océans et les mers ne seraient depuis longtemps qu'une croûte de sel et à côté, la mer Morte, une piscine d'eau douce. Aucun doute, le sodium est recyclé. Au milieu de l'océan, non loin des dorsales, ces

chaînes de volcans sous-marins, l'eau s'infiltré dans le plancher chauffé par l'activité volcanique. Là, à l'inverse de ce qu'il a subi sur les continents, le sodium réagit avec les roches du plancher océanique qui le piègent. Résultat : chaque année, la quantité de sodium extraite de l'océan est équivalente à celle apportée. Évidemment cet équilibre n'a pas toujours été, sinon la mer ne serait pas salée ! Et le chlore ? Son histoire est bien différente. Contrairement au sodium, le chlore, plutôt du genre solitaire, ne se lie pas avec n'importe qui et surtout pas n'importe où (sauf avec le sodium dans l'eau de mer, évidemment). En conséquence, on en trouve peu dans les roches. Mais alors d'où vient-il ? Son histoire est ancienne. Dégazé par les volcans il y a plus de quatre milliards d'années, le chlore s'est retrouvé dans l'atmosphère avec la vapeur d'eau. Quand la Terre s'est refroidie, l'eau s'est condensée et le chlore l'a suivie dans l'océan. Quatre milliards d'années, c'est long... Heureusement, depuis, il a rencontré un nouvel ami.

## COMMENT GARDER AU FRAIS SA BOUTEILLE D'EAU SANS SE BRÛLER LES PIEDS ?

L'aoûtien, plus encore que le juilletiste, est confronté à un problème de taille : le chaud. Il l'a bien cherché ! De la bouteille pourtant enfouie au fond du sac en passant par le sable brûlant, tout est chaud sur la plage, sans parler de l'ambiance même si ça n'a rien à voir. Avec quelques trucs de plage, on pourra limiter les dégâts.

Oubliée hors du sac, la bouteille d'eau — celle sur laquelle toute la famille comptait pour ne pas mourir de soif — est devenue imbuvable. Leur expliquer comment elle s'est échauffée étanchera au moins leur soif de connaissance. Un maître mot : « transfert thermique », c'est lui le coupable. Commencez par un jeu pour réchauffer l'atmosphère : forcez toute la famille à quitter le parasol et faites constater qu'il fait plus chaud. Pourtant, l'air est le même, mais le parasol arrête les infrarouges, ces rayons thermiques émis par le soleil. En percutant les objets, la bouteille d'eau ou notre peau, ils transmettent de l'énergie : les atomes s'agitent et la température grimpe. Ces infrarouges sévissent aussi la nuit, heureusement, car sans eux nous grelotterions (→ *Pourquoi ma voiture sur le parking de la plage s'échauffe-t-elle ? (et la planète avec)*, p. 121). Ainsi, la chaleur est transmise par rayonnement. Une solution pour l'éviter, interposer une surface réfléchissante qui

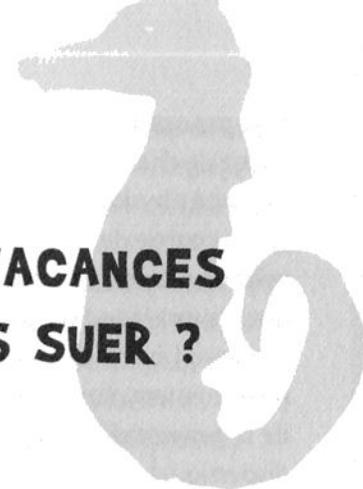
renverra les rayons ; pour la bouteille, un étui de couleur argentée, pour vous, un vêtement blanc, cette couleur absorbant moins le rayonnement que le noir (pas besoin de vous enrouler dans du papier d'aluminium).

Repli sous le parasol pour la suite. Il fait toujours très chaud, même à l'abri des infrarouges. En réalité, une partie rebondit sur le sable et vous arrive droit dessus, mais il y a autre chose. Nouvelle expérience de plage : traverser la plage pieds nus en plein après-midi. Ça brûle ! Les molécules du sable échauffées communiquent leur agitation à celles de la peau. Cette fois la chaleur est transmise par contact : c'est la conduction. Invisible, l'air aussi peut transférer sa chaleur par conduction. Seulement, la bouteille d'eau se réchauffera moins vite accrochée au piquet du parasol que posée sur le sable. Une densité plus élevée de molécules dans le sable que dans l'air rend le transfert plus efficace. Alors, pour lutter contre la conduction, entourez la bouteille avec un matériau dans lequel les molécules peuvent difficilement s'agiter. S'il est épais, la transmission de chaleur de proche en proche mettra plus de temps. Voilà pourquoi les étuis isothermes sont constitués d'une couche épaisse et dense. À défaut, entourer la bouteille d'une serviette, avec autant de tours que possible.

Dernier moyen pour transférer la chaleur : la convection. Pour la mettre en évidence, une expérience de plage va vous réconcilier avec tous : traversez la plage pieds nus, la règle du jeu vous autorisant cette fois-ci à déverser de l'eau sur la plante des pieds quand la douleur devient trop vive. Il s'agit de mettre en évidence un transfert de chaleur dans l'autre sens, un refroidissement, mais cela ne change rien sur le principe. Constatez tout d'abord que l'eau refroidit les pieds plus que l'air. Rien d'étonnant : l'eau, plus dense que l'air, conduit mieux la chaleur par conduction. L'important est ailleurs : pour refroidir les pieds, on ne se contente pas de les mouiller, mais on laisse couler l'eau,

quitte à vider la bouteille (de toute façon, maintenant, elle est imbuvable). L'eau à peine réchauffée est aussitôt renouvelée, le refroidissement des pieds est alors plus efficace, car le transfert de chaleur est amplifié par le mouvement. Même phénomène dans un radiateur (mais l'échange a lieu en sens inverse). La différence de température augmente les échanges, ce qui est valable pour la convection et la conduction. Pour mieux isoler la bouteille, placez-la au fond d'un sac, là où l'atmosphère est stable, à l'abri des mouvements de l'air. La bouteille d'eau se réchauffera d'autant moins vite. Rayonnement, conduction et convection, trois moyens de réchauffer votre bouteille et de vous gâcher un après-midi de plage.

## POURQUOI LES VACANCES ME FONT-ELLES SUER ?



Lézarder au soleil, curieuse expression ! Si l'aoûtien aime, comme le lézard, passer des heures au soleil, les similitudes s'arrêtent là, car chez le saurien la température grimpe, alors que chez nous elle reste stable, du moins jusqu'à une certaine limite. Nous n'avons pas le « sang chaud », pas plus que le lézard n'est un animal à sang froid. La différence tient à peu : quelques gouttes de transpiration.

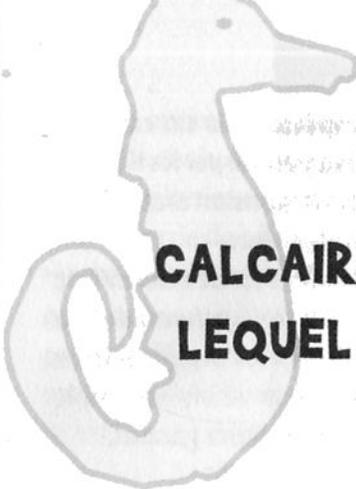
Si nous étions une vulgaire bouteille d'eau abandonnée sur la plage (-> *Comment garder sa bouteille au frais sans se brûler les pieds ?*, p. 26) ou un lézard, notre température devrait gagner une dizaine de degrés après une exposition prolongée au soleil. Un objet échange en effet de la chaleur avec son milieu et en atteint plus ou moins rapidement la température. Heureusement, nous repartons de la plage frais comme les juilletistes d'un été pourri, car nous sommes capables de garder notre température constante. C'est 37 °C, matin, midi et soir. Premier point, nous produisons en permanence de la chaleur. Nos cellules récupèrent l'énergie des aliments, opération qui nécessite en général de l'oxygène, celui que nous respirons. L'énergie libérée est utilisée pour le mouvement, la contraction du cœur, le fonctionnement du système nerveux... Mais comme dans un moteur, le rendement

n'est pas optimal, des pertes dans la conversion se retrouvent sous forme de chaleur. Cette production d'énergie dépend bien sûr de l'activité physique : un match de beach-soccer donne plus chaud qu'une partie de pétanque, y compris avec des vraies boules. Mais même au repos, dès que la température extérieure dépasse 20 °C, nous avons tendance à nous échauffer. Heureusement, nous pouvons l'éviter en évacuant la chaleur par différents échanges : rayonnement, conduction et convection. Les vaisseaux sanguins de la peau se dilatent, le sang afflue en surface pour favoriser la dispersion de chaleur. Pas étonnant alors de devenir rouge pivoine même sans coup de soleil. Ça ne suffit pourtant pas à éviter le coup de chaud. Heureusement, il reste un autre moyen de se rafraîchir : l'évaporation. Passer de l'état liquide à l'état gazeux demande de l'énergie et quand l'eau s'évapore, elle pompe la chaleur du corps et le refroidit. Mais le débit est faible : 600 ml d'eau par 24 heures. Notre climatiseur, c'est la transpiration. De grandes quantités d'eau, jusqu'à 4 litres par heure, sont évacuées par des glandes spécialisées, les glandes sudoripares. Une fois sur la peau, l'eau est vaporisée grâce à la chaleur fournie par le corps. Ouf, ça rafraîchit !

Encore faut-il que cette évaporation soit possible. Si l'air est saturé en humidité, on transpire sans évaporer et la température ne baisse pas. Plus facile de se refroidir dans le désert où l'air est sec que dans la forêt tropicale humide. Ainsi, on peut survivre à 100 °C pendant 20 minutes dans un air sec, mais la mort arrive au bout de quelques minutes dans un air humide à 46 °C. Certains mammifères, rats et souris par exemple, dépourvus de glandes sudoripares, s'humectent de salive pour se rafraîchir par évaporation. Et votre chien ? Caressez-le après un sprint, pas une goutte de sueur ! Il évacue l'excès de chaleur par le halètement.

Mais pour l'homme, réguler sa température a un coût : la déshydratation. La sueur, c'est autant d'eau perdue par les liquides internes, le sang par exemple, avec baisse de tension artérielle et risque de malaise. Alors, buvez sans modération.

Pour ne pas trop s'échauffer, le mieux encore est de s'isoler. Truc de plage : si la température s'élève trop, pensez aux nomades du désert et couvrez-vous. Les vêtements isolent le corps et évitent le réchauffement. Mais attention, prévoyez un vêtement ample afin de permettre l'évaporation. Sinon, effet sauna garanti !



## CALCAIRE OU GRANITE, LEQUEL A LA CÔTE ?

Perros-Guirec ou La Rochelle ? Chaque année, c'est la même histoire entre M. et Mme Michut, le premier préfère se baigner à Perros-Guirec, tandis que Madame retournerait bien à La Rochelle, et pas seulement pour le climat.

Des côtes, il y en a pour tous les goûts. Entre une plage de Charente-Maritime et une autre de Bretagne, la différence saute aux yeux, et pas uniquement à cause des cirés jaunes. Le littoral du Sud-Ouest et celui de la Provence se distinguent autrement que par la densité des surfeurs. Quant aux côtes du Nord et des Antilles, pas besoin de cocotiers pour faire la différence. Les côtes, c'est d'abord une histoire de roches qui affleurent alors qu'elles se dissimulent habituellement sous le bitume, le sol ou la végétation. Une bonne occasion pour les découvrir.

Perros-Guirec est célèbre pour son granite rose. Un morceau ramassé sur la plage nous en dit long sur son origine. La roche est entièrement constituée de gros grains, chacun des cristaux, et le granite en renferme trois types principaux : du quartz, grisâtre et translucide comme du gros sel, à la forme mal définie, des feldspaths, géométriques, roses qui donnent sa couleur à la côte, du mica en paillettes noires. Ces cristaux, c'est la marque de fabrique d'une roche, ils nous apprennent comment elle s'est

mise en place. Ceux du granite proviennent du refroidissement d'un magma, leur grande taille indique une cristallisation en profondeur, là où le refroidissement du magma est lent. Le granite est donc une roche magmatique, formée à plusieurs kilomètres de profondeur. Comment est-il arrivé sur la plage ? Malgré les apparences, les roches aiment bien bouger, mais lentement. On a pu dater en effet ce granite, grâce aux éléments radioactifs qu'il contient. Il n'est plus tout jeune : 600 millions d'années ! Une bagatelle, à vrai dire, les roches les plus anciennes sur Terre ayant 4 milliards d'années. Le granite de Perros-Guirec provient d'une ancienne chaîne de montagnes qui culminait autrefois dans la région (pensez au granite du massif du Mont-Blanc dans les Alpes aujourd'hui). La collision de deux continents à l'origine de cette chaîne de montagnes a entraîné des roches en profondeur. Soumises à une température élevée, elles ont fondu : du magma s'est formé. Moins dense que son environnement, ce mélange de liquide et de cristaux est remonté, se fauflant et digérant les roches sur son passage. Au cours de son ascension, tandis qu'il refroidit, ses atomes — silicium, oxygène, sodium... — s'assemblent de façon ordonnée en cristaux géométriques. Depuis, de l'eau a coulé sous les ponts, sur les roches au-dessus du granite, qui elles aussi ont été érodées. Il faudra des millions d'années pour que le granite apparaisse et offre à M. Michut le plaisir de s'étendre dans cet environnement tout rose.

Un morceau de granite recèle une curiosité. Pourquoi les cristaux roses de feldspath ont une forme géométrique et pas ceux du quartz ? La différence s'explique par l'ordre de cristallisation : les feldspaths ont cristallisé les premiers alors que rien ne gênait leur croissance. Les cristaux de quartz se sont formés après, comblant les espaces entre les feldspaths déjà solidifiés.

Et la côte en calcaire d'un blanc laiteux autour de La Rochelle ? Aucune ressemblance avec le massif granitique de Perros-Guirec. Des falaises, hautes de quelques mètres, constituées de strates

empilées, marquent la fin de la plage. L'histoire de la roche est plus récente, 150 millions d'années environ, mais la différence ne s'arrête pas là. Même le nez sur la roche, aucun cristal n'est visible. De temps à autre dépasse un fossile d'oursin, témoignage d'un passé lointain. Il a été piégé lorsque des particules en suspension dans l'eau se sont déposées peu à peu, formant des couches de calcaire. Progressivement, sous l'effet de la pression, les strates profondes se sont vidées de leur eau, devenant de véritables roches. Il ne restait plus à la mer qu'à se retirer pour les rendre visibles... et que Mme Michut puisse admirer leur blanc laiteux.

Roches de profondeur avec le granite, de surface avec le calcaire (pour un géologue, le fond de la mer est aussi la surface du globe), Perros-Guirec et La Rochelle ne se ressembleront jamais et M. et Mme Michut toujours en désaccord.

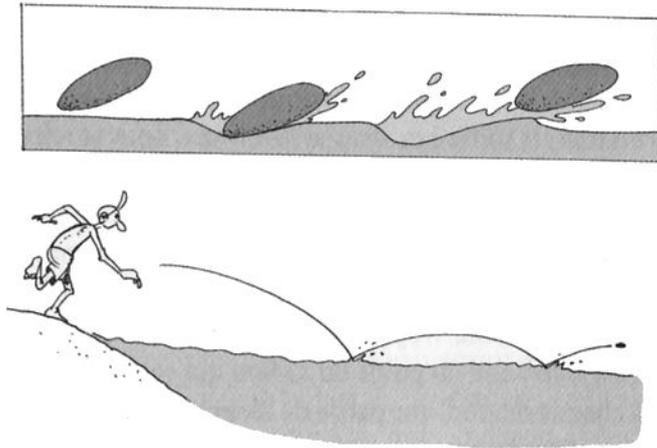
## COMMENT BATTRE LE RECORD DE RICOCHET ?

S'attaquer depuis le bord de la plage au record du monde de Kurt Steiner avec ses 40 ricochets est fortement déconseillé. Pensez aux plongeurs qui feront surface au moment du tir. Avant un repli vers une zone moins fréquentée, voici quelques conseils pour tenter de battre ce record, sur une plage déserte.

Instinctivement, l'aoûtien — le juillettiste aussi — choisit des cailloux plats pour pratiquer son art. De la même façon, il ne ménage pas ses efforts pour lancer sa pierre aussi fort que possible, qui plus est en rasant l'eau. C'est déjà un bon départ, car il y a là les trois ingrédients nécessaires pour voir son nom figurer à la rubrique « ricochet » dans le livre des records.

Lâchée dans l'eau, une pierre coule, alors que lancée correctement, elle rebondit. Si l'angle de pénétration du caillou est proche de l'horizontale, la surface de l'eau se déforme... pour se reformer aussitôt en restituant l'énergie accumulée lors du choc et expulser l'opportuniste (il faut toujours se méfier de l'eau qui dort). Finalement, au cours du ricochet, l'eau, sous l'effet de l'impact, se comporte comme un ressort qui se comprime puis se détend. Mais tout dépend de la vitesse du caillou. Trop faible, la force d'expulsion générée par l'eau est inférieure au poids du caillou qui sombre. D'autant plus qu'à chaque rebond, une partie de l'énergie est perdue par les frottements. Tout l'art consiste à les limiter pour rebondir le plus grand nombre de fois. Pour cela, travaillez votre angle d'attaque. Le

débutant veut toujours lancer la pierre trop à l'horizontale : elle glisse sur l'eau sans la déformer, ralentit puis coule... et pas le moindre ricochet. Le projectile doit heurter l'eau avec un angle de 20 degrés et toujours par l'extrémité postérieure. Dans cette position, au fur et à mesure qu'il s'enfonce, l'eau se déforme et accumule de l'énergie, assez pour renvoyer l'intrus. C'est le paradoxe du ricochet : pour rebondir, la pierre doit s'enfoncer. Nous ne sommes pourtant pas au bout de nos peines. La force du rebond s'exerce seulement sur la partie enfoncée du caillou, lui-même en position inclinée. Prenez un volontaire sur la plage, de petite taille de préférence, inclinez-le à la façon d'une pierre qui ricoche et propulsez votre cobaye vers l'avant. Ça ne manquera pas : il râle (ou pleure, si, peu téméraire, vous avez choisi un enfant), car il a basculé tête en avant. Pas très grave, mais appliqué à un caillou, impossible qu'il rebondisse à nouveau. La solution alors ? L'effet gyroscopique. Un objet en équilibre instable garde plus facilement sa position s'il tourne sur lui-même (pensez à la toupie et → *Peut-on jouer au Frisbee avec une tong ?*, p. 5). Le secret : lancer la pierre avec un mouvement du poignet pour la faire tourner sur elle-même, ce qui la stabilisera. Continuez à vous entraîner, il reste des cailloux sur la plage.



## POURQUOI CETTE ANNÉE LES MÉDUSES POUSSENT-ELLES COMME DES CHAMPIGNONS ?

C'est certain, 2008 a été l'année des méduses... pour la huitième fois consécutive. Chaque année elles nous font le coup, d'ailleurs ce sont les seules à ne pas se lasser. L'alerte est donnée en général vers mai-juin, date à laquelle les premiers baigneurs trouvent l'eau bien chaude pour la saison...

En Méditerranée, le casting est toujours le même : le premier rôle — celui du méchant — revient à *Pelagia noctiluca*. À y regarder de près, ce n'était pas évident pour elle de décrocher le gros lot : des mensurations plutôt minables (quelques centimètres de diamètre), pas de muscles (impossible pour elle de prendre en chasse un baigneur égaré, elle se laisse flotter), un système nerveux rudimentaire (mais est-ce incompatible avec le haut de l'affiche ?) et en plus la bête est transparente (peut-être un atout pour figurer dans le feuilleton de l'été). La véritable arme de *Pelagia noctiluca* (en dehors de ses huit tentacules, évidemment), c'est sa capacité à proliférer.

Tout chez elle (comme chez les autres méduses) tend vers la simplicité. Observez-là échouée sur la plage : ni queue ni tête, juste un corps en forme de cloche, l'ombelle, avec des tentacules. L'animal se contente de flotter et de paralyser les proies qui frôlent ses tentacules déployés. Comme beaucoup d'êtres vivants

rudimentaires, elle est très prolifique (plus facile de produire en grande quantité du simple que du complexe). Munie de glandes reproductrices mais dépourvue d'organes copulateurs (comment copuler d'ailleurs quand on est incapable de se déplacer par soi-même à la rencontre de son partenaire), la méduse préfère tout lâcher dans l'eau, les cellules reproductrices mâles en tout cas. Les femelles quant à elles conservent les leurs dans la cavité gastrique. Il suffit qu'une méduse femelle avale de l'eau de mer pleine de spermatozoïdes (glouppsss...) et la fécondation a lieu dans cette même cavité gastrique. Une cellule œuf se forme, puis une larve, pas plus grosse qu'une tête d'épingle, qui, une fois libérée, commence sa vie erratique avant de se métamorphoser en méduse adulte. La mortalité est lourde, seule une petite proportion de jeunes atteignent le stade adulte. Si larves et jeunes méduses, peu ou pas urticantes, vivent le long des côtes, les adultes migrent vers le large, emportées par les courants... sauf les années de prolifération. Alors que se passe-t-il ? Connus depuis l'Antiquité, le phénomène concerne de nombreuses espèces réparties sur tout le globe. Au Japon, entre 2002 et 2006, c'est la méduse *Cyanae* qui a pullulé. Avec ses dimensions — 2 mètres de diamètre et 200 kg sur la balance — elle ferait passer notre *Pelagia* pour une peluche de nourrisson.

Normalement, cette dernière ne vit pas plus d'un an, mais grâce aux données accumulées depuis deux cents ans, on sait que tous les douze ans, les *Pelagia* pullulent et les populations se maintiennent pendant deux à sept ans, alors que les effectifs devraient normalement s'effondrer au début de l'hiver. Progressivement, elles se rapprochent des côtes. Cela peut paraître surprenant pour des animaux incapables de se déplacer par eux-mêmes, pourtant leur technique est au point : après une journée passée au fond de l'eau, l'animal remonte à la nuit tombée pour se nourrir (il se déplace verticalement en contractant mollement son corps, ce qui chasse l'eau et lui permet d'avancer par réaction). À certaines

périodes de l'année, l'orientation du vent et des courants marins entraînent les méduses vers les côtes. Chaque nuit le manège recommence et finalement elles atteignent les plages... et font fuir les baigneurs (après en avoir piqué plusieurs évidemment). Ces pullulations n'ont lieu que dans des conditions climatiques particulières, comme après trois années d'un printemps chaud et sec, ce qui expliquerait leur caractère cyclique. Sauf que ça commence à bien faire : *Pelagia* est en train de faire voler en éclats le modèle mathématique élaboré à grands coups d'équations, elle s'installe durablement... et prend au dépourvu les scientifiques réduits à émettre des hypothèses pour expliquer le comportement de la bougresse. Le réchauffement climatique tout d'abord (les mauvaises langues diront que c'est pratique lorsqu'on ne sait pas). En Méditerranée, les eaux se sont réchauffées notamment en hiver, passant en moyenne de 13 à 14 °C. Dans ces conditions, l'animal survit pendant cette période et son cycle de développement devient plus court. Autre hypothèse, la raréfaction des prédateurs de méduses, thons et tortues, qui raffolent de la bête et sont capables d'en avaler une cinquantaine par jour. Le phénomène inquiète les scientifiques, qui craignent que le réseau alimentaire océanique soit réorienté vers ce cul-de-sac gélatineux, au détriment des grands prédateurs marins (poissons, cétacés, et en bout de chaîne l'homme). À quand de la salade de méduses (plat très couru au Japon) à chaque repas afin d'endiguer le phénomène ?

## POURQUOI LES GLAÇONS FLOTTENT-ILS DANS LE DIABOLO MENTHE DE LA BUVETTE DE LA PLAGE ?

À la buvette de la plage, les conversations s'animent. Accoudés au comptoir, les trois clients ont chacun le regard rivé sur leur verre. De temps à autre, l'un d'entre eux plonge avec le doigt son glaçon au fond du verre et tous observent, silencieux, la remontée de l'objet. Une fois la course terminée et le doigt sucé, chacun y va de son commentaire. Soupçonneux, le patron surveille la scène du coin de l'œil. Vingt ans qu'il tient cette buvette et jamais de problème avec l'Hygiène, ça ne va pas commencer aujourd'hui. Pourtant, rien de malhonnête, simplement la rencontre inopinée de trois farnientistes débouchant sur une question : mais pourquoi les glaçons flottent-ils dans le diabolo menthe de la buvette de la plage ?

La question est moins triviale qu'il n'y paraît : le glaçon, c'est de l'eau, tout comme le diabolo menthe (ne tenons pas compte de cette dernière, de toute façon le glaçon flotte aussi dans un verre d'eau). Première règle : le glaçon flotte parce qu'il est moins dense que l'eau liquide. Un des trois acolytes, se souvenant soudain de sa mésaventure de l'hiver dernier, met les deux autres sur la voie : à Noël, il est parti sans purger ses canalisations qui ont éclaté

lorsque l'eau a gelé. Ainsi, si à quantité égale la glace occupe un plus grand volume que l'eau liquide, rien d'étonnant à ce qu'elle soit moins dense. Mais pourquoi une augmentation de volume en gelant ? L'explication réside au sein de la glace. La trop basse température ralentit l'agitation moléculaire qui devient insuffisante pour rompre ou tordre les liaisons hydrogène associant les molécules d'eau. Elles s'assemblent alors de façon structurée, par quatre, une au centre et trois autres autour. La répétition de ce motif nécessite des liaisons hydrogène rectilignes (et non plus tordues comme dans l'eau liquide) qui éloignent un peu plus les molécules les unes des autres. Pas étonnant alors que la glace soit moins dense... et que le glaçon flotte dans le diabolo menthe de la buvette de la plage. Mais pas indéfiniment. Non pas qu'il coule comme un bateau qui prend l'eau... mais parce qu'il finit par fondre. Depuis que vous sirotez, avez-vous remarqué que votre diabolo ne s'est pas réchauffé malgré les 35 °C sous la paillote de la buvette ? Justement parce que le glaçon fond !

Quand il fait chaud, le diabolo reçoit de l'énergie transférée par l'air ambiant, ses molécules s'agitent et sa température grimpe. Un glaçon dans le verre, et ses molécules captent prioritairement la chaleur, alors elles s'agitent et le glaçon commence à fondre, tandis que le diabolo reste au frais. Évidemment, quand tout le glaçon a fondu, l'énergie est transférée aux molécules d'eau du diabolo et il se réchauffe. Il y a une morale à cette histoire : à la buvette de la plage, à vouloir comprendre pourquoi le glaçon flotte, le diabolo risque de se réchauffer. Alors buvez, vous bavarderez après.



## COMMENT LE SOLEIL EST-IL DEVENU LA STAR DU SYSTÈME ?

Des vacances sans soleil, ce n'est pas la peine d'y penser. Pourtant, il y a plus de 4,55 milliards d'années, le Soleil n'existait pas, les touristes non plus, pas plus que la Terre d'ailleurs. Mais contrairement à l'histoire de la poule et de l'œuf, on sait qui est arrivé le premier. Le Soleil, c'est l'étoile de notre Système, et pour nous étonner, il a plus d'un tour dans son sac.

Ses mensurations d'abord, nettement plus impressionnantes que celles du *bodybuilder* qui depuis une heure se pavane devant sa serviette en faisant jaillir des biceps larges comme ça. S'il savait que le soleil c'est presque 700 000 km de rayon (100 fois celui de la Terre) et une masse de près d'un million de fois celle de notre planète ! En plus, à une distance de 149 000 000 km, ce n'est pas la porte à côté.

Le Soleil brille jour et nuit, ce qui ne l'empêche pas d'être une étoile, un corps céleste lumineux. Pour apaiser votre aigreur devant le succès de Monsieur muscles, dites-vous que le Soleil est comme lui, une grosse masse de gaz gonflée à l'hélium et l'hydrogène.

Autour du Soleil gravitent des planètes, comme les bimbos autour de l'autre Apollon des plages. Avec son énorme masse, le Soleil les attire (pensez à la pomme de Newton attirée par

la Terre → *Pourquoi la mer est-elle partie*, p. 79). Alors, depuis 4,55 milliards d'années, elles lui tournent autour. Pourquoi ne s'écrasent-elles pas sur lui comme la pomme de Newton ? Petite expérience de plage : lancez une balle au loin, elle décrit une parabole et finit par tomber. Répétez l'expérience en lançant de plus en plus fort, c'est-à-dire en augmentant la vitesse initiale. La trajectoire reste une parabole, mais la distance parcourue est plus grande. Avec une vitesse initiale suffisante, on conçoit que la balle puisse faire le tour de la Terre (demandez à Monsieur muscles s'il se sent capable de la lancer ainsi, ça le calmera). Sa trajectoire sera toujours incurvée, tout comme l'est la surface du globe, qui en quelque sorte se dérobera continuellement, la balle ne pouvant alors pas tomber. Extrapolons les résultats de notre expérience : si la Terre et les autres planètes du système solaire ne s'écrasent pas sur le soleil malgré son attraction, c'est en raison de leur vitesse de révolution suffisamment grande (30 km/s pour la Terre).

Et le Soleil, d'où vient-il ? Bien avant sa naissance, il y a 10 milliards d'années, un gigantesque nuage d'hydrogène et d'hélium occupait son futur emplacement et se baladait tranquillement au centre de la galaxie. De temps à autre, pas très loin de lui, une étoile explosait et enrichissait notre nuage d'éléments lourds. Petit à petit, il s'est contracté, devenant plus dense et a fini, il y a 4,6 milliards d'années, par s'effondrer sur lui-même. Plus petit, plus dense, il a pris de la vitesse, la matière s'est concentrée au milieu, à l'endroit du futur Soleil, tandis que les débris se répartissaient tout autour. Dans le futur Soleil, les réactions de fusion nucléaire se sont mises en route, une étoile était née, et ça a commencé à chauffer. Autour, les particules se cognaient, s'agrégeaient, les planètes se formaient, dont la Terre, avec la plage de Palavas-les-Flots. Les touristes arriveront plus tard.



## POURQUOI LES CRABES NE RISQUENT-ILS PAS DE FAIRE DE VIEUX OS ?

Manger du tourteau est un plaisir de vacances qui se mérite. Pour atteindre l'intérieur de la bête, ni couteau ni fourchette, mais plutôt marteau et pinces fortes (pas celles du crabe). Le crabe, comme tous les crustacés, est entouré d'une carapace rigide, une muraille même. Avec cette carapace, on pourrait écrire un manuel de chimie. C'est qu'elle ne manque pas de molécules : molécules organiques fabriquées par le crabe, comme la chitine, la mélanine et les protéines tannées, molécules minérales puisées dans la mer, comme le carbonate de calcium. Le plus étonnant, c'est leur agencement en strates entrecroisées, à l'image d'un contreplaqué, ce qui confère à la carapace une solidité à toute épreuve et une résistance aux mâchoires d'à peu près tous les prédateurs (mais pas aux coups de marteau). Pourtant cette armure ne gêne pas le crabe dans ses mouvements. Petite expérience de plage : à marée basse, partez à la recherche d'un crabe planqué sous un rocher, coincez puis titillez la bête. Il se démène, essaie de s'échapper et, furieux d'être réduit à un objet d'expérience de plage, lève une pince menaçante et tente de vous broyer un doigt. Bref, le crabe a de la ressource, capable qu'il est de s'agiter dans tous les sens malgré sa carapace.

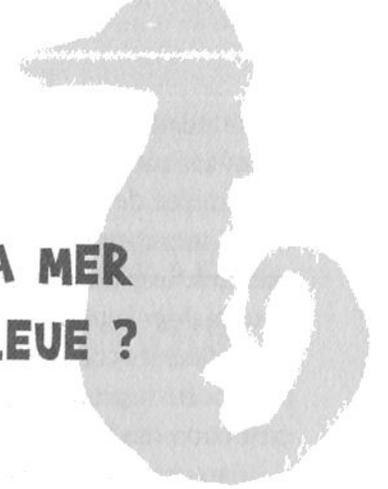
À table, décortiquez la bête, vous y trouverez muscles, visières, nerfs... mais pas d'os. Alors, sur quoi tirent les muscles pour mettre en mouvement les différentes parties du corps ? Sur la carapace justement. Les muscles y sont fixés comme sur un squelette, un squelette un peu particulier car extérieur au corps, mais qui, malgré sa rigidité, est tout de même articulé pour permettre les mouvements.

Le hic, quand on est un crabe (mettez-vous à sa place), c'est de grandir prisonnier d'une telle armure ! Une seule solution : s'en débarrasser ! Pour grandir, le crabe doit remplacer sa vieille carapace devenue trop petite par une nouvelle, à la bonne taille cette fois : il mue. L'échange se déroule en toute discrétion, à l'abri des regards. Sous la carapace trop étroite, les cellules de l'épiderme commencent par se décoller. Ensuite, elles sécrètent un liquide bourré d'enzymes digestives, semblables à celles fabriquées par notre estomac, pour attaquer les couches les plus internes de la carapace. L'étape suivante, après ce décapage en sous-sol, c'est la multiplication des cellules de l'épiderme dont la surface s'accroît. Il n'y a plus qu'à fabriquer une nouvelle carapace sous l'ancienne. Alors le crabe en possède deux superposées et pour se débarrasser de la vieille, il se gonfle en avalant de l'eau ou de l'air. Ça se fissure, ça craque le long de lignes de moindre résistance et l'animal, tel un contorsionniste, parvient à s'extraire enfin de sa camisole pour apparaître revêtu d'une carapace qui brille comme un sou neuf et surtout plus grande. Le lecteur vigilant contestera : « Mais comment une carapace plus grande peut se trouver à l'intérieur d'une autre plus petite ? » Difficile mais possible, à condition que la nouvelle soit molle, souple et plissée. Une fois libéré, l'animal avale à nouveau de l'eau ou de l'air et la carapace se déplie brusquement. En un instant, il vient de grandir et devra attendre la prochaine mue pour recommencer.

Plus tard, de nouvelles couches calcifiées s'ajoutent intérieurement à la carapace neuve pour la rigidifier. Il faut à nouveau un marteau pour manger du tourteau.

Le déroulement d'un mécanisme aussi complexe ne pouvait pas être laissé au hasard. Il est contrôlé par des hormones, de la famille des ecdysones, sécrétées de façon cyclique au cours de la vie du crabe. Leur taux s'effondre après la mue puis augmente jusqu'à être suffisant pour déclencher la suivante. L'information n'est pas tombée dans l'oreille d'un sourd, surtout chez les éleveurs de crevettes, elles aussi des crustacés. En déversant quelques gouttes de cette potion magique dans le bac à crevettes, ils contrôlèrent le déclenchement de la mue, ce qui éviterait de commercialiser des crevettes venant juste de muer... avec une carapace toute molle.

## POURQUOI LA MER EST-ELLE BLEUE ?



Comme la mer est bleue, à travers dix doigts de pied en éventail ! Les mêmes doigts de pied sous quelques centimètres d'eau, et elle est devenue transparente. Alors, bleue ou non ? Pour le savoir, enfilez masque et tuba, chaussez les palmes et plongez ! La première tranche d'eau, la plus superficielle, reste désespérément translucide. En remontant pour respirer, une idée surgit (avec de l'oxygène, le cerveau a toujours plus d'idées) : et si la mer devait sa couleur bleue au ciel ? Plongez plus profond (allez, un effort) et constatez : la mer devient de plus en plus bleue.

La couleur du ciel n'a rien à voir là-dedans. L'explication est à rechercher dans la nature même de la lumière, un mélange de couleurs, chacune portée par une onde de longueur définie (→ *Pourquoi le ciel est-il bleu et le soleil jaune ?*, p. 87). Or l'eau absorbe les rayons lumineux au fur et à mesure qu'ils s'enfoncent. Les premiers absorbés sont les rouges, de grande longueur d'onde, puis, dans une moindre mesure, les jaunes et les verts. Que reste-t-il alors ? Uniquement les rayons de courte longueur d'onde, les bleus. Comme éclairée par une lumière bleue, l'eau adopte cette couleur. Mais les choses sont un peu plus complexes car la mer n'est pas toujours bleue. À faible profondeur, seul le rouge est absorbé, l'eau prend alors la couleur des radiations restantes,

notamment le vert et le bleu. Voilà pourquoi c'est seulement près des côtes que l'on peut nager dans une eau turquoise, jamais en plein milieu de l'océan.

Les conditions locales peuvent faire varier cette couleur. Par exemple, le plancton absorbe les radiations bleues et rouges pour réaliser la photosynthèse. La mer prend alors une couleur verte dans les eaux riches en plancton. Évidemment, à grande profondeur le problème est réglé, toute la lumière a été absorbée : extinction des feux, c'est le noir complet.

Mais comment la mer absorbe-t-elle la lumière et pourquoi les radiations rouges ? La réponse tient en un mot : vibration. La molécule d'eau, constituée d'un atome d'oxygène lié à deux atomes d'hydrogène est une excitée (ce n'est pas la seule, le monde des molécules est complètement fou). Elle s'agite en permanence par la faute de ses atomes qui en vibrant lui donnent ce mouvement. En général, la vibration des molécules est impulsée par une élévation de température, mais la lumière peut aussi donner un coup de main. Et en particulier les radiations rouges, qui vibrent à la même fréquence que celle des atomes de la molécule d'eau. Alors, ils entrent en résonance, vibrent ensemble et échangent de l'énergie. Regardez votre fille sur la balançoire du club Mickey : en une minute, elle fait un certain nombre d'allers-retours. À chaque fois, elle tend les jambes, synchronisant les oscillations de son corps avec celles de la balançoire, histoire d'accentuer le mouvement, car dans ce cas les amplitudes des deux vibrations s'additionnent. Le même phénomène physique, la résonance, a lieu sous l'eau : les molécules d'eau vibrent à la même fréquence que les radiations rouges et les absorbent. Un coup à vous colorer l'eau avec les radiations restantes, les bleues notamment...

## COMMENT NE PAS ACHETER UN MATELAS PNEUMATIQUE À LA LÉGÈRE ?

Acheter un matelas pneumatique à la légère, un coup à vous plomber les vacances.

Tout dépend à vrai dire de votre tribu. Si vous êtes seul, achetez les yeux fermés. En couple, ça se complique : vous rêvez de longues échappées loin de la plage bondée, là où vous pourrez enfin tout lui dire. Mais comment tourneront les choses si, à peine vos deux corps allongés, le matelas sombre et avec lui les projets de toute une vie ? Famille nombreuse, danger ! S'il faut caser trois enfants, voire quatre ou plus, autant s'assurer que l'embarcation tient la route. Sinon, il faudra gérer le partage du matelas. Cris et pleurs garantis !

Une solution serait de trouver un marchand d'articles de plage prêt à vous laisser essayer l'objet avant de vous le vendre. Mieux vaut ne pas y compter. Pour faire le bon choix, un simple calcul suffit, à condition d'en connaître les tenants et les aboutissants. D'abord, le matelas flotte seulement s'il est rempli d'air. Dégonflé, il prend l'eau, c'est bien connu. Pourtant l'air a une masse et gonfler le matelas ne fait que l'alourdir (→ *Pourquoi le parasol s'est-il envolé ?*, p. 18). Dans l'air comme dans l'eau, un objet est attiré vers le bas par une force, son poids. Celui-ci dépend à la fois de sa masse et de l'accélération verticale due à la Terre (9,81 mètres

par seconde toutes les secondes). Et pourtant, malgré ce poids, le matelas flotte. La raison ? Une autre force s'oppose au poids, nous la devons à Archimède. Archimède de Syracuse (287-212 av. J.-C.), physicien, mathématicien et ingénieur aimait prendre des bains, ce qui finit par le rendre célèbre (qui sait si ces vacances ne vous réservent pas le même destin ?). Si nous flottons, c'est grâce à lui. Archimède est une force à lui tout seul, une force de la nature. Plongez un corps dans l'eau, même bien profond il est fort possible qu'il remonte et jaillisse : Archimède l'a propulsé ! Et selon une règle établie par lui-même à laquelle aucun objet ne déroge : « Tout corps plongé dans un liquide reçoit une poussée qui s'exerce de bas en haut, égale au poids du volume de liquide déplacé. » Sur un corps qui s'enfonce, l'eau exerce une pression augmentant avec la profondeur (pensez à vos pauvres tympans en plongée). Autrement dit, la partie du corps la plus immergée subit une pression plus élevée. Ça ne loupe pas, la différence de pression vous propulse l'objet de bas en haut (comme dans la cour de l'école, c'est toujours le plus fort qui gagne). En fait, cela dépend d'un autre paramètre, comme une petite expérience de plage va nous le montrer : plongez un caillou dans l'eau, puis un ballon de même masse ; le premier est perdu (pas grave), le second remonte (ouf !). Le ballon, de plus grand volume, déplace une masse d'eau plus grande et génère une poussée supérieure à celle exercée sous le caillou. Une boule de pétanque et une balle de tennis, de même volume, ne se comportent pas pour autant de la même façon. Si elles subissent la même poussée d'Archimède, celle-ci est inférieure au poids de la boule de pétanque (qui coule), mais supérieure à celui de la balle de tennis (qui flotte).

Résumons avant de faire les courses : un corps dans l'eau est soumis à deux forces, le poids et la poussée d'Archimède. Ces deux forces, verticales, sont de sens opposés, le poids dirigé vers

le bas, la poussée d'Archimède vers le haut. Selon la densité de l'objet, c'est l'un ou l'autre qui l'emporte et notre objet flotte ou sombre.

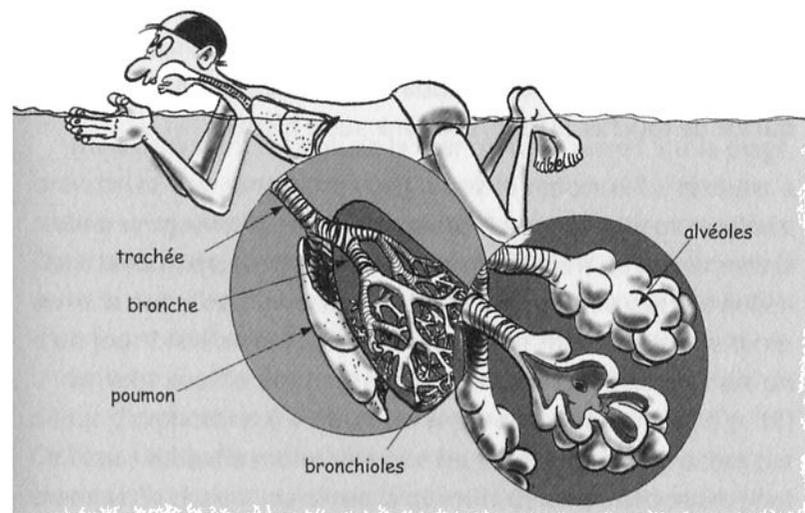
Pour jauger des capacités de flottabilité d'un matelas, il faut d'abord estimer son volume. Aussi, n'oubliez pas de vous munir d'un mètre de poche avant l'achat. Supposons que, une fois gonflé, le matelas convoité ait 2 m de long, 50 cm de large et 20 cm d'épaisseur. Son volume total est alors :  $2 \times 0,5 \times 0,2 = 0,2 \text{ m}^3$  d'air. Acceptons qu'il s'enfonce dans l'eau sur une épaisseur maximale de 15 cm. Il occupera alors un volume d'eau de  $2 \times 0,5 \times 0,15 = 0,15 \text{ m}^3$  c'est-à-dire 150 l. Un litre d'eau pesant 1 kg (1,025 kg exactement pour l'eau salée), notre matelas est capable de supporter 150 kg. Reste à additionner les poids des uns et des autres pour savoir si l'embarcation tiendra la route. Une dernière question : dans le cas d'un jeune couple, demander son poids à celle que l'on veut emmener au large est-il conseillé ?

## COMMENT TOUCHER LE FOND AVEC LE TUBA DE L'ÉTÉ ?

La nage avec tuba, c'est sympa, mais impossible d'aller voir au fond en continuant à respirer. Pourquoi personne — à part vous — n'a jamais pensé à inventer un tuba géant ? Avant de préparer le projet pour le prochain concours Lépine ou de vous précipiter dans la première quincaillerie venue pour acheter un tube en PVC de quelques mètres de long, voyons comment fonctionne un tuba... et avec lui l'appareil respiratoire.

Le principe du tuba est simple : permettre le passage de l'air. Sans même nous en douter, nous avons d'ailleurs un tuba naturel coincé dans le cou et le thorax, la trachée, qui prolonge l'accessoire de plage. L'air prélevé au cours d'une inspiration arrive dans les poumons, où il échange des gaz avec le sang : du dioxygène passe dans le sang tandis que du dioxyde de carbone est rejeté dans les alvéoles pulmonaires. L'air, devenu vicié, est ensuite renouvelé au cours d'un nouveau cycle expiration-inspiration. Il circule alors à travers les voies respiratoires, bronches, trachée, jusqu'au nez et à la bouche... Le problème de ces voies, un paradoxe, c'est qu'elles contiennent de l'air ! Il en reste toujours un peu qui n'est pas renouvelé pendant l'expiration. Ce volume, « l'espace mort » n'est pas négligeable : 150 ml sur les 500 ml prélevés lors d'une inspiration, soit 30 %. Prolonger les voies aériennes par un tuba classique fait augmenter l'espace mort de 150 ml environ.

Alors 60 % de l'air arrivant aux poumons est vicié. En allongeant le tuba, on augmente encore l'espace mort... et, second paradoxe, on risque l'asphyxie tout en continuant à ventiler. Un conseil de plage à ce sujet : certains tubas sont intégrés directement au masque. Dans ce cas, aux espaces morts précédents s'ajoute le volume d'air du masque. Achat déconseillé !



En continuant à faire des ronds dans l'eau, une nouvelle idée vous viendra peut-être. Utiliser un tuba deux fois plus fin, mais aussi deux fois plus long. Le volume d'air, et donc l'espace mort, ne changera pas, mais il vous permettra de plonger deux fois plus profond tout en continuant à respirer. Seulement la réduction du diamètre entraîne une augmentation des frottements de l'air contre les parois du tube, ventiler demande alors plus d'effort. À cela s'ajoute une autre difficulté. Sous l'eau, la pression augmente avec la profondeur. Or, pendant l'inspiration, les muscles soulèvent la cage thoracique pour y créer une dépression, ce qui provoque un appel d'air vers les poumons. À un mètre de profondeur, les

choses se compliquent : la pression exercée sur la cage thoracique est plus élevée qu'en surface. Pour en avoir une idée, allongez-vous sur la plage et faites vous enterrer dans un sarcophage de sable mouillé et tassé (laissez dépasser la tête). Difficile de respirer, avec le thorax comprimé par le sable. Sous un mètre d'eau, ce serait la même chose. Et plus on descend, plus la pression augmente. Très vite — à partir de 1,10 m de profondeur —, les muscles respiratoires ne sont plus assez puissants et la cage thoracique reste en position d'expiration. On l'aura compris, aucune chance de gagner le concours Lépine avec un tuba de profondeur... Mais pour ce qui est de toucher le fond, c'est une autre histoire.

## POURQUOI LA BRISE DE MER NE FAIT-ELLE PAS NOCTURNE ?

Mais d'où vient le vent, de la mer ou de la terre ? Sur la plage, brandissez une girouette, vous aurez la réponse. La mesure, à réaliser uniquement par temps calme, donne de curieux résultats. Dans la journée, le vent souffle le plus souvent de la mer vers la terre, la nuit c'est l'inverse. Girouette dérégulée ou caprice éolien d'un jour ? Ni l'un ni l'autre, mais brise de mer et brise de terre.

Le vent souffle des hautes pressions vers les basses, c'est un début d'explication (→ *Pourquoi le parasol s'est-il envolé ?*, p. 18) Or l'eau s'échauffe moins vite que les solides, terre ou roches par exemple. Sa chaleur massique, la quantité d'énergie nécessaire pour élever d'un degré la température d'un gramme de matière, est environ 100 fois plus élevée que celle de nombreux corps solides (voilà pourquoi chauffer une piscine coûte une fortune !). Après le lever du soleil, terre et mer se réchauffent, mais la première plus rapidement que la seconde, et cette différence s'accroît pendant la journée. Or, lorsque la température d'un corps augmente, celui-ci se dilate. Aussi, sur terre, l'air plus chaud que sur mer devient moins dense et s'élève. Une zone de basse pression s'installe au-dessus de la terre. L'air marin, à plus haute pression, s'engouffre vers cette zone de basse pression. Le vent souffle, c'est la brise de mer.

La nuit, l'eau se refroidit moins vite que la terre. Une zone de basse pression s'installe cette fois au-dessus de l'eau. Le vent souffle de la terre vers la mer. Bienvenue à la brise de terre.



## COMMENT UNE DÉPRESSION PEUT-ELLE VOUS POURRIR L'ÉTÉ ?

Les prévisions météo ont leurs expressions fétiches : « anticyclone des Açores » et « dépression d'Islande », par exemple. Quand, devant la carte, la présentatrice montre ses courbes, chacun lève enfin les yeux. C'est que l'enjeu n'est pas mince !

Anticyclones et dépressions font la pluie et le beau temps, raison largement suffisante pour faire connaissance. L'anticyclone des Açores, comme son nom l'indique, est une zone de forte pression, située dans l'hémisphère Nord sur l'Atlantique à la hauteur de l'Afrique. Chargé d'air tropical, il règne en maître, se déplace, s'étend ou au contraire se fait discret. En été, son air sec et chaud nous offre de belles journées ensoleillées. En hiver, avec l'air humide qu'il transporte, il donne un temps doux mais nuageux. Moins connu, l'anticyclone de Sibérie influence aussi le temps en Europe. Il s'agit d'une masse d'air polaire, plus ou moins sèche selon son origine, l'océan Arctique ou le continent. Froide en hiver, elle se réchauffe en été. Entre ces deux larrons, la dépression d'Islande règne sur l'Atlantique Nord, à la hauteur de l'Islande et du Groenland. Ces trois-là forment un « front », où se rencontrent des masses d'air de température, densité et humidité différentes. Pour ces raisons, elles ne se mélangent pas mais s'affrontent en créant une perturbation. Alors, pourquoi un

été pourri ? Quand tout va bien, l'anticyclone des Açores remonte vers l'Europe, parfois même jusqu'en Scandinavie, se ligue à celui de Sibérie pour repousser vers le nord la fameuse dépression d'Islande. Mais parfois, pris d'une flemme subite, l'anticyclone des Açores reste dans les basses latitudes. La dépression se risque alors vers le sud et amène le mauvais temps. Ainsi, d'un été à l'autre, les perturbations sont soit chez nous (merci pour l'été pourri !), soit chez nos voisins nordiques (ouf !). Mais une chose est sûre, à l'automne, l'anticyclone des Açores redescendra, s'affrontant alors avec son meilleur ennemi sur l'Europe... et le mauvais temps reviendra. En hiver, l'anticyclone de Sibérie envoie son air glacial mais sec jusqu'en Europe de l'Ouest, chassant la dépression d'Islande... jusqu'à ce qu'elle revienne au printemps.

## COUP DE SOLEIL : COMMENT ÉVITER LES LÉSIONS DANGEREUSES ?

Premier bain de soleil de l'année et en plus même pas rouge ! Juste un peu, mais ce n'est pas encore un coup de soleil. En effet, celui-là se manifeste seulement quelques heures après l'exposition. Pas le temps de le voir venir et la peau prend d'abord une jolie coloration rose puis rouge écrevisse. Le coup de soleil est une brûlure provoquée par les rayons ultraviolets, les UV-B. Bien sûr la peau réagit au soleil en fabriquant de la mélanine (→ *Comment bronzer intégral ?*, p. 11), mais toujours avec un temps de retard. D'ailleurs, toutes les peaux ne sont pas égales devant le soleil. Les mates contiennent plus de mélanine, surtout de l'eumélanine, de couleur noire (mais qui apparaît brune une fois dispersée dans les cellules), capable de résister aux attaques des UV-B. Elle capte les UV, les absorbe et les restitue sous forme de chaleur, voilà pourquoi ça chauffe tout de même. Les peaux blanches ou rousses renferment surtout de la phéomélanine, de couleur rouge, qui ne tient pas le choc sous un bombardement d'UV. Elle se décompose et laisse nos cellules en tête à tête avec les UV-B. Brûlure garantie. Quant aux enfants, ce sont les plus exposés jusqu'à la puberté, la production de mélanine dépendant des hormones sexuelles.

L'épiderme, avec ses cellules bourrées de mélanine, arrête les UV-B, mais il est vite débordé. Quand l'intensité du rayonnement devient trop forte, les cellules épidermiques — plusieurs millions — sont détruites puis éliminées par pelage. La rougeur du coup de soleil n'est pas seulement due à la brûlure. En effet, les cellules attaquées donnent l'alerte en libérant des substances vasodilatatrices (avec elles, les vaisseaux se dilatent comme par enchantement). Le sang afflue et évacue la chaleur de la zone brûlée. Si l'exposition se prolonge (là vraiment vous cherchez les ennuis), les cellules profondes, à la base de l'épiderme, sont détruites. Un liquide s'insinue entre derme et épiderme et décolle les deux couches : ça cloque.

Plus gênant, même si les effets se font ressentir à long terme, les UV s'attaquent à l'ADN des cellules en modifiant l'information génétique. C'est une mutation, sans gravité quand elle affecte les cellules de l'épiderme, qui ne se divisent plus et resteront sans descendance. En revanche, s'il s'agit d'une cellule souche dont le rôle est de produire en permanence de nouvelles cellules, elle peut se multiplier de façon anarchique et être à l'origine d'un cancer de la peau. Pensez à nos amis Australiens, une peau d'Anglais sous un soleil tropical. Résultat : le taux de cancer de la peau le plus élevé au monde.



## COMMENT ÉVITER LES APRÈS-MIDI VASEUSES ?

Partir à la recherche d'une plage déserte en plein mois d'août n'est pas une sinécure. Loin de la foule compacte — les gens sont des moutons, c'est bien connu —, et des serviettes qui se chevauchent, l'endroit existe, même sur une côte surpeuplée. La preuve, vous l'avez trouvé ! Premiers pas sur le sable immaculé, enfin un pied dans l'eau. Splouff ! Il s'enfonce, ressort tout noir avec en prime une odeur d'œuf pourri. De la vase, rien que de la vase à la place du sable. La mer avait l'air si belle, si tranquille. Justement, la vase ne s'installe pas n'importe où. Expérience de plage (vaseuse) : saisir une poignée de vase, la verser dans une bouteille d'eau (de toute façon la journée est gâchée), agiter. Recommencer avec une poignée de sable et comparer. Dans ce cas, les grains sédimentent rapidement tandis qu'avec la vase, l'eau prend une couleur brunâtre même si on n'y voit aucune particule. Elles existent pourtant, mais toutes petites, de 0,1 à 10 millièmes de millimètres. Il s'agit, selon les lieux, de quartz, de calcaire ou autres, mais surtout d'argile provenant de l'érosion des roches. L'argile, responsable de la consistance boueuse, provient de la transformation de minéraux au cours de l'altération des roches. Et cette odeur nauséabonde, et cette couleur noire ? La vase contient parfois de la matière organique en décomposition.

Des microbes, bactéries et autres, travaillent à la dégradation des restes d'êtres vivants et transforment leurs molécules au cours de réactions chimiques qui libèrent ces gaz malodorants. Et pourquoi justement cette vase sur une aussi belle plage ? La vase se dépose où elle peut, quand l'agitation de l'eau devient suffisamment faible. En effet, les particules — galets, grains de sable ou vase — sont transportées tant que l'énergie du courant permet de les garder en suspension. Quand elle faiblit, ce sont les plus grosses qui sédimentent, puis celles de taille moyenne. Les vases, ces minuscules particules, restent en suspension, sauf lorsqu'elles arrivent dans un endroit calme, comme cette merveilleuse plage à l'abri du courant, où elles peuvent enfin se reposer sur le fond. La vase préfère les endroits tranquilles, les vacanciers aussi, mais les deux ne font pas bon ménage.

## CRO-MAGNON ÉTAIT-IL UN NAGEUR HORS PAIR ?

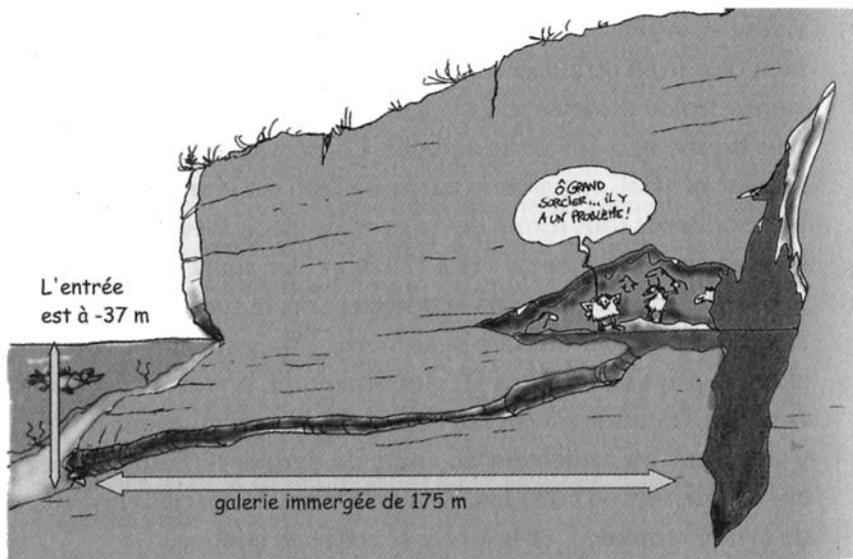
Dans les calanques marseillaises, le cap Morgiou est devenu célèbre depuis la découverte d'une grotte sous-marine bien particulière, la grotte Cosquer. Pour y accéder, plongez jusqu'à 37 m de profondeur, là où se trouve l'entrée. Empruntez ensuite un long tunnel de 175 m, un boyau totalement rempli d'eau (la grotte a d'ailleurs été découverte par un plongeur professionnel qui lui a donné son nom), et vous déboucherez enfin dans une première salle à l'air libre. Ouf ! Promenez-vous, visitez les salles et découvrez les particularités de chacune : ses chevaux, bisons, aurochs, bouquetins et chamois, mais aussi ses phoques et pingouins peints sur les parois, à même la roche. Ne loupez surtout pas la « salle des mains » : pas moins d'une cinquantaine de mains dessinées au pochoir ou appliquées directement, enduites de colorant. Plusieurs de ces figures ont été réalisées au charbon, ce qui a permis de les dater grâce au carbone 14 (un élément radioactif qui se désintègre régulièrement au cours du temps, plus la désintégration a été poussée, plus ancien est l'objet duquel on a extrait le carbone 14) : -27 000 ans pour les mains, -18 500 ans pour les animaux, l'époque de Cro-Magnon et de ses petits copains. Autrement dit, les hommes préhistoriques ont fréquenté le lieu durant plusieurs millénaires. Mais

comment y accédaient-ils ? Atteindre une profondeur de 37 mètres n'est pas à la portée du premier apnéiste venu, mais parcourir ensuite les 175 mètres devient carrément impossible. À moins que Cro-Magnon, nageur hors pair, doué d'une constitution physique bien supérieure à la nôtre n'ait été capable d'un tel exploit ? Évidemment, le lecteur se croyant plus malin que les autres, partira à la recherche d'un passage depuis la surface. Inutile, il n'y en a pas ! Pour résoudre ce mystère, arrêtons-nous un instant dans la grotte et examinons les lieux et surtout la faune représentée. Terrestre ou marine, elle est bien différente de celle d'aujourd'hui. Pas seulement parce qu'elle a naturellement changé mais parce qu'elle paraîtrait incongrue dans le milieu actuel. Qui imaginerait en effet des chamois, des bisons ou des pingouins dans le coin ? Les études palynologiques (celles qui concernent les pollens fossiles) montrent une abondance des graminées et la présence de quelques pins sylvestres et bouleaux. Faune et végétation témoignent qu'à l'époque le climat était bien plus froid qu'aujourd'hui, que la région, recouverte d'une steppe froide associée ici et là à une forêt boréale, ressemblait plus ou moins à la Sibérie actuelle. Conséquence du refroidissement général, une grande partie de l'eau est immobilisée sur les continents sous forme de neige et de glace. Inévitablement le niveau marin baisse de 110 à 120 m, et bien sûr la mer recule : il fallait parcourir plusieurs kilomètres vers le sud par rapport à aujourd'hui pour étendre sa serviette. (Mais qui aurait voulu aller à la plage vu le temps ? !). Autrement dit, la grotte Cosquer émergée, l'homme n'avait nul besoin de plonger en apnée pour y accéder. C'est seulement au cours du dernier réchauffement climatique, vers -12 000 ans, qu'avec la fonte des glaces le niveau de la mer remonte... et la grotte se retrouve ennoyée.

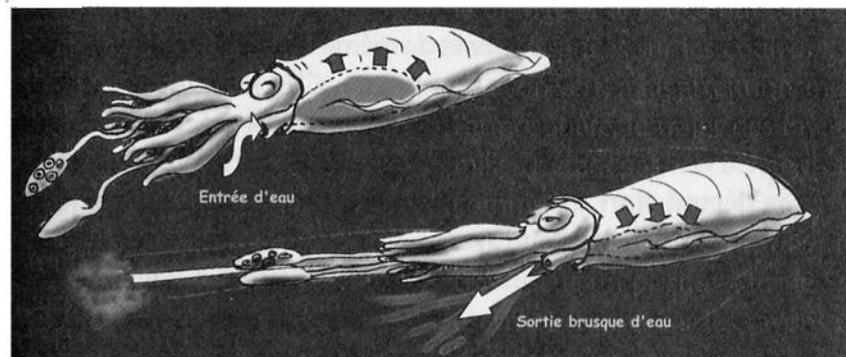
Au fait, pourquoi les hommes préhistoriques fréquentaient-ils la grotte Cosquer ? Récemment, une hypothèse a surgi après la découverte de traces de doigts entamant la paroi calcaire sur 2

à 3 cm de profondeur. Les hommes préhistoriques y prélevaient une pâte blanche crayeuse abondante, du carbonate de calcium. Aucun dépôt n'étant retrouvé au sol, il faut en déduire qu'ils en faisaient un usage quelconque — peinture corporelle ou remède médicinal — à l'image de certaines tribus qui l'utilisaient il y a peu encore pour stopper les hémorragies ou les diarrhées, ressouder les fractures ou stimuler l'allaitement (il y a du calcium dans les os comme dans le lait).

Mais la grotte, menacée par l'élévation actuelle du niveau des eaux et par sa propre instabilité, n'est peut-être qu'un témoignage éphémère des activités de nos ancêtres à une époque où les sports aquatiques n'étaient pas encore démocratisés.



## QUEL EST LE POINT COMMUN ENTRE UNE SEICHE ET UN AVION À RÉACTION ?



Tomber nez à nez avec une seiche est toujours surprenant. Immobile, l'animal vous observe de ses gros yeux noirs. Une légère ondulation des nageoires le tient comme en état d'apesanteur entre deux eaux. Tendez la main vers lui et il recule d'un mètre sans aucun mouvement apparent. Approchez-vous brusquement, cette fois la seiche bondit en arrière, et lassée de vos facéties, disparaît définitivement à la vitesse de l'éclair. C'est pourtant un mollusque ! Oui, mais un mollusque à réaction, tout comme ses cousins, le calmar ou la pieuvre. Grâce à un système de locomotion bien particulier, l'animal peut atteindre les 40 km/h (sur une courte distance seulement). Point de

moteur ni de carburant pourtant, mais la seiche a un atout : une grosse poche d'eau sous le ventre qu'elle remplit ou vide à volonté grâce à une paroi musculaire. Le tout fonctionne comme un réacteur d'avion. Cette poche, la cavité palléale, est reliée à l'extérieur par deux siphons, l'un aspire l'eau, l'autre l'éjecte. Quand les muscles de la paroi se contractent, le volume de la cavité diminue, et l'eau comprimée est brusquement expulsée par le siphon exhalant. Résultat : la seiche se déplace d'un bond en sens inverse, exactement comme un ballon de baudruche qu'on dégonfle brutalement. Le phénomène, s'explique par la 3<sup>e</sup> loi de Newton, celle des actions réciproques encore appelée loi d'action-réaction. L'eau chassée de la seiche exerce sur l'animal une force de même intensité et de même direction que celle qui l'a expulsée mais dirigée en sens inverse. C'est le même principe pour le moteur à réaction : de l'air entre dans le réacteur et participe à la combustion qui libère du gaz à haute température. Il se détend alors, est projeté vers l'arrière du réacteur, ce qui exerce une poussée vers l'avant.

On peut même s'amuser à calculer la vitesse de la seiche. Elle dépend de sa masse ainsi que de la vitesse et de la masse d'eau expulsée, selon la relation suivante :  $MeVe = MaVa$  (« e » pour l'eau, « a » pour l'animal). Autrement dit, la seiche nage d'autant plus vite qu'elle expulse l'eau rapidement et en grande quantité. Ce dernier paramètre est limité par la taille de l'animal. Pour être rapide, il ne reste à la seiche qu'une solution : rejeter l'eau à plus grande vitesse. Pour cela, elle a développé deux stratégies. Tout d'abord, l'eau est expulsée par un siphon étroit ce qui augmente sa vitesse (pensez à l'arrosage du jardin, quand vous bouchez une partie du tuyau, l'eau sort plus vite). D'ailleurs ce siphon orientable permet à l'animal de se diriger au cours de sa fuite. Ensuite, les fibres nerveuses commandant la contraction des muscles — qui

sont parmi les plus grosses de tout le règne animal : 1 mm de diamètre, énorme pour une cellule ! — conduisent le message nerveux à toute vitesse. D'ailleurs c'est leur étude qui a permis de comprendre le mécanisme de propagation du message nerveux. La seiche est décidément un animal dédié à la vitesse. Et, dans l'avion du retour, pensez à elle qui fait des ronds dans l'eau... Vous avancez par le même principe physique. Merci M. Newton.



## POURQUOI SE MOUILLER POUR NE PRENDRE AUCUN RISQUE ?

Premiers pas dans l'eau après une séance de bronzage. La tête qui tourne, le pas hésitant, et finalement le corps s'effondre. Hydrocution ! Le genre d'accident qui en moins d'une minute peut vous gâcher les vacances. Et mieux vaut être rapidement sorti de l'eau, sinon c'est la noyade. Le coupable ? Un choc thermique dû à une différence de température entre l'air et l'eau. Allongé sur la plage en plein soleil, l'organisme lutte contre l'élévation de température. Sous la peau, les vaisseaux sanguins se dilatent afin d'évacuer la chaleur (→ *Pourquoi les vacances me font-elles suer ?*, p. 29). Pour y amener plus de sang, le rythme cardiaque accélère. Comme le phénomène a des limites et que décidément il fait trop chaud, on va piquer une tête. Sacrément refroidi dans une eau à 22 °C, l'organisme tente brutalement d'inverser la vapeur : constriction des vaisseaux cutanés, ce qui provoque un afflux de sang vers l'intérieur du corps, hausse de la pression et, en réaction, ralentissement du rythme cardiaque, voire même arrêt. Le remède est pire que le mal : la chaleur est certes conservée, mais les organes ne sont plus irrigués. Le cerveau en particulier crie famine. Gros consommateur d'oxygène et de glucose apportés par le sang, le cerveau ne supporte pas la diète, quelques minutes peuvent lui être fatales. C'est que

le malheureux n'a pas de réserves pour satisfaire les millions de neurones qui triment dur à chaque instant. Vous pourriez faire ça le ventre creux, vous ? Alors, ils réduisent leur activité, avec pour conséquence une perte de connaissance réversible, la syncope, puis le coma et la mort si la privation se poursuit ne serait-ce que quelques minutes. La syncope, qui pourrait n'être qu'un désagrément sans suite, devient dramatique dans l'eau. Le cerveau privé de dioxygène déclenche par voie réflexe une inspiration et l'ouverture de la glotte : l'eau s'engouffre dans les voies respiratoires : c'est la noyade.

Truc de plage pour éviter l'hydrocution : ne pas (trop) manger et ne pas boire (du tout) d'alcool. Après un repas, estomac et intestin commencent leur long travail digestif. Leurs cellules s'activent, sécrètent des enzymes, absorbent les produits de la digestion, les dépenses d'énergie augmentent. Alors, les vaisseaux sanguins de ces organes se dilatent et leur amènent plus de sang. Cette réorganisation de la circulation accroît le risque d'hydrocution car avec moins de sang distribué vers la peau, elle limite la capacité du corps à se refroidir et accentue la différence de température entre le corps et l'eau. L'alcool quant à lui, un vasodilatateur, fait affluer massivement le sang vers la peau en cas de chaleur. Le contact avec l'eau froide sera d'autant plus brutal avec un risque de syncope.

Pourquoi se mouiller la nuque avant d'entrer dans l'eau ? Parce que ça glace ! Dans cette région du corps, mais aussi dans le thorax et le dos, les récepteurs au froid sont nombreux. L'eau les stimule, ils envoient alors un message d'alerte aux centres nerveux du type : « plongeon imminent, prévoir gros coup de froid », ce qui provoque par réflexe une contraction progressive des vaisseaux de la peau et évite la réaction intempestive de l'organisme. Vous pouvez aller vous baigner maintenant. Et n'oubliez pas la nuque.



## POURQUOI L'OURSIN MÉRITE-T-IL LE DÉTOUR ?

Avec l'oursin, on prend le plus souvent son pied. La rencontre en effet ne manque pas de piquant. Les épines de ce « hérissin coquillage », comme le surnommait Victor Hugo, sont portées par des plaques calcaires soudées entre elles qui lui servent de squelette. Les piquants, eux aussi en calcaire, s'articulent à ces plaques par l'intermédiaire de tubercules. Mobiles, ils permettent un déplacement très lent de l'oursin... même si c'est toujours le baigneur qui va à sa rencontre. Entrons dans le vif du sujet : quand le contact devient imminent, l'animal présente ses piquants sous l'angle le plus favorable à la pénétration. En effet, chacun, doté d'une portion d'appareil musculaire et relié au système nerveux, peut pivoter autour du tubercule sur lequel il s'articule. Et comme si cela ne suffisait pas, la peau du baigneur, attendrie par son séjour dans l'eau, offre peu de résistance.

La force du piquant, c'est d'être fragile : sa pointe se casse, se retrouve fichée dans la peau jusqu'au derme et la victime, prise d'une vive douleur, s'éloigne, laissant le paisible animal vaquer à ses occupations. Excluons les oursins venimeux et parfois mortels, rencontrés le plus souvent dans les régions tropicales. La douleur infligée par une piqûre de l'oursin bien de chez nous est souvent plus intense que celle occasionnée par un objet de taille similaire. Il semble que le revêtement protéique de l'épine

déclenche une réaction d'inflammation, responsable de la sensation douloureuse. Des signaux d'alerte, libérés par les cellules détruites, provoquent la dilatation des vaisseaux sanguins, d'où chaleur et rougeur dans la zone tuméfiée. Quittant le sang, des globules blancs affluent sur les lieux de l'agression et avec eux anticorps et substances de coagulation. D'autres, comme les kinines, qui luttent avec les anticorps contre les microbes, se fixent sur les terminaisons nerveuses et provoquent la sensation de douleur. Enfin, dernier signe de la réaction d'inflammation, le gonflement ou œdème, qui s'explique par un passage de plasma et de substances protectrices dans la zone lésée. Alors que faire en cas de piercing ? Car pour compliquer les choses, une infection déclenchée par la tentative d'extraction peut s'ajouter à la réaction inflammatoire. C'est que l'opération n'est pas aisée, l'épine d'oursin, friable, se délite sous la pince à épiler. Mieux vaut alors gratter la couche cornée de la peau autour du fragment d'épine pour faire dépasser sa base et l'extirper ensuite dans l'axe. Sinon, elle casse et tout est à recommencer, avec un bout encore plus petit et difficile à enlever. Certains même préfèrent le sparadrap à la pince à épiler. Quant aux populations de l'océan Pacifique confrontées au problème, elles ont choisi la méthode inverse : presser avec une pierre la région où se loge le piquant afin de l'écraser. En effet, 95 % du corps étranger étant constitué de calcaire, le même qu'utilise notre organisme pour construire son squelette ou faire fonctionner ses cellules, une fois redistribué par le sang, il peut à nouveau servir. Pour accroître — paraît-il — l'efficacité de la méthode, on applique de l'urine, censée favoriser la dissolution du calcaire en raison de son acidité (qui dépend en réalité de l'alimentation). Le problème, ce sont les 5 % de matière organique (protéines et autres) restants, susceptibles de déclencher des réactions d'allergie. Somme toute une méthode à éviter. Mais le plus simple afin de protéger ses pieds est encore de marcher sur les mains.



## POURQUOI CES NUAGES AU-DESSUS DE MA PLAGE ?

Au-dessus de la mer, de gros nuages plombent le ciel encore bleu il y a moins d'une heure. Pas tombé de la dernière pluie, vous soupçonnez une relation entre ces deux-là. C'est par l'évaporation, de la mer principalement, que les nuages prennent naissance. Or l'évaporation est permanente, pas les nuages (heureusement). C'est qu'ils ne se forment pas n'importe comment !

Première condition : l'eau doit s'évaporer, comme pour une serviette qui sèche (→ *Pourquoi ma serviette est-elle toujours mouillée ?*, p. 153). Deuxième condition : l'eau doit prendre de la hauteur. La vapeur d'eau, en s'échauffant, devient moins dense et s'élève pour rejoindre les couches atmosphériques où elle formera un nuage. La rencontre d'un relief provoque aussi son ascension. Pourtant à la différence de la vapeur, les nuages sont visibles (bien visibles, levez la tête). Il faut s'y résoudre : pas de vapeur d'eau dans les nuages mais des microgouttes (comme dans la fumée qui s'échappe de la casserole d'eau bouillante).

En effet, en s'élevant, la vapeur refroidit et se condense en gouttelettes minuscules qui finissent par former un nuage. À l'inverse de l'évaporation, la condensation libère de l'énergie, qui non seulement entretient l'ascension de l'eau, mais permet aussi d'aspirer la vapeur environnante. Alors, le nuage grossit petit à

petit. Difficile d'imaginer l'énorme quantité d'énergie potentielle contenue dans un nuage, même de taille modeste. Pourtant, sur une même durée, il produit plus d'énergie qu'une centrale nucléaire (évidemment, l'existence du nuage est transitoire, la centrale, elle, fonctionne 24 heures sur 24). Pas étonnant quand on sait que la condensation d'un seul kilogramme de vapeur libère 2,5 millions de joules.

Mais pour former une gouttelette, même microscopique, un grand nombre de molécules d'eau doivent se rassembler, ce qui est statistiquement improbable. À moins qu'elles ne trouvent un support, de minuscules particules, comme les noyaux de condensation dans les nuages. Les molécules d'eau s'y accrochent les unes après les autres et finissent par condenser. Ces noyaux sont des poussières arrachées au sol, des embruns (le sel attire l'eau), des résidus de combustion (voilà pourquoi les nuages sont abondants dans les zones industrielles), des produits volcaniques... dont la taille des plus gros avoisine le micromètre (un millionième de mètre). À partir de 0 °C, les gouttes d'eau se transforment théoriquement en glace. Pourtant, on trouve de l'eau encore liquide dans les nuages à des températures de - 30 à - 40 °C en état de surfusion (un état dans lequel l'eau est liquide en dessous de 0 °C). Pas étonnant, car l'assemblage des molécules d'eau en cristaux de glace nécessite que celles-ci s'agrègent les unes aux autres autour de particules — les noyaux de congélation, plus ou moins abondants dans les nuages. Et quand ces cristaux se sont formés, même s'ils sont largués par le nuage, peu de risque qu'ils vous tombent sur la tête en plein été, ils auront fondu avant d'atteindre la plage.



## COMMENT FAIRE FUIR UN NUAGE ?

Des millions de gouttes d'eau à l'intérieur, et pourtant les nuages n'amènent pas toujours la pluie. Tant mieux, un après-midi de plus à bronzer. Mais qu'est-ce qui fait fuir les nuages... et les touristes aussi ?

La réponse tient dans une goutte d'eau... à examiner à la loupe. Dans un nuage la taille des gouttes est comprise entre 0,008 et 0,8 mm. Elles grossissent au fur et à mesure que le nuage se forme, mais ne tombent pas forcément. Petite expérience de plage pour comprendre : allongé sur le sable, posez sur vos lèvres un petit pois et soufflez délicatement. Le petit pois s'élève et se maintient en suspension dans l'air. Deux forces s'opposent, celle du souffle, verticale et dirigée vers le haut, celle du poids, de même valeur mais de sens opposé. Même chose dans un nuage. Sauf que ce n'est pas Zeus qui souffle pour maintenir les gouttes en suspension, mais un courant d'air ascendant à l'origine du nuage. C'est d'autant plus facile que les gouttes sont légères à leurs débuts et que la chaleur libérée par la condensation entretient l'ascension. Évidemment, les gouttes s'agglomèrent ensuite les unes aux autres, grossissent et finissent par atteindre une masse critique à partir de laquelle leur poids devient supérieur à la force

de suspension. Quelques dizaines de milliers de microgouttes sont quand même nécessaires pour atteindre cette taille critique, supérieure à 0,1 mm. Alors elles commencent à tomber.

La vie d'une goutte d'eau n'est pas un long fleuve tranquille : ce n'est qu'après plusieurs allers-retours entre la base et le sommet du nuage qu'elle devient suffisamment lourde pour tomber. Et encore, pendant leur descente, les gouttes peuvent passer sous le seuil de condensation et redevenir de la vapeur. Au moins il ne pleuvra pas, mais tout le travail est à recommencer. D'ailleurs, dans un nuage, la vie d'une goutte d'eau est bien éphémère, pas plus de quelques heures : soit elle précipite, soit elle se vaporise, sinon elle est happée par d'autres gouttes plus voraces qui à leur tour subiront le même sort.

Si la pluie est l'ennemi juré de l'aoûtien, elle est bienvenue pour l'agriculteur, ou plus généralement pour le citoyen moyen qui chaque jour boit son litre. Pour favoriser les précipitations, une technique, aux résultats encore discutés, consiste à pratiquer l'ensemencement des nuages en y dispersant par avion des particules jouant le rôle de noyaux de condensation (→ *Pourquoi ces nuages au-dessus de ma plage ?*, p. 72). Les microgouttes s'y agglomèrent pour grossir et finalement précipiter. La méthode, applicable seulement sur des nuages déjà formés avec un air suffisamment humide, n'est pas miraculeuse. Et rassurez-vous, il n'est pas là pour ça, l'avion qui passe et repasse au-dessus de la plage, traînant une banderole derrière lui.



## COMMENT FLOTTER AVEC ARCHIMÈDE ?

Faire la planche demande de la souplesse : il faut se plier aux lois de la physique. Dans l'eau, n'importe quel objet (→ *Comment ne pas acheter un matelas pneumatique à la légère ?*, p. 49) est soumis en effet à deux forces, le poids et la poussée d'Archimède. Ces deux forces, verticales, sont de sens opposés : le poids dirigé vers le bas, la poussée d'Archimède vers le haut. Selon la densité de l'objet, qui dépend du rapport entre la masse et le volume, c'est l'une ou l'autre qui l'emporte et notre objet flotte ou sombre. Si un objet flotte, sa densité est inférieure ou égale à celle de l'eau, c'est-à-dire 1, s'il coule elle est supérieure. Et notre corps ? Il peut jouer à la fois la balle de tennis (comment nagerions-nous, sinon ?) et la boule de pétanque (comment pourrions-nous ramasser le joli coquillage au fond de l'eau, sinon ?).

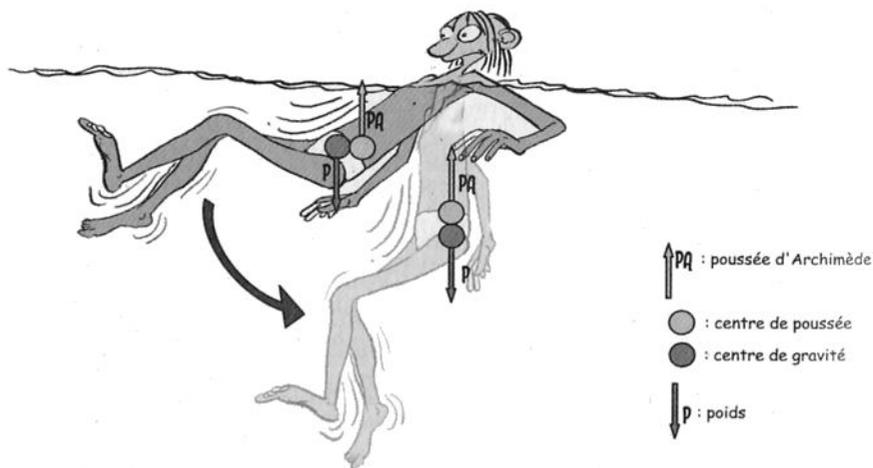
Expérience de plage : sortez de la glacière le jambon à l'os du pique-nique de midi. Découpez un petit bout de viande, de gras ainsi qu'un fragment d'os et plongez chacun dans l'eau : le bout de gras flotte ( $d = 0,9$ ), le muscle reste entre deux eaux ( $d = 1,08$ ) et l'os coule ( $d = 1,8$ ). La densité totale de l'organisme est à peine supérieure à 1, donc nous flottons naturellement, ou du moins restons-nous entre deux eaux. Une recette pour mieux flotter nous est donnée par Archimède : l'intensité de la poussée dépend du

volume immergé. Autrement dit, plus le corps est enfoncé dans l'eau, plus la poussée d'Archimède est forte et mieux il flotte. N'ayez pas peur de boire la tasse en faisant la planche, Archimède veille sur vous.

Flotter est un peu plus compliqué pour l'homme que pour une balle de tennis ou un matelas pneumatique. La pesanteur s'applique sur notre centre de gravité, tandis que la poussée d'Archimède s'applique sur le centre de gravité de la seule partie immergée, appelé le centre de poussée. Et comme notre corps est une masse hétérogène, avec des parties de densité différente, centre de gravité et centre de poussée ne sont pas au même niveau. Le premier est situé sur la cinquième vertèbre lombaire, le second plus haut, sur la première de ces vertèbres (le haut du corps constitue en effet un plus gros volume, notamment avec la cage thoracique). Ainsi, un couple de forces s'applique sur le corps, l'une dirigée vers le haut, l'autre plus postérieure, dirigée vers le bas. Conséquence : allongé, le corps tend à basculer, et si nous laissons faire, il se redresse et retrouve une position d'équilibre verticale. On flotte mieux à la verticale... à une condition tout de même. Tentez l'expérience de plage suivante : en position verticale dans l'eau (ne trichez pas, vous ne devez pas avoir pied), commencez par une grande inspiration. Avec les poumons pleins d'air, la tête se maintient hors de l'eau sans difficulté. Expirez lentement et en même temps que les poumons se vident, vous coulez (bon, remontez maintenant). Rien d'étonnant, le volume du corps est inférieur quand la cage thoracique est vidée, pour un poids sensiblement identique. Archimède ne fait plus le poids et le corps sombre.

En conclusion, l'application de ces lois fondamentales nous amène à prodiguer quelques trucs pour mieux flotter :

- faites de la graisse (rappel :  $d = 0,9$ ) ou changez de sexe si vous êtes un homme (15 % de masse grasse chez l'homme, 23 % chez la femme) ;
- ne vous roulez pas en boule dans l'eau ;
- faites la planche à la verticale (se rappeler de la différence entre centre de poussée et centre de gravité) ;
- si vous persistez à vouloir flotter à l'horizontale, enfoncez-vous au maximum !



## POURQUOI LA MER EST-ELLE PARTIE ?

Elle est partie ! Ce n'est pas le cri d'effroi d'un amoureux éploré mais celui d'un juilletiste qui pour la première fois a préféré l'Atlantique à la Méditerranée. Pas très grave, la mer reviendra, le rassure-t-on. Lui, qui n'a pas le sens de la marée, s'inquiète, il n'est là que pour un mois. Décidément, une explication s'impose.

Deux fois par jour, la mer nous fait le coup. Elle plie bagage, au large, puis finit par revenir. Mieux que cela, son retour est prévu à heure fixe. Elle descend puis remonte, toujours de la même façon : le mouvement, lent au départ, s'accélère après 3 ou 4 heures pour ralentir enfin quand elle arrive à destination. Mais qu'est-ce qui la fait bouger ? Longtemps le phénomène est resté incompris. Au cours de sa conquête de l'Asie, Alexandre le Grand fut surpris avec ses navires par le retrait de l'eau dans le delta de l'Indus. Effrayé, n'ayant jamais assisté à une telle scène (et pour cause, en Méditerranée si les marées ne sont pas nulles, leur amplitude est de quelques centimètres), il décida de renoncer, y voyant un mauvais présage, et rebroussa chemin. Conquête de continent annulée pour cause de marée !

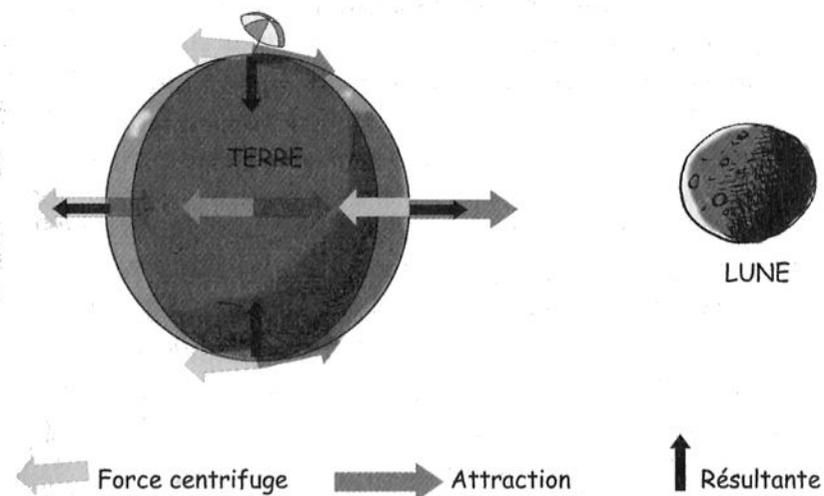
Pour rechercher l'explication d'un phénomène cyclique, la méthode est simple : trouver un autre phénomène, cyclique lui aussi et de même rythme. La durée de deux cycles correspond

à celle d'une journée lunaire, 24 heures 50 minutes, c'est-à-dire l'intervalle de temps compris entre deux passages consécutifs de la Lune au même méridien. Mais quel rapport avec la Lune ? On put le comprendre, lorsque Isaac Newton, somnolant au pied d'un arbre, se prit une pomme sur la tête (comme le prétend la légende). Pourquoi est-elle tombée ? Parce que selon Newton, une masse, la Terre, l'attire. Pour lui, cette force d'attraction dépend de la masse des deux objets, la Terre et la pomme. Newton poursuit son raisonnement, s'intéressant cette fois à la Terre et la Lune. Il écrit : « Si la Terre attire la pomme, pourquoi ce pouvoir d'attraction que possède la Terre sur les objets qui l'entourent ne s'étendrait-il pas jusqu'à la Lune ? » Bien vu ! Ces deux corps célestes s'attirent réciproquement, avec deux forces de même intensité, mais de sens opposés.

Par l'attraction de la Lune sur la Terre, les océans sont attirés côté Lune. Seulement, l'attraction n'est pas suffisante pour expliquer le phénomène des marées. Si elle était la seule force en jeu, l'océan côté Lune formerait une grosse bosse, la mer serait toujours haute à cet endroit, toujours basse à l'autre bout de la Terre. Ce n'est pas le cas, une autre force est nécessaire pour expliquer le phénomène.

Si la pomme s'écrase sur la Terre mais pas la Lune, c'est que cette dernière, qui tourne autour de la Terre, est soumise à une force centrifuge (la même que dans un manège) qui tend à la repousser de la Terre. La Terre, elle aussi en mouvement, est soumise à une force centrifuge qui tend à l'éloigner de la Lune. Deux forces opposées s'exercent donc sur les océans, l'attraction et la force centrifuge. Si la force centrifuge est constante (car la vitesse de la Terre l'est aussi), ce n'est pas le cas de l'attraction (qui dépend pour un point sur Terre de sa distance à la Lune). Si la résultante de ces deux forces est dirigée vers le ciel, l'eau est

comme soulevée, la mer est haute. Au contraire, si la résultante est orientée vers le centre de la Terre, la hauteur de l'eau diminue, la mer descend. Un cycle se répète deux fois par jour lunaire, plus exactement toutes les 12 heures 25 minutes. Notre juilletiste n'a plus que six heures d'attente pour retrouver la mer. Ouf !





## QUAND PARTIR À LA PÊCHE AUX MOULES ?

Pour le pêcheur à pied, mieux vaut ne pas se retrouver le bec dans l'eau. Connaître les horaires des marées ne suffit pas, il faut aussi se préoccuper des coefficients. Car il y a marée et marée, plus exactement petites et grandes marées. Avant de chausser des méduses pour traquer étrilles et bigorneaux, commençons par une petite expérience de plage : à marée haute, un fanion dans la main, repérer le point culminant de montée des eaux. Lorsque c'est fait, planter d'un geste vif le fanion (ou la banderille) sur la ligne de crête. Recommencer l'expérience le lendemain et les jours suivants — le ridicule ne tue pas. Remarquer alors que le niveau de la haute mer descend régulièrement pendant une semaine puis remonte en sens inverse. Le vacancier désœuvré s'adonnant à une expérience similaire à marée basse constaterait le même type de variation. La différence entre le niveau de pleine mer et de basse mer, le marnage, se traduit pour le pêcheur à pied par des petites et des grandes marées. Dans le second cas, la vaste surface de plage découverte à marée basse lui offre des animaux habituellement inaccessibles... et la garantie de remplir son panier — du moins en théorie. Ainsi, sur une période de 28 jours, deux marées de grande amplitude, les marées de vives eaux, alternent avec deux autres de basse amplitude, les marées

de mortes eaux. La Lune ne tourne-t-elle plus rond (→ *Pourquoi la mer est-elle partie ?*, p. 79) ? Impossible, l'explication est à rechercher ailleurs. Ce cycle correspond au temps mis par la Lune pour tourner autour de la Terre. En même temps, la Terre fait sa révolution autour du Soleil, qui exerce sur elle une attraction. Si Terre, Lune et Soleil sont alignés, l'attraction de la Lune et du Soleil s'additionnent, elle est maximale, l'amplitude des marées aussi. Il faudra attendre environ 14 jours (la Lune met à peu près 28 jours pour tourner autour de la Terre) pour que le trio infernal soit à nouveau aligné. Quand au contraire la Lune est décalée de  $90^\circ$  par rapport à l'axe Terre-Soleil, les deux astres exercent des attractions qui s'opposent et les marées sont de mortes eaux. Pas le moment pour la pêche aux moules...

Et les marées d'équinoxe ? Là encore, une question de position des astres. La Terre met une année à tourner autour du Soleil. Son axe de rotation est incliné de  $23^\circ$  par rapport au plan de révolution. Comme la Terre tourne sans que la position de l'axe soit modifiée, elle s'expose différemment au Soleil. Aux équinoxes (automne et printemps), l'attraction du Soleil est maximale, le marnage aussi. Vite, l'épuisette !



## POURQUOI LE CRABE N'EN PINCE-T-IL PAS POUR TOUTES LES MOULES ?

Pas très compliqué de préparer des moules : laissez frémir dans l'eau (avec un verre de vin blanc et quelques échalotes) et elles s'ouvriront. Mais attention, vieux crabe ou jeune étoile, la recette ne vous concerne pas ! Pour l'un et l'autre, les moules se mangent crues, à la pince ou avec les bras, c'est selon.

Le crabe déambule, roulant des mécaniques dans sa carapace blindée, et à la moindre occasion brandit une paire de pinces menaçantes. Le crabe est un méchant, c'est entendu, mais plus subtil qu'il n'y paraît. Certes, pour se nourrir, il pratique la politique du casse-noix : un coup de pinces et la moule s'écrase, s'offrant aux mandibules du crustacé. Selon la taille de la proie, l'opération demande plus ou moins d'énergie. Le crabe est alors confronté à un dilemme : choisir des petites moules faciles à ouvrir mais peu nourrissantes, ou au contraire des grosses moules dont l'ouverture demande beaucoup d'efforts.

Un crabe avec les yeux plus gros que le ventre serait voué à une mort certaine : il s'éreinterait sur des coquilles au-dessus de ses moyens et finalement dépenserait plus d'énergie qu'il n'en gagnerait en consommant les rares proies dont il viendrait à bout. C'est comme si pour votre petit creux de quatre heures vous aviez à parcourir des kilomètres de plage avant de mettre

la main sur cet improbable vendeur de chi-chi. Une étude des plus sérieuses a évalué le rapport entre l'énergie apportée par la moule (dépendant de sa masse) et l'énergie dépensée pour son ouverture (calculée à partir du temps passé pour ouvrir le mollusque). Plus le rapport est élevé, plus le gain énergétique est grand. Ces chercheurs ont lâché une bande de crabes (*Carcinus menas*, dit aussi « crabe vert », ou encore « crabe enragé ») sur un banc de moules qui n'avait rien demandé. Voyant débouler la bande d'enragés, les craintives, après un « Oupss ! » plein d'inquiétude, se sont claquemurées dans leur coquille. Précisons que l'expérience judicieusement menée avait prévu différentes tailles de crabes comme de moules. Les résultats sont étonnants : chaque crabe s'attaque à un groupe homogène de moules dont la taille permet d'obtenir le rapport Énergie apportée/Énergie dépensée le plus élevé. Mais comment font-ils pour trouver moule à leur pince ? Mettez-vous dans la carapace d'un crabe sur un banc de moules. Votre gros cerveau serait-il capable d'évaluer ce rapport ? Évidemment non ! Le crabe, avec ses petits moyens, peut pourtant le faire. Son truc : avant de tenter de broyer une moule, il la coince entre ses pinces, sans forcer, pendant une à deux secondes, puis écrase ou s'en va. Aucun processus de décision dans ce comportement, il s'agit d'un simple réflexe. Le degré d'ouverture de la pince et d'autres paramètres sont transmis et analysés par un réseau de neurones, ce qui déclenche une réponse de type oui-non. Ce programme, déterminé génétiquement, est néanmoins doué de plasticité puisque le feu vert pour une taille de moule change au fur et à mesure que le crabe grandit.

L'étoile de mer est plutôt du genre forceur de coffre-fort. Ni pince-monseigneur ni chalumeau, mais cinq bras garnis chacun sur leur face ventrale d'une multitude de ventouses avec lesquelles l'animal écarte légèrement les deux valves de la coquille. Il ne lui reste plus alors qu'à retourner son estomac et le glisser dans l'ouverture ménagée. Là, l'organe sécrète des enzymes qui

commencent le travail de digestion. Une fois la moule liquéfiée, l'étoile de mer l'absorbe (sans oublier de réingurgiter son estomac) et la digestion se termine dans l'animal. Chose amusante, une étude similaire à celle des crabes a été réalisée. Et le lâcher d'étoiles de mer dans un banc de moules effarouchées a abouti à une conclusion semblable concernant les gains et dépenses d'énergie. À une nuance près tout de même : sans que l'on sache l'expliquer, les étoiles de mer, contrairement aux crabes, choisissent des proies de taille légèrement inférieure à celles correspondant à un rendement énergétique maximal, comme si elles mangeaient du bout des bras. Des timides, les étoiles ?

## POURQUOI LE CIEL EST-IL BLEU ET LE SOLEIL JAUNE ?

Ciel bleu, soleil jaune ou rouge, rayon vert, à la plage l'été est de toutes les couleurs ! Un seul responsable : le Soleil qui nous éclaire. Mais pourquoi le monde n'est pas jaune comme lui alors que sous une lumière bleue ou rouge (placez un filtre devant la lampe) le décor change de couleur ? Pas besoin de quitter la plage pour trouver la réponse, il suffit d'observer le ciel. Mais attention aux yeux ! (-> *Choisir ses lunettes noires pour la plage ou le night-clubbing ?*, p. 91.)

Dans le Soleil, la fusion des noyaux d'hydrogène libère de l'énergie qui nous parvient notamment sous forme de lumière. Mais comment ? La lumière est un ensemble de vibrations capables de se propager dans le vide puisqu'elles traversent l'espace avant d'atteindre la Terre. Le son aussi est porté par des vibrations, mais parler dans le vide reste sans écho, car le son se propage en faisant vibrer les molécules d'air (-> *Pourquoi la conversation est-elle difficile sous l'eau ?*, p. 141). Quant aux ondes lumineuses, électromagnétiques, elles n'ont pas besoin de support matériel pour se propager.

Pendant une ondée, si le soleil brille suffisamment, ne vous enfuyez pas de la plage, vous aurez peut-être la chance de voir un arc-en-ciel. Six ou sept bandes de couleur s'alignent dans le

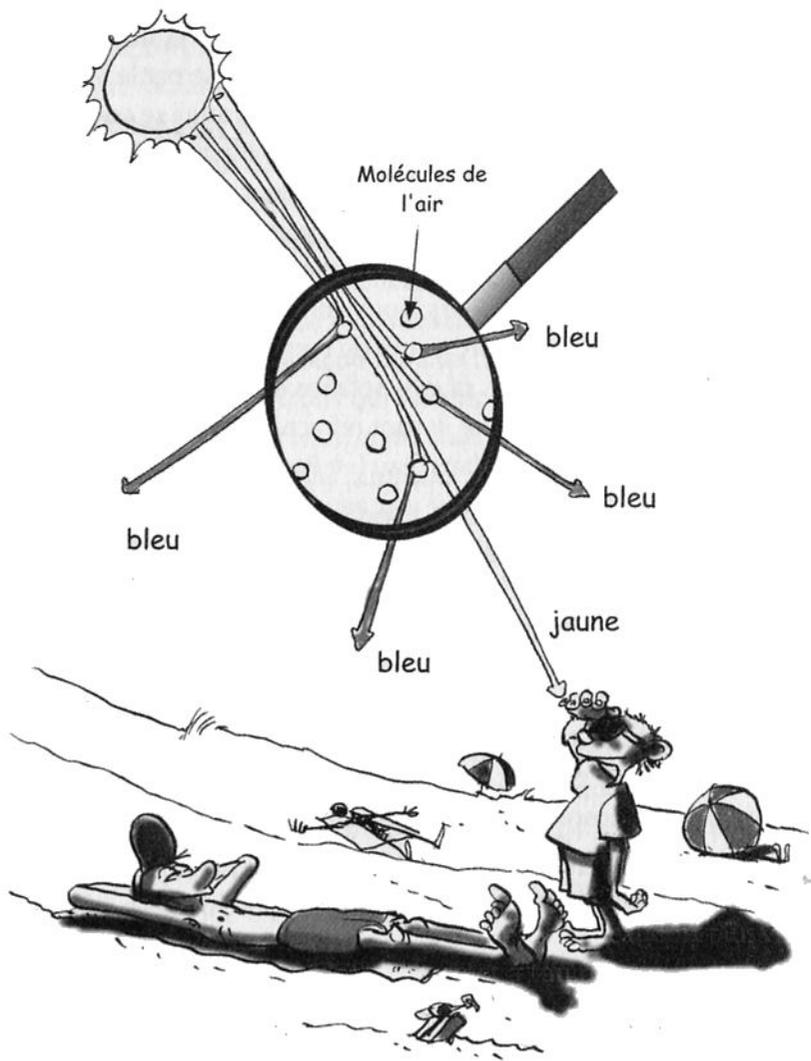
ciel, du violet au rouge. Les gouttelettes d'eau en suspension dans l'air ont décomposé la lumière émise par le soleil. Cette expérience grandeur nature nous apprend que la lumière blanche est constituée d'un mélange de couleurs. Si elles sont séparées par la goutte d'eau, toujours dans le même ordre, c'est parce que chacune correspond à une radiation de longueur d'onde donnée. Chaque radiation est d'autant plus déviée par une goutte d'eau que sa longueur d'onde est courte, le violet correspondant à une longueur d'onde de 400 nanomètres, le rouge à 800.

Levez la tête, pourquoi le ciel est bleu alors que la lumière est blanche ? C'est l'atmosphère, les molécules de l'air plus exactement, qui diffusent les ondes lumineuses qu'elles rencontrent, c'est-à-dire les dispersent dans tous les sens. À l'échelle de l'atome, les choses se passent de la façon suivante : l'onde lumineuse provoque l'oscillation des électrons qui vibrent à leur tour avec la même longueur d'onde. Ils restituent, sous la même forme, l'énergie qu'ils ont absorbée. Mais pourquoi le bleu ? Parce que les radiations de courte longueur d'onde, comme les bleues, sont les plus facilement absorbées. Alors, en un rien de temps, les molécules de l'air vous repeignent un ciel en bleu. Bien sûr, selon les jours ou les endroits, le bleu du ciel n'est pas le même. Tout dépend de la qualité de l'air : les gouttes d'eau et les poussières favorisent la diffusion. Alors, les radiations de plus grande longueur d'onde comme le vert et le jaune ajoutent leur touche de couleur dans le tableau. Pas étonnant que le ciel vire au bleu... ciel.

Et le ciel vu de la Lune, pourquoi apparaît-il tout noir ? Située à la même distance du Soleil que la Terre, la Lune ne reçoit pas moins de lumière que notre planète. C'est encore un coup de

l'atmosphère, de son absence plus précisément. Trop légère, la Lune n'a pas pu retenir par gravité celle qui l'entourait à ses débuts.

Le bleu du ciel est responsable du jaune du soleil. Une simple histoire de soustraction : au blanc de la lumière, retirer le bleu, il reste du jaune, du orange et du rouge. Comme le premier de ces trois-là est le plus important dans la lumière émise par le Soleil, il donne sa couleur à notre étoile. Et lorsque le soleil se couche, il devient rougeoyant. Encore une histoire d'atmosphère : la lumière en traverse une plus grande épaisseur puisque le soleil est bas, le bleu diffuse et cette fois-ci le jaune aussi. Reste alors le orange et le rouge qui teintent le Soleil. Avec vos nouvelles connaissances sur les couleurs, vous voilà armés pour chasser le rayon vert, mais attention, munis de verres protecteurs. Dans l'atmosphère, le trajet des rayons solaires est curviligne, car le milieu n'étant pas homogène, ils sont réfractés, c'est-à-dire déviés, comme lorsqu'ils arrivent dans l'eau (→ *Pourquoi les poissons ne portent-ils pas de masque pour voir sous l'eau ?*, p. 94), ou qu'ils traversent un prisme. Plus le Soleil est bas, plus la réfraction est importante, car les rayons ont une plus grande épaisseur d'atmosphère à traverser. Ainsi, au coucher du Soleil, les rayons lumineux rouges sont situés au-dessous des rayons verts. Lorsque les rayons rouges disparaissent sous l'horizon, pendant un bref moment seuls les rayons verts sont visibles. Du moins lorsque les conditions s'y prêtent. Car le ciel doit être dégagé, l'horizon lointain et l'atmosphère riche en vapeur d'eau pour absorber le jaune et le orange (voilà pourquoi mieux vaut traquer le rayon vert au-dessus de l'océan).



## CHOISIR SES LUNETTES NOIRES POUR LA PLAGE OU LE NIGHT-CLUBBING ?

Les lunettes noires ne se portent pas seulement en accessoire dans les soirées *dance-floor*, on peut aussi en mettre sur la plage. En soirée, elles vous ouvrent les portes (grâce à elles, on vous prend pour un VIP, c'est sûr), à la plage elles vous protègent les yeux, raison pour laquelle on les appelle aussi « lunettes de soleil ».

Le principe est simple : interposer un filtre entre le soleil et l'œil afin d'atténuer la sensation d'éblouissement, mais surtout de protéger contre les rayons nocifs. Car le paradoxe, c'est que les rayons abîmant les yeux, les rayons ultraviolets, sont invisibles. En plus, on se méfie des UV émis directement par le soleil (qui aurait l'idée de regarder celui-ci en face ?!), mais moins de ceux réfléchis par le sol et l'eau ou diffusés à travers les nuages. Bref, les UV sont partout et comme si cela ne suffisait pas, ils agissent en traître. Contrairement aux infrarouges, qui brûlent immédiatement, les effets des UV ne se font sentir qu'après coup.

Les UV agissent à différents niveaux de l'œil, provoquant brûlure de la cornée (ophtalmie) et favorisant l'opacification du cristallin (cataracte). Dans ce dernier cas, c'est comme si vous regardiez à travers un verre dépoli ; la lumière passe plus ou moins mais pour ce qui est de distinguer les formes, autant ne pas y compter. Les plus optimistes diront que la cataracte s'opère facilement :

l'opacification concerne le plus souvent la partie centrale du cristallin, le noyau, par accumulation de protéines. Un coup de bistouri ou un lâcher d'ultrasons permettent d'exciser ce noyau et de le remplacer par un implant fixé dans la partie externe du cristallin. L'opération, sous anesthésie locale, prend moins d'une heure... mais pourrait tout de même être évitée dans certains cas par le port préventif de lunettes de soleil.

Plus graves encore, les lésions de la rétine, avec risque de cécité. Constituée de cellules photosensibles, la rétine réagit à la lumière en émettant des signaux électriques à l'origine du message nerveux visuel. Les UV l'atteignent donc — comme les autres rayons, sinon nous serions dans le noir complet —, mais en trop grande quantité, ils peuvent l'endommager.

Pas la peine de quitter la plage précipitamment une serviette sur la tête, de bonnes lunettes suffisent. À condition de savoir les choisir. Truc de plage : des lunettes teintées diminuent fortement l'éblouissement mais ne garantissent en rien une filtration efficace des ultraviolets. Pire même, une diminution de l'intensité lumineuse provoque une réponse réflexe de l'œil : les cellules de la rétine envoient un message au cerveau primitif, l'hypothalamus, qui répond (indépendamment de la conscience) en provoquant le relâchement des muscles de l'iris, et par conséquent l'ouverture de la pupille. Elle se dilate alors, comme elle le fait dans des conditions d'éclairement insuffisant et les ultraviolets, pas filtrés par des verres de mauvaise qualité, s'engouffrent et provoquent des dégâts. Pour compliquer les choses, par temps couvert, les nuages filtrent les rayons visibles du soleil, atténuant la sensation d'éblouissement, mais plus de la moitié des ultraviolets les traversent et arrivent à l'œil. Truc de plage : ne pas enlever ses lunettes par temps nuageux même si ça donne un côté frimeur.

Au moment de l'achat, inutile d'évaluer l'atténuation de la luminosité, il faut simplement rechercher la présence de la norme CE qui garantit une filtration à 100 % des ultraviolets, du

moins pour les rayons passant à travers les verres. Car, les UV, réfléchis dans tous les sens, s'immiscent évidemment dans les coins, d'autant plus que les verres sont de petite taille.

À côté de l'inscription CE, un indice, de 0 à 4, indique l'absorption de la luminosité. Voilà un petit résumé avant de faire son shopping :

- CE 0 : absorbent moins de 20 % de la lumière visible.
- CE 1 : légèrement teintés pour luminosité faible.
- CE 2 : pour situations d'ensoleillement moyen.
- CE 3 : pour luminosité solaire forte, absorbent entre 82 % et 92 % de la lumière visible, recommandés pour les vacances à la mer.
- CE 4 : pour luminosité solaire exceptionnelle, absorbe entre 92 % et 97 % de la lumière visible, idéal si vous passez vos vacances sur un glacier.

D'autres critères peuvent intervenir selon la tendance du séjour :

- les verres minéraux (en silice), particulièrement résistants contre les rayures des grains de sable ou les griffures d'un danseur enragé de Tecktonik ;
- les verres à effet miroir, utiles contre la réverbération et pour se recoiffer en soirée ;
- les verres anti-buée, pour la pratique d'une activité de plage (beach-volley, beach-soccer, pétanque), ou pour entrer en transe sur un *deep tribal mix* ;
- les verres polarisants pour éliminer les reflets de l'eau ou le pot de colle qui essaie de se faire remarquer depuis le début de la soirée ;
- les verres hydrophobes, pour nager sans avoir mal aux yeux ou se passer la tête sous le robinet en cas de coup de pompe vers trois-quatre heures du matin.

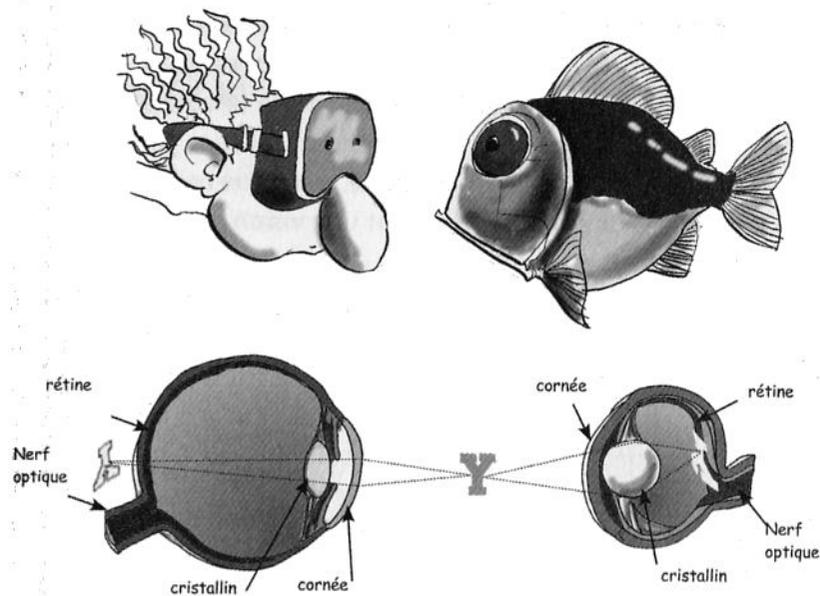
## POURQUOI LES POISSONS NE PORTENT-ILS PAS DE MASQUE POUR VOIR SOUS L'EAU ?

À la plage, le masque est une valeur sûre... même si à l'occasion on crache dedans. Nager sous l'eau sans l'accessoire et tout se brouille. Pourtant, contrairement à celui des lunettes, le verre du masque ne corrige pas. Alors, à quoi sert-il ?

Petite expérience de bord de mer : placez votre pied sous une tranche d'eau et observez, il semble décalé par rapport à la jambe. Pas de panique, c'est une illusion d'optique ! Comme l'air et l'eau ont des densités différentes, les rayons lumineux sont réfractés, c'est-à-dire déviés, quand ils passent d'un milieu à l'autre. Autrement dit, vous observez en même temps deux images, dont l'une à partir de rayons lumineux déviés (ceux provenant du pied). Et vous voudriez voir correctement avec ça ? ! Voir sous l'eau est tout aussi problématique !

Dans l'eau, la lumière se propage, du moins jusqu'à une certaine profondeur, sinon on n'y verrait rien. La lumière, qui nous vient du soleil, est transmise en ligne droite à la vitesse de 300 000 km/s dans le vide (mieux vaut pour elle vu les distances). Quand elle pénètre dans un milieu plus dense, elle ralentit : 299 900 km/s dans l'air, mais seulement 250 000 km/s dans l'eau. La facilité avec laquelle la lumière se propage dans un milieu diminue quand

l'indice de réfraction nommé «  $n$  » augmente. «  $n$  » est le rapport entre la vitesse de propagation dans le vide et la vitesse dans le milieu traversé. Pour l'air, il est de 1,0003, pour l'eau de 1,33.



Sous l'eau, l'œil capte la lumière (il y a tout de même une différence yeux fermés ou ouverts !). Celle-ci traverse un système de lentilles convergentes, d'abord la cornée, une enveloppe transparente et plus en arrière le cristallin, de forme ovale. Ensuite, elle finit sa course sur le fond de l'œil et excite les cellules nerveuses de la rétine. Cornée et cristallin dévient les rayons lumineux afin qu'ils convergent pour atterrir sur la rétine. Un peu avant ou un peu après et l'image sera floue, comme chez les myopes ou les presbytes. Ces lentilles ont une vergence, c'est-à-dire une capacité à dévier les rayons lumineux, qui diminue avec l'indice de réfraction (le «  $n$  » déjà évoqué) du milieu traversé. On peut calculer la vergence de la cornée (supérieure à celle du cristallin)

avec la formule suivante :  $V = n_2 - n_1 / r$  où  $n_1$  est l'indice de réfraction du milieu traversé, air ou eau,  $n_2$  l'indice de réfraction de la cornée et  $r$  le rayon de courbure de la cornée.

Dans l'air, la vergence est :  $V = 1,37 - 1,00 / 0,008 = 46$  dioptries.

Dans l'eau :  $V = 1,37 - 1,33 / 0,008 = 5$  dioptries.

Dans l'eau, les rayons lumineux arrivant à la cornée sont 9 fois moins déviés que dans l'air. Ils ne se focalisent pas sur la rétine. Conséquence : la vision est floue, très floue même. Avec le masque, on rétablit artificiellement une vision dans l'air... et des images nettes.

Et les poissons, comment font-ils pour voir sous l'eau ? Si le cœur vous en dit, tentez la dissection d'un œil de poisson : après avoir ôté l'œil de son orbite, tirez délicatement sur la cornée, qui vous restera dans les doigts. Ensuite, avec des ciseaux fins, sans trop enfoncer, découpez en suivant le tour de l'œil. Une structure plus ou moins translucide en forme de bille apparaît, c'est le cristallin. Il est sphérique, ce qui change tout. Car cette forme accroît fortement la vergence et focalise les rayons sur la rétine. Voilà pourquoi les poissons ne portent pas de masque.

Au fait, pourquoi crache-t-on dans son masque ? Pour éviter la formation de buée, bien sûr. En raison de la plus basse température de l'eau, la vapeur se condense sur la vitre du masque. Une couche de salive constitue une pellicule sur laquelle la vapeur d'eau s'étale sans condenser, ce qui retarde l'apparition de la buée. Une solution à utiliser avec modération.

## POURQUOI LES FALAISES PERDENT-ELLES LA BOULE ?

À voir des falaises hautes de plusieurs centaines de mètres avec leur colossale masse de calcaire, on pourrait les croire indestructibles. Pourtant, victimes d'un interminable travail de sape, elles s'érodent, reculent jour après jour. Les malheureuses subissent des assauts sur plusieurs fronts et là, c'est vraiment trop. D'abord, les facteurs continentaux : eau de pluie, variations de température et gel, tous s'y mettent pour fragiliser l'édifice. Même les êtres vivants sont de la partie : oursins, pholades, éponges préparent le travail en perçant la roche au pied de la falaise. En haut, lichens et racines s'incrustent ou s'immiscent avec leur sécrétion d'acide qui attaque la roche. Et quand la pluie tombe sur la falaise, elle s'infiltré dans ces fractures. Un coup de froid et l'eau gèle, se dilate en faisant éclater la roche comme avec un coin qu'on enfonce. Avec la gravité, elle finit par dégringoler, c'est l'érosion. L'eau peut être encore plus sournoise. Elle agresse la roche dans son intimité, s'y infiltre, telle une cinquième colonne, et mine de rien, arrache ici un ion à un minéral, là en ajoute un autre. Une de ses spécialités est l'hydrolyse : les molécules d'eau s'incrustent dans celles des minéraux et ainsi les fragmentent. Bref, l'eau transforme les constituants à tel point que la roche n'y reconnaît plus ses petits et les abandonne. Compacte et solide

jusqu'à présent, elle s'effrite maintenant, se désagrège, enfin se délite. L'eau aime bien prendre à revers : elle attaque aussi par la mer. Deux fois par jour, à marée haute, l'eau se rapproche. Selon la topographie et la force de la marée, elle attaque la roche ou se contente simplement de déblayer les éboulis.

S'il s'agit de craie, celle-ci se dissout dans l'eau et la mer passe du bleu au blanc. Ce balayage incessant fait place nette aux agents de l'érosion et tout repart de plus belle. La mer trouve parfois un allié inattendu : la falaise elle-même ou du moins les produits de son érosion. Les galets à ses pieds, ses propres enfants en quelque sorte, sont projetés sur elle à chaque vague suffisamment puissante, une sorte de matricide. Toutefois des poches de résistance existent. À Étretat, la fameuse aiguille a trouvé la combine : avec sa forme conique, l'eau de pluie s'y infiltre difficilement. L'érosion, plus lente, n'a pas encore tout emporté, mais ce n'est que partie remise.

## COMMENT PILOTER SON CERF-VOLANT ?



À quoi sert le vent sur la plage ? À envoyer du sable dans les yeux bien sûr, mais aussi à réaliser des prouesses avec un cerf-volant. À condition, pour le cervoliste, de maîtriser les forces qui s'exercent sur son engin.

Le cerf-volant est un cas intéressant : il vole sans avancer, fait du surplace comme un avion en soufflerie. Encore un coup de la portance (→ *Peut-on jouer au Frisbee avec une tong ?*, p. 5), capable de maintenir en l'air un bout de toile tendu par des baguettes... à condition que l'ensemble soit bien réglé.

Le cerf-volant joue avec les nerfs du cervoliste soit à l'envol (impossible de décoller même avec du vent), soit pendant le vol (l'engin tremble comme une feuille morte avant de piquer du nez). Commençons avec un cerf-volant en losange, un long ruban qui traîne derrière, comme le cerf-volant de vos six ans. Pour la démonstration, on empruntera d'ailleurs celui du petit dernier.

Tout se joue au niveau du point d'attache du fil. Décalez-le vers l'avant, le cerf-volant s'envole, mais, aussitôt en l'air, tangue de gauche à droite comme un 747 dans un trou d'air. Il est « piqueur ». À deux doigts du crash, atterrissez d'urgence si vous tenez à votre engin. Décalez maintenant l'attache du cerf-volant vers l'arrière. Courez ! Même face au vent, impossible de le faire

décoller, il est « tractant ». Mauvais réglages de débutant, le constat est simple : le succès du vol tient à l'inclinaison de l'appareil. Pour soulever le cerf-volant, la pression de l'air doit être plus forte sur la face inférieure, ce qui est possible seulement si l'air circule plus rapidement sur l'autre face.

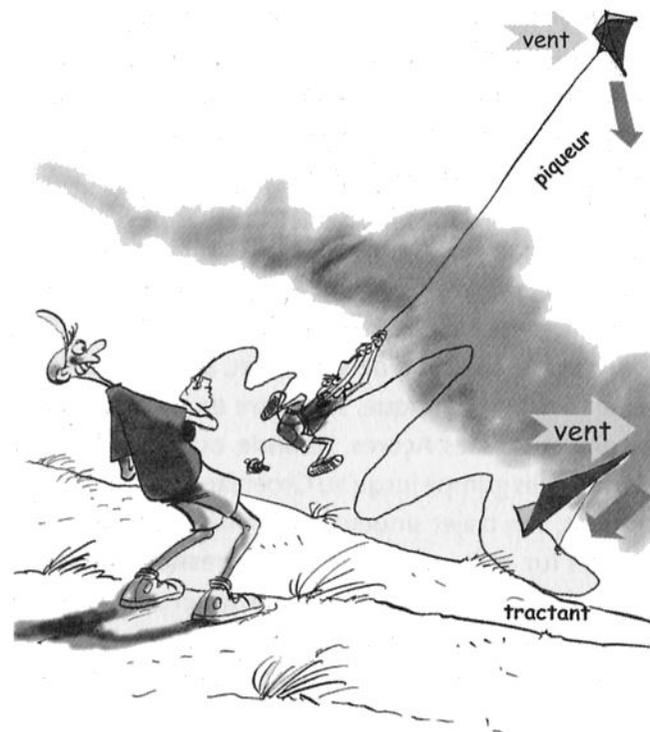
Expérience de plage (en voiture), et le maniement du cerf-volant n'aura plus de secrets : d'abord, tendez le bras par la fenêtre. Attention, l'expérience est à réaliser par le passager et non par le chauffeur ! Vous sentez une force, le poids, qui attire le bras vers le sol. Démarrez — pas sur les chapeaux de roues —, roulez au pas, bras tendu, paume de la main verticale et dirigée vers l'avant. Le bras est entraîné vers l'arrière, la force ressentie s'appelle la traînée (normal, elle entraîne la main). Inclinez la main, paume vers le bas, elle se soulève. En effet, comme l'air circule plus rapidement sur le dos de la main, la pression est plus forte sur la paume. La force qui en résulte est la portance. En modifiant l'inclinaison de la main, on arrive à trouver un angle pour lequel elle semble flotter, comme si elle n'avait (presque) plus de poids. Les mêmes forces s'appliquent sur le cerf-volant et s'il est bien commandé, il vole. Récapitulons :

- le poids attire le cerf-volant vers le sol ;
- la portance, générée par la différence de pression entre les deux faces, le soulève ;
- la traînée s'oppose au mouvement et tire l'appareil vers l'arrière.

Ces deux dernières forces s'opposent au poids. Additionnées, elles constituent la « résultante aérodynamique », la force qui fait voler le cerf-volant.

On peut maintenant expliquer les problèmes du cerf-volant « piqueur » ou « tractant ». L'air appuie sur la face supérieure du cerf-volant « piqueur » trop peu incliné, c'est la chute. Quant au cerf-volant « tractant », trop incliné au contraire, il se cabre, l'air ne peut pas glisser sur la face supérieure, il ne décollera même pas.

Tout se passe comme s'il existait un point d'attache idéal selon lequel le cerf-volant serait correctement orienté par rapport au vent. Ce point d'équilibre, appelé centre de poussée, autorise une circulation de l'air telle qu'il existera toujours une différence de pression entre les deux faces générant une portance. Et pour bien montrer à vos voisins de parasol qu'Éole n'a plus de secret pour vous, chaque jour adaptez votre corde à la force du vent. S'il souffle peu, avancez le point d'attache du fil, le cerf-volant cabré s'envolera plus facilement, sinon ramenez-le à l'arrière, l'appareil sera plus maniable. Voilà, à vous de jouer, la vocation de pilote du petit est en jeu.





## POURQUOI LE GULF STREAM NE PASSE-T-IL PAS PAR MA PLAGE ?

D'une plage à l'autre, ce n'est pas la même histoire. Ici, on court avant de plonger tête la première. Ailleurs, c'est la soupe à la grimace : le vacancier traverse la plage d'un pas lent et, arrivé au bord de l'eau, plonge un doigt de pied, toujours le gros orteil réputé moins sensible. Il l'a compris dès le premier jour, il s'est fait refiler un séjour sans Gulf Stream.

Le Gulf Stream, un courant océanique de surface, prend naissance en Floride et aux Antilles. Rien d'étonnant alors à ce qu'il amène de l'eau chaude. Concentré à ses débuts sur une bande relativement étroite d'une largeur de 80 à 150 km, il se dilue progressivement au cours de son trajet, poussé par les vents. Il traverse l'océan Atlantique, se sépare en plusieurs branches pour se diriger vers les Açores, l'Islande, ou atteindre la façade européenne, puis grimpe jusqu'au Groenland où il finit sa course. Évidemment, son trajet sinueux en privilégie certains plus que d'autres. Au fur et à mesure de sa progression, il distribue sa chaleur, réchauffe l'eau comme l'atmosphère. Le Gulf Stream explique d'ailleurs — même s'il n'est pas le seul — les hivers plus doux à Paris qu'à New York, pourtant à la même latitude.

Mais qu'est-ce qui pousse le Gulf Stream ? Le vent surtout, en particulier celui associé à l'anticyclone des Açores, qui, en soufflant vers le nord-est, frotte sur l'eau et la met en mouvement. C'est pareil pour tous les courants. Il suffit pour s'en convaincre de comparer la carte de la circulation atmosphérique mondiale avec celle des courants océaniques : la similitude est frappante. Bien sûr, les courants atmosphériques sont responsables des courants océaniques, pas l'inverse. Mais que devient le Gulf Stream ? Arrivée à bon port aux latitudes élevées, l'eau plus froide (cela fait plusieurs milliers de kilomètres qu'elle cède sa chaleur), devenue plus dense, plonge par gravité jusqu'à 2 000 à 3 000 mètres de profondeur et repart en sens inverse. Commence alors un long périple jusqu'à l'océan Antarctique, qui la redistribue dans les trois océans, Pacifique, Indien et Atlantique, où, aux basses latitudes, elle remonte après s'être réchauffée. Ainsi, deux circulations océaniques coexistent, une de surface, l'autre de profondeur, les deux pièces d'une boucle qui permet de réguler le climat en distribuant la chaleur de l'équateur vers les pôles. Bien sûr, certains en profitent moins que d'autres, ils n'avaient qu'à faire attention avant de louer pour un mois sans Gulf Stream en bas de chez eux.



## COMMENT TROUVER LA VAGUE ?

Le surfeur débutant se reconnaît à sa combinaison neuve et son air inquiet : il cherche la vague. Allongé sur sa planche, seul au milieu de l'océan, il ne voit toujours rien venir. Quelques connaissances sur la physique des vagues l'aideront peut-être à se glisser (enfin) au creux des rouleaux.

Les vagues sont des oscillations de la surface de l'eau. Elles naissent au large lorsque le vent souffle et crée des turbulences. Des crêtes et des creux se forment car l'air adhère aux molécules d'eau et les pousse. En raison de la pression hydrostatique, la surface tend à s'égaliser (essayez de faire des trous dans l'eau, vous verrez s'ils tiennent !), les crêtes s'affaissent et les creux se comblent. De petites ondulations désordonnées persistent : le clapotis. Si le vent est suffisant, ces ondulations lui offrent de plus en plus de prise, elles s'accroissent et se propagent maintenant sans lui. À présent ce sont des vagues, le vent a transféré son énergie à la mer.

Contrairement aux surfeurs, les vagues ne se ressemblent pas. Grandes ou petites, fréquentes ou non, elles se distinguent par leur vitesse, leur amplitude (la distance entre le creux et la crête)

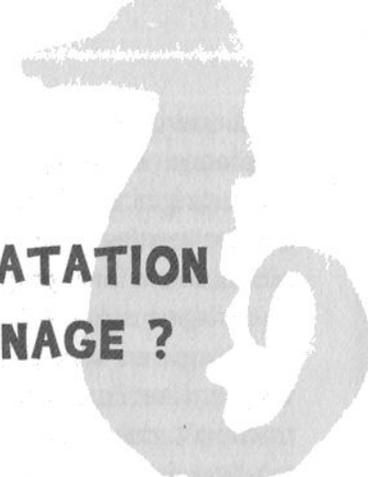
et leur longueur d'onde (la distance entre deux crêtes successives). Les vagues géantes existent, certains les ont rencontrées, 30 mètres pour les plus hautes. Enfin, les vagues sont irrégulières, petites et grandes se suivent dans une même série, et comme sur la route les rapides dépassent les lentes. Mer agitée ou calme, au départ tout dépend du vent, de sa vitesse, de sa durée et de l'étendue sur laquelle il a soufflé pendant que les vagues se formaient. Ensuite, plus besoin de lui, elles se propagent seules.

Si les surfeurs choisissent toujours les côtes pour sévir, ce n'est pas seulement pour la frime : c'est là que les vagues déferlent. Petite expérience de plage (à réserver aux bons nageurs) : gagnez le large, déposez sur l'eau un canard en plastique et observez. Il oscille en épousant le mouvement des vagues mais n'avance quasiment pas. Placé dans une zone de courant, il serait pourtant emporté. Il faut en convenir, au large l'eau de la vague ne progresse pas, seule la déformation se propage. Comme toutes les ondes, les vagues transportent de l'énergie, pas de la matière. D'ailleurs, elles peuvent se propager en sens opposé au courant.

Si notre canard oscille, c'est qu'à l'intérieur d'une vague chaque goutte d'eau se déplace de la crête vers le creux, puis l'inverse, décrivant un cercle. Mais tout change à proximité des côtes. Cette fois, les mouvements circulaires sont gênés par les frottements de l'eau sur le fond et la propagation de l'onde est ralentie. Le creux de la vague (plus près du fond) se déplace moins rapidement que la crête. Rappelez-vous les croche-pieds, qu'enfant, vous faisiez surnoisement : le haut du corps de la victime se déplaçait plus rapidement que le bas, se cabrait, penchait de plus en plus et s'affalait. La vague, c'est pareil ! Et comme sa vitesse diminue, l'énergie du mouvement (l'énergie cinétique) aussi. Pour conserver la quantité d'énergie (un principe fondamental en physique), la vague grandit... et les surfeurs préparent leur

planche. Mais pourquoi des plages à grosses vagues, d'autres sans ? Inégalité de la nature ? Plutôt un problème de fond. Un fond pentu provoque un ralentissement brutal, la vague s'élève brusquement avant de plonger en décrivant un beau rouleau. Ouvrez l'œil, les surfeurs ne sont pas loin. Parfois, comme sur les plages des Landes, la pente est faible mais des barres sablonneuses accumulées par les courants freinent brutalement la vague et le résultat est le même. Avec une pente douce, les vagues seront molles. Changez d'endroit, sauf à vouloir ressembler à un célèbre surfeur niçois.

## POURQUOI LA NATATION MET-ELLE EN NAGE ?



Nager est moins simple qu'il n'y paraît : il faut avancer tout en flottant sans oublier de respirer. Allongé sur l'eau, agitez-vous dans tous les sens comme un apprenti nageur et vous verrez comme il est facile de couler. Évitez tout de même d'alerter les maîtres nageurs, ils détestent ce genre de plaisanterie. Si la densité du corps est proche de 1, elle n'est pas homogène, une grosse tête aura vite fait de vous déséquilibrer et de vous envoyer par le fond. Et la respiration ? Pour avancer, il faut fendre l'eau. Quoi de mieux que la tête pour servir de proue... à condition de la sortir régulièrement. Finalement, nager, comme voler pour le Frisbee ou le cerf-volant, c'est s'appuyer sur les lois de la mécanique des fluides.

Dans l'eau, le corps du nageur en mouvement est soumis à quatre forces principales : la portance et le poids — l'une le soulevant —, l'autre l'attirant vers le fond, ainsi que la propulsion et la traînée, cette dernière s'opposant à la précédente.

L'avancée dans l'eau répond à la troisième loi de Newton, celle de l'action-réaction : pour se propulser, les mains prennent appui sur l'eau, déplacent le liquide vers l'arrière et en réaction le corps est propulsé vers l'avant. Mais ce n'est pas tout. La circulation de l'eau au-dessus et en dessous de la main est comparable à celle

de l'air sur une aile (→ *Comment piloter son cerf-volant ?*, p. 99) : surpression en dessous, dépression au dessus. Il en résulte une force, dirigée vers le haut : la portance. Mais attention, selon l'inclinaison des mains, vous favoriserez soit la portance et la flottaison, soit la force propulsive et la vitesse. À vous de choisir.

Le nageur utilise les bras avec lesquels il tire ou pousse sur l'eau. Le principe est simple : prendre de l'eau à l'avant et la déplacer vers l'arrière. En brasse, c'est toujours par un mouvement de traction, tandis qu'en crawl, le bras tire d'abord puis pousse une fois l'axe des épaules dépassé. Quant aux jambes, regardez ces gros muscles saillir de vos cuisses, ils ne demandent qu'à vous aider, mais, avides d'oxygène, ils auront vite fait de vous essouffler avant de vous asphyxier. Bref, il ne faut pas en abuser, les jambes au crawl servent surtout à stabiliser le corps et d'ailleurs, le rapport vitesse/coût énergétique des bras est bien meilleur que celui des jambes. Alors ne jouez pas à la locomotive à vapeur en créant un panache blanchâtre avec un battement de pieds démesuré, vous ne feriez qu'accroître les résistances de l'eau... qui ne demande qu'à vous résister. Avancer dans l'eau, c'est justement vaincre l'adversité, car le liquide, du genre pugnace, s'y oppose de maintes façons. D'abord par la résistance passive à l'avancement, en dehors de tout mouvement des bras ou des jambes. Même monté sur hélice (d'autres sont bien montés sur ressorts), vous auriez à la subir. Cette force dépend de la surface de projection du corps sur un plan vertical perpendiculaire à l'avancée. Pour vous représenter ce paramètre, immergez-vous avec masque et tuba et attendez qu'un nageur passe. Vu de face, vous observerez chez un bon nageur principalement la tête, les épaules, une partie du thorax (pour l'abdomen tout dépend de son volume), les pieds. Chez un piètre nageur, le corps incliné montre une plus grande surface de projection et offre plus de résistance à l'avancement.

La pénétration dans l'eau dépend aussi de la forme d'ensemble du corps. C'est ce qu'en aérodynamique on appelle le  $C_x$ , coefficient de traînée dans un fluide (coefficient que l'on utilisa pour baptiser une voiture aux formes avantageuses). La forme détermine en effet la façon plus ou moins efficace dont le fluide s'écoule autour d'elle. L'avancée dans l'eau génère à l'avant du corps une surpression et à l'arrière une zone de dépression. Comme si lorsque vous essayez d'avancer l'eau vous appuyait sur la tête et en même temps vous tirait par les pieds. Vraiment de la triche ! Et pourtant ce n'est pas tout ! Les mouvements, ceux des bras notamment, créent une vague dont la crête se trouve à l'avant du corps et le creux à l'arrière. Autrement dit, nager consiste à gravir en permanence une pente liquide ! Pour diminuer la hauteur de vague, allongez-vous au maximum, baissez la tête et pas de mouvements inutiles avec les jambes. Enfin, la résistance de l'eau augmente avec la vitesse au carré du déplacement : pour doubler votre vitesse, il faudra vaincre quatre fois plus de résistance !



## POURQUOI MA PLAGE S'EST-ELLE MISE AU RÉGIME ?

Plusieurs mètres en moins depuis les dernières vacances, pas de doute, la plage a rétréci. Rien d'étonnant, 70 % des plages du monde sont en cours d'érosion. Qui est le coupable ? L'homme, serait-on tenté de répondre, mais les choses sont plus compliquées. Pour comprendre, il faut remonter plusieurs milliers d'années en arrière, lorsque les plages se sont formées. L'histoire commence il y a 20 000 ans pendant une période glaciaire : refroidissement général, énormes quantités d'eau stockées sur les continents sous forme de glace et recul du niveau de la mer, le paysage est transformé. Une vaste plaine, sans une goutte d'eau, occupe l'emplacement de la Manche tandis que les côtes de l'océan Atlantique ou de la Méditerranée se situent plusieurs kilomètres à l'ouest ou au sud. La régression marine découvre de vastes zones où les fleuves débouchent et s'épandent, déposant au passage les sédiments qu'ils charrient. L'érosion, favorisée par les conditions climatiques extrêmes, fournit de grandes quantités de sédiments qui s'accumulent dans ces zones émergées. Il y a 12 000 ans, changement de régime ou plutôt de climat : réchauffement, fonte des glaciers et remontée de la mer. Celle-ci repousse devant elle, comme une armée de pelleteuse en rangs serrés, la considérable quantité de sédiments, sable, graviers

et galets, accumulés pendant des millénaires, édifiant alors les rivages d'aujourd'hui. Enfin, il y a 5 000 à 6 000 ans, le niveau de la mer se stabilise et progressivement une situation d'équilibre s'installe : des sédiments sont apportés, d'autres emportés vers le large, en quantité égale. Jusque-là, les plages ont vécu leur période de choux gras, mais depuis 2 000 ans les choses changent. Seuls les continents alimentent les plages en sédiments et les apports ne compensent plus l'action érosive de la mer. C'est inévitable, les plages reculent. Aujourd'hui, le phénomène s'amplifie pour plusieurs raisons. L'élévation du niveau de la mer, même minime, l'augmentation de la force et de la fréquence des tempêtes accentuent le travail érosif. En plus, la construction de barrages, le prélèvement de sable et graviers dans les cours d'eau diminuent les apports de sédiments aux plages. Choux gras, vaches maigres, à ce régime-là, que restera-t-il des plages dans quelques années ?



## COMMENT ÉVITER LES MÉDUSES EN FAISANT LE CLOWN ?

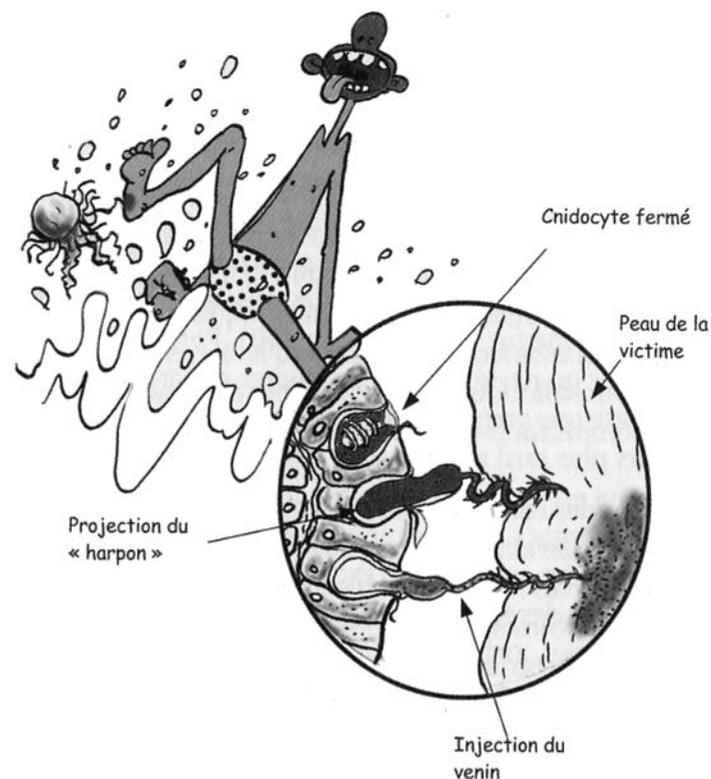
Régulièrement, les méduses défraient la chronique estivale (→ *Pourquoi cette année les méduses poussent-elles comme des champignons ?*, p. 37). Plongez à la rencontre de la bête et vous ne lui trouverez pourtant rien d'effrayant : pas de dents pour vous dévorer, pas de jambes pour les prendre à son cou, pas de cerveau pour vous tendre un piège redoutable. Seulement 99 % d'eau mais tout de même une demi-douzaine de tentacules urticantes qui font toute la différence.

L'ironie de l'histoire est que la méduse pique sans le faire exprès. Elle ne vous en veut pas, vous ne la dérangez même pas et en plus elle ne pourra rien tirer de vous. La méduse pique par réflexe, une seconde nature en quelque sorte, un moyen de se nourrir aussi. Ses tentacules sont garnis de millions d'éléments urticants microscopiques, les cnidocytes. Chacun est une cellule spécialisée pour la capture des proies (plancton et autres animaux minuscules) renfermant une capsule avec un filament enroulé et bardé d'épines à sa base. Le cnidocyte, surmonté d'un cil sensible, est du genre chatouilleux : effleurez-le et il vous décharge son filament à la vitesse d'un projectile d'arme à feu (4 0000 g d'accélération). Déroulé brusquement, le filament est éjecté et vous transperce la peau en déposant du venin, le tout en quelques millisecondes. L'opération, répétée par des milliers

ou des millions de cnidocytes, vous laisse un cuisant souvenir. Le mécanisme d'éjection commence à être compris : la stimulation du cil provoquerait une entrée d'eau dans le cnidocyte, augmentant la pression à l'intérieur (200 fois la pression atmosphérique) et entraînant l'expulsion violente du filament. Pour accroître l'efficacité du système, des cellules nerveuses relient les cnidocytes et coordonnent leur activité, la stimulation d'un seul d'entre eux déclenchant un tir en rafale. La méduse a aussi du nez : la détection d'odeurs amplifie la réponse. Une piqûre de méduse est-elle grave ? Rarement mortelle, mais douloureuse, avec risque d'infection, de gangrène et de septicémie (infection généralisée). La piqûre peut aussi provoquer un choc avec syncope et noyade. Le plus souvent la douleur et la brûlure ressenties s'étendent progressivement autour de la zone de piqûre. Pire, le risque d'un choc anaphylactique est réel. D'ailleurs, c'est avec les méduses que le phénomène fut découvert. En 1901, Portier et Richet, embarqués sur un navire océanographique, remarquent qu'un chien supporte une première injection de venin de méduse mais que 15 jours plus tard une seconde injection, pourtant à plus faible dose, lui est fatale. Le contraire de l'immunité ! Au cours d'un premier contact, l'organisme est sensibilisé mais un second contact déclenche une réaction excessive du système immunitaire avec parfois des effets mortels (c'est le même principe pour toutes les allergies, asthme et autres). Pour éviter ce genre de désagrément, un produit (miracle ?) a été mis au point. Il vous évite les piqûres de méduses en vous faisant passer pour un clown, un poisson-clown plus exactement. La particularité de l'animal (popularisé par un dessin animé) est de pouvoir se faufiler entre les tentacules de l'anémone de mer (même groupe que les méduses) sans déclencher la fatale décharge. Par quel secret ? Son corps est enduit d'une substance chimique visqueuse qu'il prélève sur les tentacules. Une sorte de camouflage chimique en quelque sorte.

Si vous n'avez pas suffisamment fait le clown, quelques conseils en cas de piqûre :

- nettoyer avec de l'eau de mer ;
- enlever les cnidocytes en grattant avec du sable (attention à ne pas se piquer les mains !);
- passer un antiseptique.



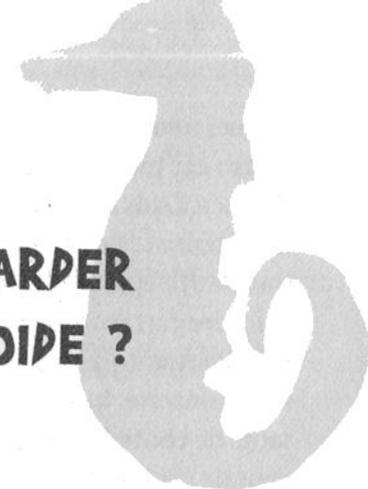
## COMMENT DÉCODER LA MÉTÉO MARINE ?

« Grand frais », « Fisher », « German », « nord-ouest 3 à 5 virant secteur nord 2 à 4 »... La météo marine est la seule émission radio à laquelle 99 % des auditeurs ne comprennent pas un strict mot. Avant de partir en canoë gonflable, une explication s'impose.

La météo marine donne les prévisions du temps en mer ! Par souci de précision, la mer est divisée en secteurs, « Fisher », « German » étant par exemple deux d'entre eux en mer du Nord. Les informations fournies concernent la vitesse et la direction du vent, l'état de la mer, la visibilité et le type de temps. C'est un Anglais, Francis Beaufort, qui en 1806 mit au point une échelle pour renseigner les navigateurs. Il eut l'idée d'utiliser la frégate dont il avait le commandement pour mesurer la vitesse du vent. Si elle était faible, Beaufort l'évaluait à partir de celle de sa frégate. Mais la méthode devenait inutilisable pour des vents plus forts. Beaufort, qui ne manquait pas de ressources, pensa alors à l'estimer à partir de la voileure qu'il lui fallait déployer pour que son bateau atteigne sa vitesse maximale. Depuis, l'échelle a été améliorée. Elle fait correspondre à douze degrés, baptisés « force du vent », à la fois la vitesse du vent, d'autre part l'état de la mer et les conditions à terre.

Force du vent	Vitesse du vent en km/h	État de la mer	Hauteur des vagues	Conditions à terre
0	0	Calme comme un miroir		La fumée monte droit
1	1 à 5	Calme, rides ressemblant à des écailles de poissons	0,1 m	La fumée indique la direction du vent
2	6 à 11	Vaguelettes ne déferlant pas	0,2 m	On sent le vent sur la figure
3	12 à 19	Peu agitée. Écume d'aspect vitreux	0,6 m	Les drapeaux flottent
4	20 à 28	Agitée, nombreux moutons	1 m	Le sable s'envole
5	29 à 38	Houleuse, éventuellement embruns	2 m	Les petits arbres s'agitent
6	39 à 49	Très houleuse, crêtes d'écume, lames	3 m	Le vent siffle
7	50 à 61	Grosse, lames déferlantes	4 m	Tous les arbres s'agitent.
8	62 à 74	Très grosse, tourbillons d'écume	5,5 m	On ne marche plus contre le vent
9	75 à 88	Lames déferlantes grosses à énormes	7 m	Dommages aux bâtiments
10	89 à 102	Tempête, déferlement en rouleaux	9 m	Arbres déracinés, dégâts aux habitations
11	103 à 117	Violente tempête, lames exceptionnellement hautes	11,5 m	Ravages
12	sup. à 118	Ouragan	14 m et plus	Les gens s'envolent !

## COMMENT GARDER LA TÊTE FROIDE ?



Jouez, courez, sautez à plus de 40 °C et oubliez de boire... Attention, le coup de chaleur est proche. Certes, l'organisme sait régler sa température, mais il y a des limites à tout.

Grâce à un thermostat intégré au fin fond du cerveau, dans l'hypothalamus, les choses se passent plutôt bien en général. Fonctionnant 24 heures sur 24, ses capteurs thermiques mesurent la température du sang et, au moindre écart, donnent l'alerte. L'hypothalamus est sur le pont : il envoie des messages nerveux un peu partout, en particulier aux vaisseaux sanguins de la peau et aux glandes sudoripares. La réponse est immédiate : dilatation des premiers, production de sueur pour les seconds, dans un seul but, perdre de la chaleur (→ *Pourquoi les vacances me font-elles suer ?*, p. 29). Mais trop, c'est trop, vous commencez à tirer la langue. Depuis le début de votre partie de beach-volley, l'hypothalamus se démène pour vous garder au frais, mais trop préoccupé, vous n'avez même pas donné une goutte d'eau à votre organisme (dans le genre ingrat...). Maintenant, il se déshydrate, le volume de sang baisse et la tension aussi. Des récepteurs logés dans le cœur et les artères détectent l'anomalie et envoient à leur tour des signaux d'alarme à l'hypothalamus (encore lui !). Pour compliquer les choses (et les aggraver) les organes, moins bien

irrigués, manquent maintenant d'oxygène (et sans oxygène, un smash est moins percutant). Ça sonne de tous les côtés, il y a urgence. Dans sa cellule de crise, l'hypothalamus est confronté à un dilemme : surchauffe ou déshydratation, que choisir ? Il doit trancher, le temps presse. Dernier regard sur l'écran de contrôle et l'ordre part : contraction des vaisseaux sanguins périphériques, mise au ralenti des glandes sudoripares. Ouf, les pertes d'eau sont sous contrôle. Insouciant, vous continuez attaques smashées, sauts de contre et passes acrobatiques sous les ovations du vendeur de chi-chi. 38, 39, 40 °C... la température grimpe puisque le système de régulation a été mis en veille pour économiser l'eau. Peau chaude et sèche, maux de tête (voilà l'explication à tous ces ballons loupés), nausée, délire (non, personne ne vous acclame), les symptômes du coup de chaleur apparaissent. Et puis c'est la perte de conscience (fin de la partie, de toute façon elle était perdue). Mieux vaut prévenir les secours. Et si vous reprenez conscience, demandez à boire, vous en avez besoin.

Écœuré, jurant bien qu'on ne vous y reprendra plus, vous retournez vous allonger sur votre serviette pour une longue sieste de plusieurs heures en plein soleil... jusqu'au prochain coup de chaleur. On vous l'a assez dit, il faut boire quand il fait chaud !

## POURQUOI LE COURANT EMPÊCHE-T-IL DE RETROUVER SA SERVIETTE ?

Sur certaines plages, on barbote, et soudain c'est l'inconnu, on ne reconnaît plus rien. Perdu ! Mais où est ma serviette ? s'exclame le vacancier peu au fait des problèmes de courant. Car l'un d'entre eux, la dérive littorale, plutôt du genre contrariant, vous déplace sur le côté, toujours le même évidemment (si encore il alternait pour vous ramener à hauteur de serviette...). Mieux vaut être au courant, ce qui ne l'empêchera pas d'être toujours le plus fort. La dérive littorale, c'est la faute à la houle qui arrive de travers. Habituellement en effet, les vagues filent parallèles à la côte, comme si une main invisible les dirigeait. Pourtant, elles prennent naissance en pleine mer et se propagent dans toutes les directions. Mais, à l'approche de la côte, elles rectifient la position. Souci de présentation (des vagues perpendiculaires au rivage feraient désordre) ou volonté de plaire aux surfeurs ? Ni l'un ni l'autre, les vagues, sentent le fond et lèvent le pied. Leur vitesse en effet diminue avec la profondeur de l'eau (-> *Comment trouver la vague ?*, p. 104). Si une vague arrive de travers, la partie la plus avancée est ralentie. Rappelez-vous vos dernières vacances d'hiver à la neige : dans votre combinaison fluo, vous dévaliez les pentes... en luge. Comment tourner, sinon en frottant sur la neige d'un côté ? Et hop, freinée de ce

côté-ci, la luge amorçait un virage. Pour la vague, c'est la même chose : avec une extrémité plus lente que l'autre, elle se redresse et se retrouve alignée au rivage. Mais comme pour la luge, la manœuvre n'est pas totalement efficace et les vagues peuvent arriver légèrement de biais (avec un angle en général inférieur à  $10^\circ$ ). Par contre, l'eau se retire toujours en suivant la plus grande pente, perpendiculairement à la côte (souvenez-vous, en luge, vous aussi étiez entraîné dans le sens de la pente). Avec un trajet de retour différent de l'aller, vague après vague, l'eau est déviée parallèlement à la côte, emportant le baigneur...et aussi le sable. Car si la plage n'a pas la même largeur d'un bout à l'autre, c'est souvent en raison de la dérive littorale. Et les épis, ces avancées rocheuses, ne sont pas seulement construits pour enlaidir le paysage, encore moins pour coincer le baigneur inattentif, mais pour bloquer les grains de sable emportés par la dérive littorale et ralentir l'érosion de la plage.



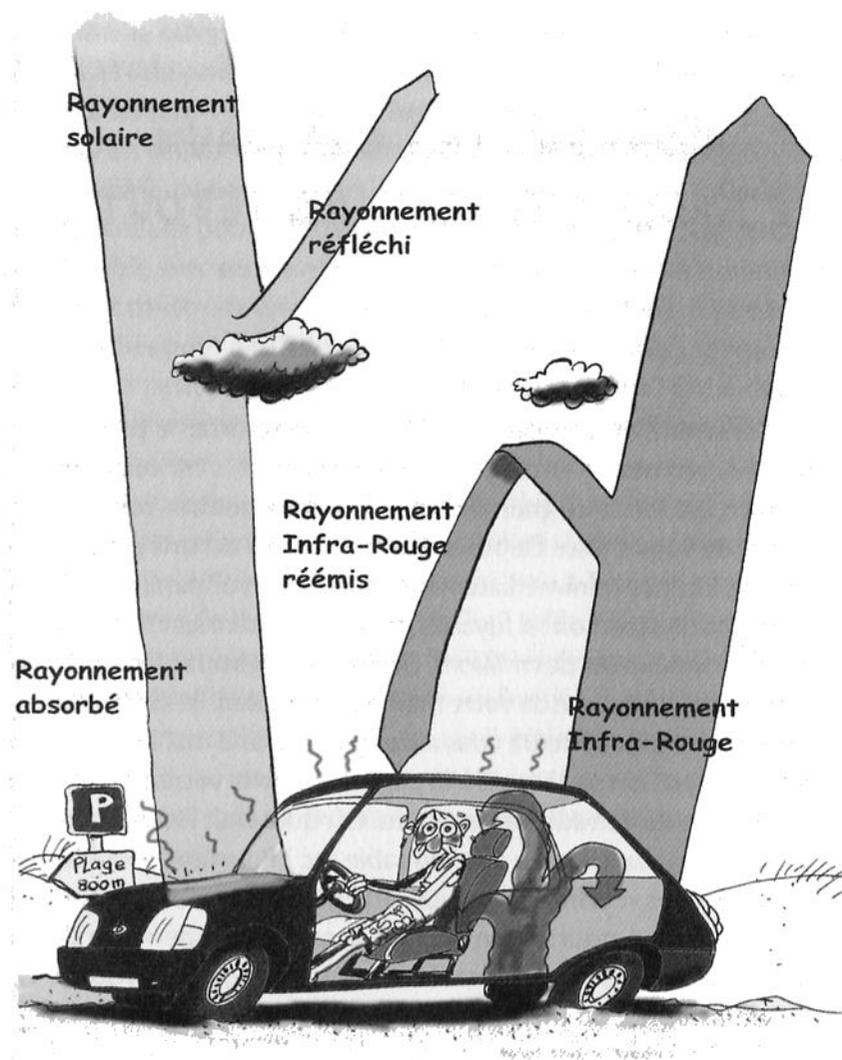
## **POURQUOI MA VOITURE SUR LE PARKING DE LA PLAGE S'ÉCHAUFFE-T-ELLE ? (et la Planète avec)**

Sur le parking de la plage, la voiture est devenue une étuve, attention aux mains qui restent collées au volant. Mais pourquoi fait-il plus chaud à l'intérieur que dehors ?

Le coupable, mal connu de l'estivant conducteur, est invisible : il s'agit des rayons infrarouges ! William Herschel, astronome anglais fut le premier, en 1800, à montrer leur existence. Il mesura avec un thermomètre la température de chaque couleur du spectre de la lumière et constata qu'elle augmentait en se rapprochant du rouge, y compris au-delà de ce dernier, lorsqu'il n'y avait plus de couleur visible. L'interprétation était simple : un rayonnement invisible, de longueur d'onde supérieure à celle du rouge, dégageait plus de chaleur que les autres. Il venait de mettre le doigt (ça brûle) sur les rayons infrarouges. Ces rayons émis par le soleil sont incapables de traverser le verre, pourtant ils se retrouvent à l'intérieur de la voiture ! L'explication est simple : c'est là qu'ils se forment. En effet, volant, banquettes et autres absorbent les rayons de la lumière puis les réémettent sous forme d'infrarouges capables de vous réchauffer l'endroit en clin d'œil, d'autant plus qu'ils sont prisonniers. Le phénomène, appelé effet de serre, est utilisé en agriculture (comment croyez-vous pouvoir manger

des tomates en hiver ?). Et sur Terre, c'est la même chose, à une différence près : le verre est remplacé par l'atmosphère. Certains gaz, comme le dioxyde de carbone ou le méthane, piègent les infrarouges réémis par le sol. Autant dire que ces deux-là ont vite fait d'élever la température d'une planète. Le plus étonnant, c'est que sans ce phénomène, la Terre serait une glacière, avec une température moyenne de  $-18^{\circ}\text{C}$ . Les rejets de votre pot d'échappement, débordant de dioxyde de carbone, accroissent l'effet de serre et participent au réchauffement de la planète. Certes, il n'y a pas qu'eux, mais inutile de faire vrombir votre moteur en arrivant sur le parking (en plus, c'est franchement ridicule).

L'effet de serre varie selon les endroits et dépend de la quantité de rayons lumineux absorbés par le sol. Le sable en absorbe peu, une grande part étant réfléchi. Voilà pourquoi les nuits sont froides dans le désert, même si les journées sont torrides : le peu d'énergie absorbée le jour ne permet l'émission que d'une petite quantité d'infrarouges la nuit. Alors, en garant votre voiture sur la plage, décorez-la avec un pare-soleil argenté qui réfléchira les rayons (comme le sable dans le désert)... et surtout, n'oubliez pas votre chien à l'intérieur.





## COMMENT LES CHÂTEAUX DE SABLE TIENNENT-ILS DEBOUT ?

Construire un château de sable — et remporter le premier prix évidemment — n'est pas seulement un art, c'est aussi une science, la science du grain de sable. Quelques notions vous éviteront de vous enliser. Déposez quelques grains sur une page de ce livre, inclinez et immédiatement, ils roulent et disparaissent. Si les grains de sable sont si fuyants, par quel mystère les châteaux, qui en contiennent des millions, tiennent-ils debout ? Observez maintenant la paume de votre main ou votre pied. Le sable colle à la peau, et tout à l'heure vous aurez le plus grand mal à vous en débarrasser. Contrairement à la page de ce livre, votre peau est humide, ce qui fait adhérer les grains. Car qui aurait l'idée incongrue de bâtir un château avec du sable sec ? Pourtant, mouillez tant que vous voudrez du gravier, de la poussière ou toute autre chose, vous ne pourrez jamais rien construire. Expérience de plage : laissez s'échapper du sable sec entre vos doigts. Constitué de grains libres, on dirait un liquide, il coule comme dans un sablier. Pourtant, c'est bien un solide ! Mouillez-le légèrement, il forme une masse compacte, et se comporte comme un solide. La preuve : avec, vous pouvez faire un pâté. Ajoutez de l'eau et le voilà qui s'écoule à nouveau. Première règle : pour qu'un château tienne debout, bien doser l'eau. En effet, chaque grain entouré d'une fine pellicule d'eau, happe la pellicule du grain voisin. Il se

forme alors un « pont aquatique » entre les deux, le genre qui aime le sable mais qui fuit l'air. Ainsi, au contact des grains, les piliers du pont sont larges, évasés, tandis que la pellicule d'eau qui les relie est fine et étroite, avec une forme de sablier — ce qui est tout de même de circonstance. L'eau peut coller les grains de sable, pas des graviers, car les forces ne sont pas suffisantes. Quant aux poussières, elles seraient vite dissoutes. C'est certain, le sable, avec ses grains petits et solides, reste le meilleur matériau pour construire un château. Bien sûr, les grains doivent être assez proches pour que l'eau les relie. D'ailleurs, pourquoi croyez-vous que la petite tapote avec sa pelle sur le château ? Elle a deviné cette loi élémentaire de physique. Sur la pâte collante obtenue en mouillant raisonnablement le sable, videz un seau d'eau. Le sable est redevenu liquide, il ne colle plus. L'excès d'eau a détruit les ponts reliant chaque grain, votre pâté s'écoule comme du beurre au soleil. Reste une question : vaut-il mieux mouiller le sable avec de l'eau douce ou de l'eau salée ? Bien entendu, sur place, vous n'avez pas le choix. Mais interviewez un spécialiste ès cathédrales de sable, il vous apprendra que le sel, tout comme l'eau, permet d'établir des liens entre grains. Et quand l'eau s'est évaporée, qu'est-ce qui accorde un sursis à votre château de sable avant qu'il ne se transforme en château de cartes ? Le sel évidemment.



## QUI A CONSTRUIT LA FALAISE D'ÉTRETAT ?

La falaise d'Étretat, cette énorme masse blanche, ce n'est pas moins de 300 mètres de craie entrecoupée de bandes noires de silex, des millions de mètres cubes de roches. Mais d'où viennent-ils ? Un étonnant musée paléontologique enfoui dans la craie fournit la réponse. Ses collections, plus toutes jeunes, entre 100 et 65 millions d'années, renferment pourtant quelques trésors. Les plus gros fossiles, des ammonites, dépassent pour certaines un mètre de diamètre. Avec leur coquille enroulée, ces mollusques céphalopodes ressemblent au Nautilé, leur « cousin » actuel, qui vit à plusieurs centaines de mètres de profondeur dans l'océan Indien. Évidemment, les ammonites ont disparu depuis un bail, 65 millions d'années exactement. Elles avaient pourtant tout pour être heureuses. L'animal, qui occupait seulement l'extrémité de sa coquille, remplissait le reste d'air ou d'eau pour monter ou descendre à volonté. Des calculs ont montré que la coquille pouvait résister à des pressions correspondant à plus de cent mètres de profondeur.

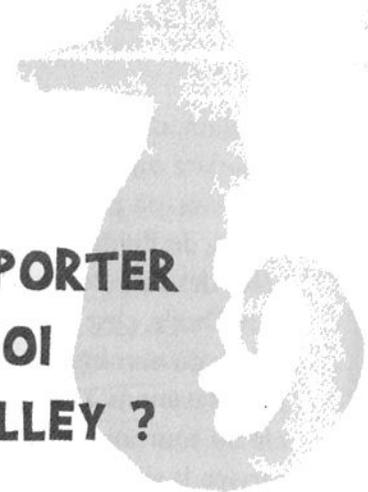
La craie renferme aussi des rostrés de bélemnite, des fossiles allongés et terminés en pointe comme une balle d'arme à feu. Mollusques céphalopodes eux aussi, les bélemnites s'apparentent aux seiches par la présence de ce rostre, une coquille interne,

semblable au fameux « os de seiche » trouvé sur les plages, une sorte de charpente, de squelette interne qui permettait à l'animal de nager activement. L'inventaire des collections réserve une autre surprise, des oursins fossilisés (rien à craindre, les piquants ne se conservent pas), dont les représentants actuels vivent aujourd'hui à 200 ou 300 mètres de profondeur. Mais les plus étonnants, les plus abondants aussi, sont invisibles à l'œil nu et même au microscope optique. Il s'agit de coccolithophoridés, des algues unicellulaires protégées par une coque de calcaire composée d'une mosaïque de minuscules plaques agglomérées, les coccolithes. Le calcaire de la craie, c'est eux ! Un morceau de craie gros comme une tête d'épingle en contient déjà des centaines de milliers. Il faut dire que la taille d'un coccolithophoridé ne dépasse pas quelques millièmes de millimètres. Autrement dit, la falaise d'Étretat, ce sont des milliards de coccolithes accumulés pendant des millions d'années. Du beau travail ! Une fois mortes, ces algues tombent sur le fond, mais seuls les coccolithes se conservent et s'empilent en strates, devenues aujourd'hui « falaise d'Étretat ». Toute la craie, celle du pays de Caux, mais aussi des falaises de la Côte d'Opale du Nord (cap Blanc-Nez) ou d'ailleurs, a la même origine. Encore représentés actuellement, les coccolithophoridés occupent les premières centaines de mètres de profondeur des océans chauds dans lesquels ils se laissent flotter.

Alors, il faut admettre que les fossiles de la craie vivaient autrefois dans une mer de quelques centaines de mètres de profondeur comme leurs représentants actuels. Mais où est-elle passée ? Car aujourd'hui la mer se trouve au pied de la falaise, pas au-dessus !

Remontez le temps et imaginez-vous à la fin de l'ère secondaire, au sommet de la falaise d'Étretat. Il vous aurait fallu un équipement adapté, car à l'époque le niveau de la mer était 300 mètres plus haut. La craie du bassin de Paris avec ses fossiles est la preuve qu'une vaste mer s'étendait alors sur la région. Elle remontait

jusqu'au nord de la France, se prolongeait à l'est en Champagne, au sud en Touraine, recouvrait tout le bassin de Paris, y compris Paris, qui ne s'appelait même pas encore Lutèce. Cette époque, le crétacé, est marquée par de grandes avancées de la mer. Car les océans, l'Atlantique par exemple, en cours d'ouverture, débordent, leur trop-plein d'eau s'étale. Depuis, la mer est partie puis revenue plusieurs fois, mais jamais aussi haute que celle qui a permis la construction de la falaise d'Étretat.



## COMMENT REMPORTE LE TOURNOI DE BEACH-VOLLEY ?

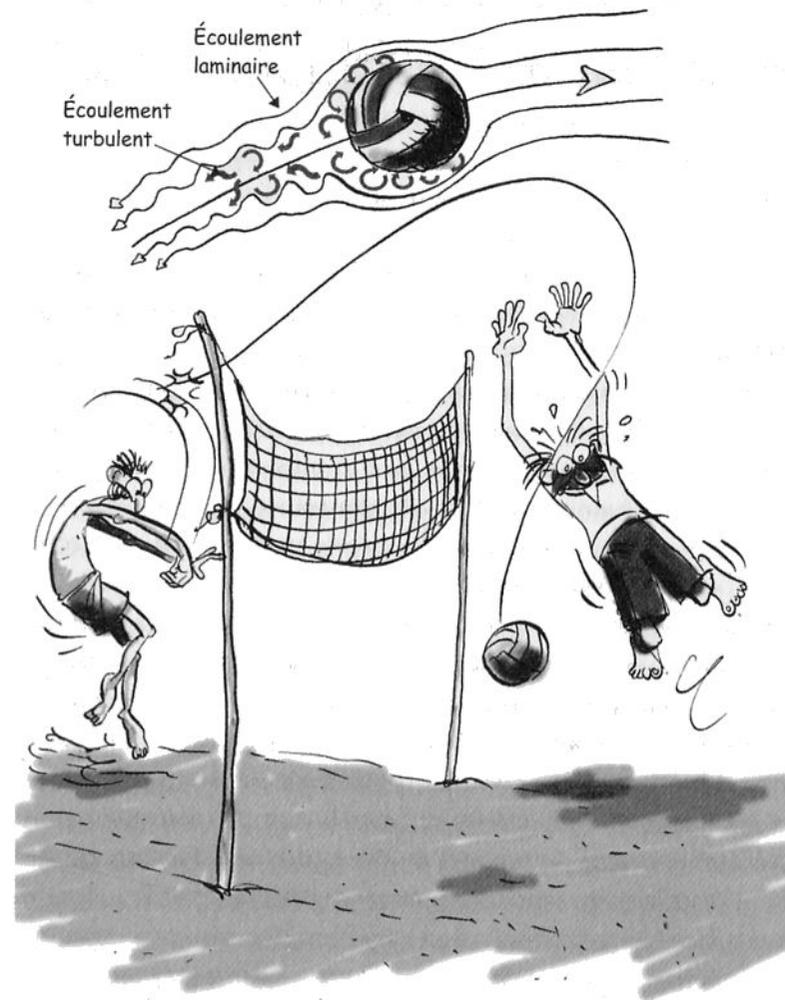
Le tournoi de beach-volley est enfin l'occasion de montrer que, même bien enfouis, vous avez de beaux restes. Encore faut-il dépasser le premier tour. Truc de plage : travaillez le « service flottant », encore appelé « feuille morte ».

Bien connue des volleyeurs, la technique est déroutante : la balle, une fois lancée, hésite, décrit de brèves déviations comme si elle titubait et, brusquement, s'effondre dans le camp adverse. Point, nouveau service. Recommencez jusqu'à miner l'adversaire.

Le service flottant dépend des lois de l'aérodynamique et plus précisément de l'écoulement de l'air autour d'un objet en mouvement. En pénétrant dans l'air, un ballon peut glisser en limitant les frottements : l'écoulement est laminaire. Autour du ballon, des couches d'air se déplacent plus ou moins rapidement. Mais à plus grande vitesse, au cours d'un de ces smashes dont vous avez le secret, les molécules d'air s'accrochent à la surface du ballon, en particulier aux aspérités comme les coutures, les couches se mélangent et l'écoulement, irrégulier, forme des tourbillons dont la taille et la localisation varient. L'écoulement de l'air est devenu turbulent. Souvenez-vous, à l'aller, lorsque l'avion est entré dans une zone de turbulences, ça cognait de partout contre la carlingue et secouait pas mal à l'intérieur. Pour

le ballon, c'est la même chose. Mais pourquoi un écoulement laminaire ou turbulent ? La réponse tient dans le nombre de Reynolds, un paramètre de l'écoulement, qui augmente avec la vitesse du fluide mais diminue avec sa viscosité : plus facile de créer des turbulences dans l'air que dans l'eau, quant à essayer dans l'huile, c'est franchement épuisant. À partir d'une certaine valeur du nombre de Reynolds, on entre dans un régime turbulent. Revenons à notre lancer de ballon, c'est tout de même la clé du tournoi (et de votre succès) ! Immédiatement après le service, la vitesse du ballon est maximale et l'écoulement de l'air turbulent. Le ballon titube sous l'effet de cette turbulence (rappelez-vous l'avion, c'est à ce moment que vous avez demandé un sac à l'hôtesse). Gênant pour l'adversaire qui essaie non sans mal d'évaluer le point de chute. S'il savait que ça ne sert à rien ! Car pour lui le pire est à venir. La zone de turbulences créée autour du ballon (et surtout à l'arrière) génère une force, inexistante en régime laminaire, qui le freine. Néanmoins, au début du lancer la vitesse reste suffisante pour l'emporter sur la gravité et notre missile poursuit sa course. Mais, après le passage du filet (si tout s'est bien déroulé), la force générée par la turbulence ralentit suffisamment le ballon, qui ne peut plus lutter contre la gravité. Résultat : il s'effondre... au pied d'un adversaire qui n'a même pas le temps de réagir. Truc de plage : favoriser le service « feuille morte » quand l'adversaire a le soleil dans les yeux.

Tout le secret du service flottant réside dans une vitesse de tir élevée et un mouvement de la main court et sec afin que la balle ne tourne pas sur elle-même. Reste à vous entraîner pour remporter le tournoi... de l'année prochaine.



## POURQUOI CERTAINS NOYÉS NE MANQUENT-ILS PAS D'AIR ?

Un homme à la mer ! Chaque année en France, 1 700 à 1 800 personnes meurent noyées. Le chiffre étonne, il est pourtant réel.

Personne n'est à l'abri du risque, même pas les bons nageurs. Et les scénarios ne manquent pas : l'épuisement qui empêche de maintenir la tête hors de l'eau, une crampe qui paralyse ou un problème technique qui bloque le plongeur au fond. Parfois, tout commence par une syncope : la victime perd connaissance et se noie, même où elle a pied (dans sa baignoire par exemple).

Curieusement, des noyés sont retrouvés sans une goutte d'eau dans les poumons, des noyés qui ne manquent pas d'air. Ils ne se sont pas noyés dans un verre d'eau pourtant ! Poumons vides ou pleins d'eau, la noyade est avant tout une asphyxie, un manque d'oxygène. La victime commence par avaler une petite quantité d'eau. Rappelez-vous quand vous avez bu la tasse : toux, sensation d'étouffer, besoin de prendre de l'air à tout prix. Ensuite, la tête sous l'eau, le corps tente de se protéger : le contact de l'eau froide sur la face bloque la respiration par réflexe, les vaisseaux sanguins périphériques (ceux de la peau et d'organes d'importance secondaire) se contractent, le sang peut être redistribué vers les organes vitaux, cœur et cerveau. Ce réflexe, particulièrement développé chez l'enfant, explique peut-être ces « survies miraculeuses » où,

après 40 minutes passées sous l'eau froide, les poumons restent vides de liquide. Mais le plus souvent la respiration reprend au bout de quelques secondes, et avec elle un scénario catastrophe. Le manque d'oxygène provoque une inspiration massive et l'eau s'engouffre dans les voies respiratoires, jusqu'aux poumons. Même si dans 15 % des cas, l'épiglotte, qui contrôle l'accès à la trachée, se ferme automatiquement et empêche l'eau d'entrer, le résultat est le même : absence d'air dans les poumons, arrêt des échanges gazeux et déficit en oxygène pour l'ensemble des cellules. Rapidement, le cœur cesse de battre (4 à 10 minutes après l'arrêt respiratoire), d'abord de façon réversible puis définitive. C'est le cerveau qui souffre le plus du déficit d'oxygène. S'il représente seulement 2 % de la masse corporelle, il consomme 20 % de l'oxygène et la moindre privation lui grille les neurones, particulièrement sensibles. Plus grave encore, ils ne sont pas remplacés, car ces cellules ont perdu leur capacité à se diviser. Évidemment, en fonction du temps passé sous l'eau, les chances de survie ne sont pas les mêmes : 95 % pour 1 minute d'immersion, 25 % pour 6 minutes et moins de 3 % pour 8 minutes.

Ces valeurs dépendent aussi des conditions physiques du noyé, de son âge et de la température de l'eau. Après un séjour prolongé dans l'eau froide, la température du corps chute, plongeant les cellules dans une sorte d'hibernation. Leur activité comme leurs besoins diminuent, alors elles souffrent moins du manque d'oxygène. Lot de consolation pour les noyés en mer (à condition d'être repêché à temps) : les conséquences sont moins graves qu'en eau douce. Dans ce dernier cas, l'eau entrée dans les poumons les traverse et dilue le sang. En effet, selon le phénomène d'osmose, l'eau est toujours attirée vers le milieu le plus concentré. Ensuite, toujours par osmose, l'eau pénètre dans les globules rouges, qui gonflent jusqu'à éclater. Or, ce sont eux les transporteurs d'oxygène, et leur destruction ne fait qu'aggraver le problème. Alors attention à ne pas boire la tasse, même salée !



## QUI A FAIT DES TROUS DANS LE SABLE ?

Bizarre, tous ces trous dans le sable ! Mais qui a pu s'amuser à percer la plage ? Jeunes désœuvrés adeptes de sectes sataniques ou commando antitouristes ? À moins qu'il ne s'agisse de teufeurs voulant dissimuler leurs mégots compromettants ? Fausses pistes ! À côté de chaque trou, un tortillon de sable porte la signature du coupable : un simple ver, l'arénicole, a percé le sable pour se construire un terrier en forme de U. Expérience de plage : creusez à votre tour entre le trou et le tortillon voisin, vous dénicherez sans peine l'animal à une quarantaine de centimètres de profondeur. D'ailleurs, vous ne risquez pas de la louper, l'arénicole est un beau morceau de 20 centimètres de long.

Son corps découpé en anneaux (il appartient au même groupe que le ver de terre, celui des annélides) est garni de branchies plumeuses qui prélèvent l'oxygène dans l'eau. L'animal passe sa journée à onduler le corps et les branchies, créant un courant d'eau qui traverse en permanence son terrier. Le sable entraîné est avalé et avec lui les millions de micro-organismes fixés sur chaque grain qui permettent à l'animal de se nourrir. Les déchets rejetés par le tube digestif s'accumulent à la surface pour former un tortillon, en somme rien d'autre qu'une crotte d'arénicole.

Mais comment l'arénicole, aussi flasque qu'un chewing-gum fraîchement mâché, peut-elle s'enfoncer dans le sable ? Elle a trouvé la combine, elle se transforme en piston hydraulique grâce à une cavité interne remplie de liquide. Quand elle contracte une extrémité de son corps, le liquide est chassé à l'autre bout, qui se gonfle, puis elle inverse le mouvement. Ainsi l'arénicole s'allonge et se rétracte et au final avance en s'enfouissant dans le sable. Elle n'est pas la seule à utiliser ce système. De nombreux animaux à corps mou n'ont que cette solution pour éviter d'être trop raplapla et pouvoir se déplacer, voire même creuser.

La capture d'une arénicole nous réserve une autre surprise : sa couleur rougeâtre. Pas étonnant, l'animal la doit à l'hémoglobine, le même pigment que dans notre sang. D'ailleurs il est si proche de l'hémoglobine humaine que des chercheurs ont eu l'idée de l'utiliser comme substitut sanguin pour les transfusions. Chez l'arénicole, l'hémoglobine n'est pas emprisonnée comme chez nous dans les globules rouges, cellules dont dépend le groupe sanguin. Alors, avec l'hémoglobine d'arénicole, pas de problèmes d'incompatibilité entre donneur et receveur. Et ça semble marcher, d'où le lancement d'élevages d'arénicoles avant de réussir à cloner le gène de son hémoglobine. En attendant, protégez l'arénicole, un jour, elle vous sauvera peut-être la vie.



## COMMENT SE FORMENT LES BAÏNES ?

Tout semble se prêter aux joies de la baignade sur les immenses étendues de sables de l'Aquitaine. Tout sauf un piège, les baïnes, une spécialité régionale dont on se passerait bien. Les baïnes se forment avec le mouvement des vagues. Quand celles-ci déferlent sur la plage, elles repartent en emportant une petite quantité de sable qu'elles déposeront quelques mètres plus loin. Progressivement, un banc de sable s'édifie, une lagune se forme dans laquelle l'eau plus calme et plus chaude attire les baigneurs. Quand la mer se retire, le niveau de l'eau dans la baïne devient plus élevé que celui de la mer. Sous la pression, comme un barrage qui se rompt, le banc de sable cède. L'eau s'engouffre par la brèche et la baïne se vide. Un fort courant emporte alors le baigneur imprudent. Que faire si on est pris dans une baïne ? Rien, en tout cas ne pas lutter, on ne fait pas le poids. C'est en se débattant contre le courant que le baigneur s'épuise et risque la noyade. Une solution : se laisser emporter par le courant en attendant les secours. Et respecter les zones de baignade, car la baïne est repérable à marée basse à partir de la topographie... même si sa position peut changer.

## PEUT-ON BULLER SOUS L'EAU ?

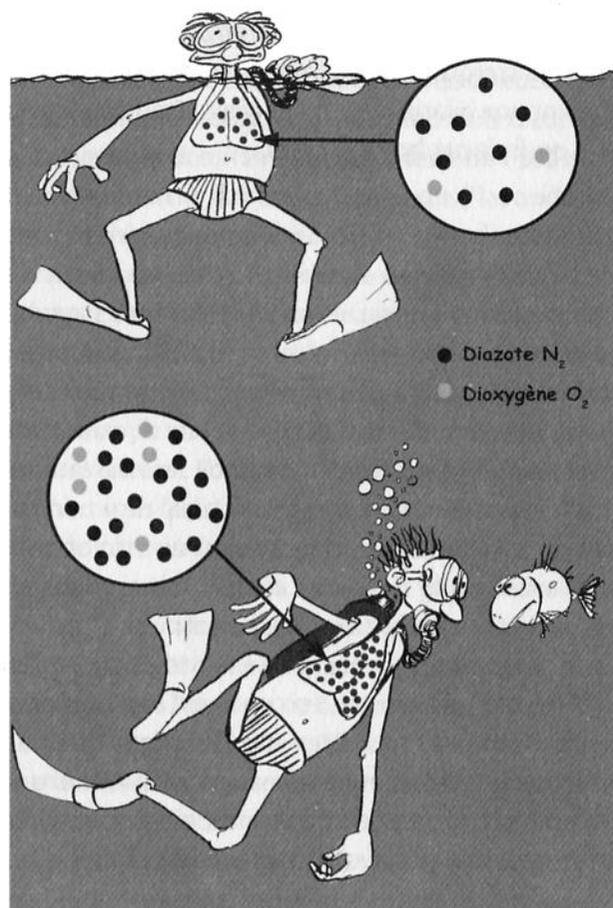
Plonger c'est bien, remonter c'est mieux, car un accident peut toujours arriver. Pas étonnant quand on y réfléchit : passer des heures sous l'eau n'est pas vraiment naturel. Pour réaliser cet exploit, il a fallu développer un appareillage dont l'utilisation pose malgré tout des problèmes. Immergeons-nous dans le sujet pour mieux comprendre.

Le plongeur assure ses besoins en oxygène à l'aide de bouteilles d'air comprimé. Cet air — de composition identique à l'atmosphère — est respirable à une condition : sa pression doit être la même que celle de l'eau environnante. Petit rappel sur les mécanismes de l'inspiration : la contraction de muscles provoque le soulèvement de la cage thoracique, ce qui crée une dépression dans les poumons et donc un appel d'air (→ *Comment toucher le fond avec le tuba de l'été ?*, p. 52). Ce mouvement est possible sans trop d'effort, car les pressions atmosphérique et pulmonaire, équivalentes, s'équilibrent. Mais les choses changent pour le plongeur, car la pression dans l'eau augmente avec la profondeur. Tout se passe comme si une main invisible appuyait sur sa poitrine, empêchant ses mouvements. Heureusement, le commandant Cousteau est là — ou, plus exactement, l'objet qu'il a inventé, le détendeur. Celui-ci permet justement de fournir au plongeur

de l'air à pression ambiante, c'est-à-dire de plus en plus élevée au fur et à mesure qu'il descend. Comme en fin d'expiration il en reste toujours une petite quantité dans les poumons, à la même pression que dans l'eau, soulever sa poitrine ne demande pas beaucoup d'efforts.

Mais il y a un revers à la médaille. Les gaz, oxygène et azote pour les deux principaux, se retrouvent dans le sang à une pression élevée (plusieurs fois celle de la surface). Pas très grave pour le moment, ils sont dissous et le sang peut en accepter une quantité importante. Le problème d'ailleurs ne concernera pas l'oxygène, dont l'essentiel est fixé à un pigment, l'hémoglobine, et qui n'est donc pas dissous. Par contre, pour un gaz neutre comme l'azote, pas utilisé par nos cellules, mais qui constitue la plus grande partie de l'air (80 %), la quantité dissoute augmente fortement (à 60 m elle est multipliée par 7). En effet, l'augmentation de pression favorise la dissolution des gaz dans les liquides. Jetez un œil à travers votre bouteille de limonade : pas une bulle, et pourtant les gaz sont là, tapis au fin fond du liquide. Décapsulez et les bulles apparaissent. L'ouverture de la bouteille (encapsulée à une pression supérieure à celle de l'atmosphère) provoque une diminution de pression, les gaz deviennent moins solubles et s'échappent. Quand le plongeur remonte, il peut se produire à l'intérieur de ses vaisseaux sanguins le même phénomène que dans une bouteille de limonade qu'on débouche (après l'avoir subrepticement agitée, la bonne blague). Des bulles jaillissent, ce qui dans ce cas ne fait rire personne, car étant de diamètre supérieur à ceux des plus petits capillaires, elles bouchent ces derniers et empêchent le sang de circuler. C'est l'embolie. Évidemment, les cellules en rupture d'approvisionnement par le sang ne tiennent pas longtemps, en particulier les neurones du cerveau. Pour éviter ce scénario catastrophe, une seule solution : respecter des paliers de décompression. Une remontée lente, avec des temps d'arrêt, permet à l'azote d'être évacué par les poumons avec l'air expiré, sans dégazage évident. Le

nombre et la durée des paliers dépendent du temps passé sous l'eau ainsi que de la profondeur. Parfois un problème impose une remontée d'urgence, sans respecter les paliers. Arrivé en surface, le plongeur doit être placé dans un caisson hyperbare où règne une forte pression, afin que l'azote repasse en solution dans le sang, avant d'être éliminé au cours d'étapes de décompression, des paliers aériens en quelque sorte.



Et comme si ça ne suffisait pas, l'azote est aussi responsable de l'ivresse des profondeurs, un sérieux problème pour le plongeur. Il le sait, mieux vaut ne pas en abuser. Dès 30 m chez certains et 60 m pour tous, les capacités mentales sont altérées : difficultés à s'orienter, troubles de la lucidité, perte de la mémoire immédiate et de la perception visuelle, le genre d'inconvénients dont on se passerait bien en plongée. Toutefois, pour les plongeurs expérimentés, l'accoutumance et la maîtrise de soi permettent de repousser les limites du phénomène. L'azote, en effet, sans qu'on n'en connaisse précisément les mécanismes, agit sur le système nerveux. Le fameux gaz hilarant, du protoxyde d'azote, était utilisé autrefois dans les foires par des bonimenteurs qui promettaient une hilarité sans faille. Mais attention, à trop buller sous l'eau, on finit par boire la tasse.

## POURQUOI LA CONVERSATION EST-ELLE DIFFICILE SOUS L'EAU ?

Impossible de tenir une conversation sous l'eau, pour les plongeurs c'est langage des signes obligatoire. Pourtant, dans l'eau, les sons se propagent mieux que dans l'air, avec une vitesse de 1 500 m/s contre 340 m/s. Contrairement aux ondes lumineuses, les ondes sonores, des ondes mécaniques comme les vagues, sont d'autant plus rapides que le milieu est dense. Expérience de plage (à ne surtout pas faire !) : plongez dans une zone de circulation intense de bateaux à moteur et écoutez. Difficile de les localiser, pourtant ils s'entendent de loin. Moins dangereux, cogner sous l'eau deux objets métalliques l'un contre l'autre ; le son se perçoit, mais pour repérer son origine, c'est une autre histoire. Pourquoi ? Parce que justement les sons se propagent bien sous l'eau ! En principe, un son est capté d'abord par une oreille, du côté où il arrive, puis par l'autre avec un temps de retard. En appliquant  $v = d/t$ , la formule la plus célèbre du monde (après  $E = mc^2$ ), on calcule facilement le délai d'arrivée entre les deux oreilles (distances d'une vingtaine de centimètres, plus si elles sont décollées). Dans l'air, il est de 0,6 secondes ( $340 \times 0,2 = 0,6$ ) et dans l'eau de 0,1 seconde ( $1\,500 \times 0,2 = 0,1$ ). Dans ce dernier cas, le décalage entre les deux oreilles est trop faible pour que le cerveau fasse la différence et discerne d'où vient le bruit. Comme si cela ne suffisait pas, les vibrations engendrées par le son se transmettent à toute la boîte crânienne, brouillant encore davantage le signal.

D'ailleurs les sons se propagent si bien dans l'eau qu'ils peuvent être utilisés pour détecter des objets à des kilomètres grâce à un appareil : le sonar. Le principe est simple : des impulsions sonores émises par le sonar rebondissent sur l'obstacle rencontré, rocher ou sous-marin, et sont alors récupérées et analysées par l'appareil (celui-ci peut aussi détecter les sons émis par l'objet à localiser, voilà pourquoi les sous-marinières ont moins de chansons à leur répertoire que les marins). Le sonar est si sensible qu'il repère des bancs de plancton et même la thermocline, cette limite entre l'eau chaude de surface et l'eau froide plus profonde, sur laquelle les ondes font du trampoline. D'ailleurs, les sonars utilisés par les navires de lutte anti-sous-marine sont immergés sous la thermocline, sinon ils n'entendraient rien.

À vrai dire, l'invention du sonar n'est pas une exclusivité humaine, puisque les cétacés utilisent un système similaire, l'écholocalisation, bien plus performant d'ailleurs. Le dauphin par exemple émet toute une série de « clics » et de sifflements en faisant circuler l'air à l'intérieur de structures spécialisées logées dans sa tête. Une masse graisseuse, dans le front de l'animal, oriente les sons dans une direction, à la manière d'une lentille convergente. Lorsqu'ils rebondissent sur une proie, le dauphin les récupère et les analyse. Mais comment ? Car le dauphin est sourd, du moins au sens où nous l'entendons. Il a en effet les oreilles bouchées par de la cire, ce qui empêche l'eau d'y pénétrer. Mais il a trouvé un organe de substitution : le menton, plus précisément la mâchoire inférieure. Une fois captées par celle-ci, les ondes sont dirigées à l'intérieur de canaux remplis de graisse jusqu'à l'oreille interne.

Les sons se propagent et pourtant, la tête sous l'eau, on n'entend plus le vacarme provenant de la plage. Expérience de plage — à faire à la piscine : tapez sur l'échelle métallique depuis la surface ; sous l'eau vous entendrez les vibrations. Pour le son, le problème est de franchir l'interface air-eau. L'explication, nous

la connaissons depuis Descartes, qui, sans pour autant vouer un intérêt particulier aux joies de la piscine, découvrit comment se comportait une onde en changeant de milieu : en passant de l'air à l'eau, elle est non seulement réfractée (→ *Pourquoi les poissons ne portent-ils pas de masque pour voir sous l'eau ?*, p. 94), mais aussi réfléchi, elle rebondit à la surface de l'eau. Cette réflexion (grâce à laquelle Descartes a enfin découvert qu'il était) est d'autant plus importante que la différence de densité entre les deux milieux est élevée. Voilà pourquoi les sons de l'extérieur n'arrivent pas aux oreilles du baigneur.

Mais si rien n'empêche la propagation du son dans l'eau, pourquoi ce silence chez les plongeurs ? Plus facile tout de même de dire « OK » que faire un rond avec le pouce et l'index. Ils peuvent faire vibrer leurs cordes vocales mais leur problème, c'est qu'ils ne peuvent pas articuler. Sans ces mouvements de la bouche, le son émis est une sorte de bouillie sans grande signification qui pour une fois justifie qu'on parle avec les mains.



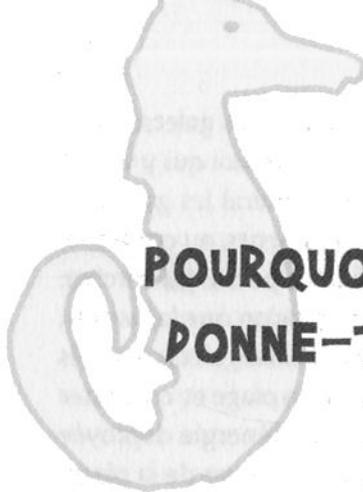
## QUI A MIS DES GALETS SUR MA PLAGE ?

L'aoûtien peut avoir un coup au cœur en découvrant la plage sur laquelle le dépliant publicitaire promettait de longues heures de bonheur. « Qui a mis des galets sur ma plage ? » s'exclame-t-il furieux. Pourtant, il ne s'agit pas d'une action malveillante !

Les galets ne collent pas aux pieds, contrairement au sable, mais le farnientiste préfère indiscutablement exercer ses talents sur ce dernier.

D'où viennent ces intrus ? D'un peu partout, comme le sable, soit de la falaise derrière la plage, soit de plus loin, amenés par l'eau (→ *D'où vient le sable ?*, p. 14). Évidemment, il faut plus d'énergie pour transporter des galets, ce qui ne les empêche pas d'être ballotés par l'eau. D'ailleurs, il suffit de les observer pour s'en rendre compte. Par endroits, ils sont si ronds qu'on pourrait jouer à la pétanque avec. Ailleurs, aplatis, ils pourraient servir de presse-papiers, mais on les fait plutôt ricocher. C'est l'action de la mer qui les a façonnés différemment. Sur les plages où les vagues cognent, les galets, roulés avec force, s'arrondissent jusqu'à ressembler à des œufs. Par contre, soumis au lent mouvement de va-et-vient de l'eau, les galets frottent régulièrement sur le fond en même temps qu'ils s'aplatissent.

D'autres indices permettent de faire parler les galets. Sur la plage, certains sont recouverts de petits animaux qui y vivent fixés, parfois avec des algues. Ce sont en général les galets les plus gros qui font office d'auberge. Les plus petits, au contraire, brillent comme des sous neufs, on les dirait passés au kärcher. Évidemment, ils sont soumis à plus forte érosion que les autres. Petite expérience de plage : comparer la taille des galets déplacés (c'est-à-dire érodés) du bas vers le haut de la plage et constater qu'elle augmente. La conclusion s'impose : l'énergie déployée par la mer est plus forte vers le haut que vers le bas de la plage. On aurait plutôt parié le contraire.



## POURQUOI L'EAU DE MER DONNE-T-ELLE SOIF ?

Toute cette eau et rien à boire ! Plus d'un naufragé assoiffé sur son île déserte a eu cette pensée. D'autres — mal leur en prit — ont cru plus malin de boire la mer. D'ailleurs, si au cours d'un casting pour un premier rôle dans Robinson Crusoé on vous propose un verre d'eau de mer, refusez tout net, c'est un piège.

Boire est un passe-temps vital. Chaque jour, nous perdons de l'eau, 2 à 3 litres environ, par la transpiration, la respiration, l'urine. Pas question pour autant de se déshydrater. Un déficit en eau de seulement 5 % entraîne déjà fatigue, confusion mentale et problèmes circulatoires. Alors, échoué sur une île déserte ou dérivant dans un canot de sauvetage après un naufrage, il est tentant de boire, même de l'eau salée comme celle de la mer. Pas si simple. L'eau, après son passage dans le tube digestif, se retrouve dans le sang puis dans le liquide extracellulaire, cette mer intérieure qui baigne nos cellules. Si c'est de l'eau de mer qui a été ingérée, le sel dissous a suivi ce parcours jusqu'au liquide extracellulaire. Et nos cellules trempent alors dans un milieu trop salé. Cette nouvelle situation instaure un déséquilibre : par osmose, l'eau se déplace du milieu le moins concentré vers le plus concentré. Autrement dit, l'eau sort des cellules tandis

que le volume du liquide extracellulaire augmente. Boire de l'eau de mer entraîne une situation paradoxale : nos cellules perdent leur eau, nous nous déshydratons de l'intérieur.

Parallèlement, des capteurs situés dans une partie du cerveau — l'hypothalamus —, qui mesurent en permanence la concentration de notre milieu intérieur, repèrent l'anomalie et donnent l'alerte : « Danger, milieu trop concentré ! » Des hormones sont libérées et agissent sur le rein pour qu'il élimine l'excès de sel, à condition qu'il soit dissous dans l'urine (les insectes, eux, produisent de l'urine solide, pas nous !). Et contrairement à d'autres animaux, ceux vivant dans le désert par exemple, notre urine est moins concentrée que l'eau de mer. Autrement dit, il va falloir plus d'eau pour éliminer l'excès de sel que ce que nous avons consommé d'eau de mer. Aucun doute, boire l'eau de mer, c'est se déshydrater et mourir de soif encore plus rapidement !



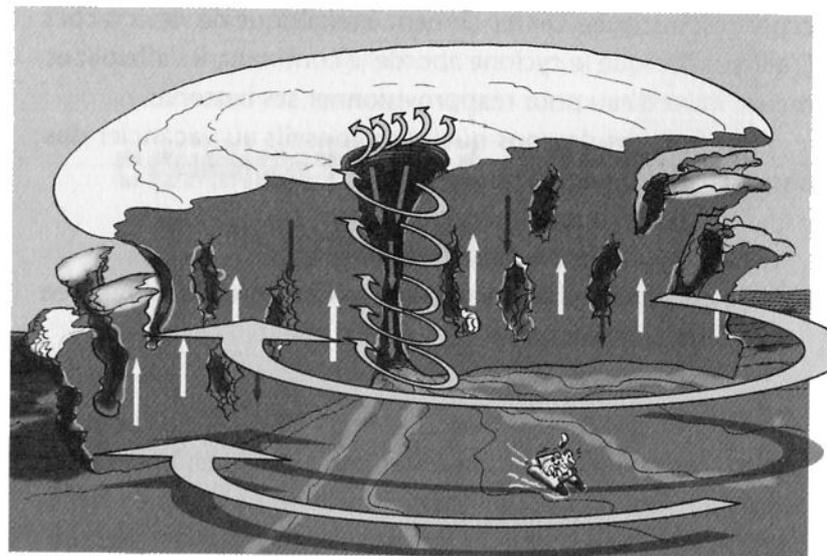
## COMMENT ÉVITER L'ŒIL DU CYCLONE ?

Les vacances sous les tropiques font souvent des envieux : sable blanc, cocotiers, eau turquoise... surtout en août quand commence la période des cyclones. En cas de rencontre avec le monstre, autant savoir de quoi il est fait.

Un cyclone tropical est une masse d'air, 500 à 1 000 km de diamètre, qui s'élève en tourbillonnant avec au centre sur 5 à 50 km, une zone dépressionnaire, l'œil, dans laquelle l'air descend. Le ciel est clair, la température particulièrement élevée et les vacanciers heureux. Ils ne se savent pas encore encerclés par la couronne principale du cyclone, 200 km de diamètre, où les vents s'élèvent et se rapprochent de plus en plus vite (avec un record enregistré de 300 km/h). Enfin, le cyclone est alimenté par une couronne extérieure qui happe l'air environnant. S'il tourbillonne à vive allure, il se déplace à un train de sénateur, pas plus de 30 km/h, ce qui évidemment ne préjuge en rien de sa force destructrice.

Mais d'où tire-t-il toute cette énergie ?

Suffisamment puissant pour soulever des voitures ou arracher des maisons comme de vulgaires châteaux de cartes, le cyclone est une machine thermique. Comme le moteur de votre voiture, approvisionné en carburant, il démarre sur les chapeaux de roues. Seule la source d'énergie change : ni diesel



ni sans-plomb, le cyclone est plus écologique, il fonctionne à l'eau, à l'eau chaude plus précisément. Le cyclone se forme en été seulement, quand la température de l'océan tropical devient suffisante, 27 °C minimum. L'air chaud et humide s'élève alors en tourbillonnant jusqu'à 9 000 m d'altitude avant de retomber au centre, dans l'œil. Comme ce mouvement dépend de la force de Coriolis, les zones équatoriales où elle est nulle sont préservées des cyclones.

En s'évaporant, l'eau emmagasine de l'énergie puis la restitue en altitude quand elle se condense à nouveau, générant des vents violents. Le cyclone est bien une machine thermique, il convertit la chaleur de l'eau en mouvements atmosphériques, c'est-à-dire en énergie mécanique.

Pour fournir une telle puissance, le cyclone a un truc : l'effet entonnoir ! Étendu sur plusieurs centaines de kilomètres, il capture une grande quantité d'énergie puis la libère, concentrée, sur une zone bien plus restreinte. Mais qu'on se rassure, le cyclone a des pertes, des fuites même, et en quantité : moins de 5 % de l'énergie

captée est restituée. Un rendement énergétique de vieux tacot ! D'ailleurs, lorsque le cyclone aborde le continent, il s'affaiblit et meurt, faute d'eau pour réapprovisionner ses batteries.

Pour finir, prodiguons quelques conseils au vacancier des basses latitudes pour éviter la bête :

- préférer l'équateur aux tropiques ;
- se baigner dans les eaux fraîches ;
- incorporer un baromètre à son maillot et surveiller l'arrivée d'une dépression ;
- fuir le mauvais œil.

## COMMENT SE CONSTRUIRE UNE DUNE ?

Rien de tel qu'une dune pour rompre la monotonie des longues étendues plates. Comment s'en construire une sur sa plage ? Pas à coups de pelleuse, évidemment. La recette est simple : du sable (beaucoup), du vent (souffler fort) et un obstacle (pas insurmontable). Avec le sable en réserve sur la plage et la platitude du lieu qui favorise le transport, il y a tout ce qu'il faut, à condition d'être au sommet de son art. Expérience de plage : se procurer quelques tubes de pastilles (vides) et attendre que le vent se lève suffisamment (vous êtes alors seul sur la plage). Placer à des hauteurs comprises entre 1 à 10 cm les tubes à l'horizontale, ouverture face au vent. Après quelques minutes, comparer les récoltes : les grains de sable sont moins nombreux dans les tubes les plus hauts. Ils se déplacent en majorité à ras du sol, souvent trop gros pour s'envoler (pour le sable dans les yeux, adressez-vous au voisin qui secoue sa serviette). Pour les faire décoller, la vitesse du vent doit dépasser 5 m/s environ (soit 18 km/h). Rappelez-vous les courses en sac de votre enfance, pour les grains c'est pareil, ils avancent par bonds de 5 à 10 cm, décrivent une trajectoire d'obus en tir tendu avant de s'écraser sur les petits copains... qui ne leur en veulent pas, au contraire. Car en atterrissant, ils transmettent un peu de leur énergie à ceux restés au sol, les plus gros évidemment. Ainsi, même eux décollent, roulent plutôt, sur une courte distance, puis s'arrêtent

avant qu'un autre grain vienne leur repasser le témoin (énergétique) afin de se remettre en mouvement. Bien sûr le vent leur donne aussi un coup de main en les poussant. Récemment, un nouveau moyen de locomotion des grains de sable a été proposé. En sautant, les grains se cognent et se frottent, ce qui génère de l'électricité statique, à la manière d'une règle en plastique frottée contre un pull. Ils ramasseraient les électrons qui traînent, seraient pris dans ce champ électrique et léviteraient en groupe !

Tout ce beau monde progresse puis finit par s'arrêter définitivement. Un obstacle — arbre, rocher, maison — en travers de la route stoppe leur chevauchée. En s'accumulant, les grains en bloquent de nouveaux et le phénomène s'entretient au fur et à mesure qu'une dune s'érige. Perpendiculaire à la direction du vent, la dune n'est jamais symétrique. Tenter l'expérience suivante (par temps calme cette fois) : soufflez sur du sable et placez un obstacle sur sa trajectoire : l'édifice qui se crée possède une pente douce, celle de la face exposée au vent, et une autre plus raide, la face abritée. Mais cette dernière ne dépasse jamais 35°, au-delà les grains ne résistent pas à la gravité et s'éboulent.

La dune n'est pas qu'un vulgaire tas de sable. Une végétation — oyats, carex — s'y installe, des plantes bien particulières qui aiment le sable (et la dune le leur rend bien). Pas facile pour ces plantes de s'agripper à ce milieu mouvant. Pour résoudre le problème, elles ont développé des systèmes de fixation, rhizomes ou racines géantes qui parcourent la dune sur plusieurs mètres et retiennent le sable. Mais malgré sa végétation, la dune reste mobile, recule, et le sable se disperse. Parfois même, la dune finit par disparaître, notamment si la végétation est détruite par le piétinement humain. Pour les protéger on canalise les accès et on favorise l'installation de plantes. On peut aussi créer artificiellement des dunes en érigeant des palissades qui arrêtent le sable. Mais les dunes restent fragiles, alors, n'allez pas vous rouler n'importe où !

## POURQUOI MA SERVIETTE EST-ELLE TOUJOURS MOUILLÉE ?

Sortir de l'eau et trouver sa serviette encore mouillée, le genre de désagrément dont on se passerait bien. Pourtant elle aurait dû sécher, avec ce soleil ! Avant de comprendre ce qui empêche une serviette de sécher, expliquons comment elle peut sécher (quand ça lui arrive).

Un peu d'eau laissée au fond d'un seau ne tarde pas à disparaître : elle s'est évaporée. En apparence immobile, l'eau est constituée de molécules agitées d'un mouvement permanent. C'est le naturaliste écossais Robert Brown (1773-1858) qui le comprit le premier en observant des grains de pollen au microscope. À l'intérieur, des particules se déplaçaient dans tous les sens. Pour Brown, seule l'agitation des molécules, d'eau notamment, pouvait expliquer le phénomène. Ainsi, en remuant, les molécules acquièrent assez de force pour échapper à leur attraction mutuelle, fausser compagnie aux copines et rejoindre l'air sous forme de gaz : l'eau s'évapore. À condition que ces molécules trouvent assez d'énergie dans leur milieu pour rompre leurs liaisons. D'ailleurs, quand l'eau s'évapore, elle consomme de l'énergie, et le milieu environnant refroidit. Truc de plage : si votre limonade s'est réchauffée, laissez-la s'évaporer, elle se rafraîchira ! Après ce conseil avisé, revenons au séchage de notre serviette. Des molécules d'eau s'en échappent, mais d'autres, présentes dans l'air, s'y écrasent. Si les échanges sont équilibrés,

ils se produisent indéfiniment et la serviette reste humide, un coup à la transformer en tonneau des Danaïdes. Elle peut sécher seulement s'il s'échappe plus de molécules qu'il n'en arrive. Mais autour, l'air devient rapidement saturé en humidité. Plus de place pour la vapeur d'eau qui retourne illico à la serviette. Alors, mieux vaut ne pas la laisser dans un sac si on a l'espoir qu'elle sèche. Très vite, l'humidité relative de l'air atteindrait sa valeur maximale, l'évaporation cesserait.

Pour la même raison, il est conseillé de faire sécher sa serviette par temps sec plutôt qu'humide. Et par temps chaud aussi car la chaleur favorise l'agitation des molécules d'eau et limite leur retour : moins facile de capturer une molécule déchaînée que tranquille. Ainsi, quand la température augmente, l'air est moins saturé en humidité. Un kilogramme d'air peut contenir 3,8 grammes de vapeur d'eau à 0 °C, mais 27,7 grammes à 30 °C.

Dernier facteur favorisant le séchage de la serviette : le vent. L'évaporation entoure la serviette d'une zone riche en vapeur d'eau qui ralentit le phénomène. Le moindre souffle balaie cette vapeur et la remplace par un air moins humide, plus favorable à l'évaporation.

Un temps chaud et sec, un zeste de vent, tout est réuni sur la plage pour faire sécher la serviette. Alors, qui est le coupable ? Expérience de plage : passez sous la douche votre serviette puis trempez dans la mer celle de votre voisin (dites que c'est pour une expérience), la vôtre séchera plus vite. Le coupable, c'est le sel. Oubliez une salière dans un placard humide et le sel absorbera toute l'eau. Substance hygroscopique, le sel s'associe aux molécules d'eau par des liaisons qui nécessiteront de l'énergie pour être rompues. En effet, le sel se dissocie en ions sodium et chlore, des particules chargées qui établissent des liaisons électriques avec les molécules d'eau. Le sel leur colle à la peau et joue le même rôle que le boulet pour le prisonnier rêvant de liberté.

Récapitulons par quelques conseils : évitez de faire sécher votre serviette dans une cave humide et froide, à l'abri des courants d'air. Et surtout, ne la salez pas.

## QUI SONT VRAIMENT DOCTEUR JEKYLL ET MISTER ALGUE ?

Algues vertes, le retour. Il ne s'agit pas du titre de la super-production de l'été mais d'un scénario qui chaque année fait fuir les touristes. Dans certaines stations de la Manche, les algues vertes prolifèrent et, vraiment, les touristes ne peuvent pas les sentir. Durée de la séance de bronzage sur la plage : quelques minutes, pas plus. Pourtant, les algues font aussi le bonheur des vacanciers : où chercher les crabes à marée basse, avec quoi garnir les plateaux de fruits de mer, et quel triste décor qu'un fond sous-marin sans algues...

En plus, pour la déco des plages, il en existe de toutes les couleurs. Vertes, rouges ou brunes, toutes contiennent de la chlorophylle mais chez ces deux dernières, le vert est masqué par d'autres pigments.

Avec leur chlorophylle, les algues vivent de presque rien : de l'eau, du dioxyde de carbone et quelques éléments minéraux. À ce régime-là, vous ne tiendriez pas bien longtemps, même en passant la journée sur une chaise longue. Alors, quel est leur truc ? Justement, la chlorophylle. Elle capte l'énergie lumineuse que les algues convertissent ensuite en énergie chimique pour fabriquer leur propre matière. Toutes les algues se nourrissent ainsi et les pigments rouges ou bruns de certaines leur permettent

de capter des radiations lumineuses supplémentaires. Mine de rien, c'est fondamental. Pensez à la vache dans le pré, si elle est là c'est grâce à l'herbe. Dans la mer, du bigorneau à la baleine, c'est la même chose grâce aux algues. Tout ça, c'est une histoire de chaîne, de chaîne alimentaire bien sûr : les algues servent de nourriture à d'autres animaux, qui à leur tour..., etc. Pourtant leur développement n'est pas sans limite : elles peinent à trouver en quantité suffisante des éléments minéraux, comme le phosphore et surtout l'azote. Mais à certains endroits, ils sont apportés massivement, relâchés par les élevages et les exploitations agricoles puis livrés par les cours d'eau et le ruissellement jusqu'à la mer. Habituellement limitée par l'azote, la croissance des algues explose avec les citernes entières qu'on leur déverse sur la tête. Et celles qui en profitent le plus sont les ulves, des algues vertes peu exigeantes, s'accommodant même de vivre non fixées, du moment qu'elles restent suffisamment immergées. Mais sur les plages à faible pente et protégées des courants (comme à l'intérieur des baies), la mer à marée haute n'a pas assez de force pour les ramener dans son giron. Alors, échouées sur le sable, les algues s'accumulent, meurent et commencent à se décomposer au cours de réactions chimiques dont certaines libèrent de l'hydrogène sulfureux... la sympathique substance à laquelle les boules puantes doivent leur odeur. Source de vie ou cloaque chlorophyllien, c'est la dialectique des algues du bord de mer.

## TABLE DES MATIÈRES

Introduction .....	3
Peut-on jouer au Frisbee avec une tong ? .....	5
Pourquoi la mer est-elle remplie d'eau ? .....	7
Et l'eau, d'où vient-elle ? (en dehors du robinet) .....	9
Comment bronzer intégral ? .....	11
D'où vient le sable ? (sinon de la serviette du voisin) .....	14
Pourquoi les poissons ne sortent-ils jamais de l'eau ? .....	16
Pourquoi le parasol s'est-il envolé ? .....	18
À quand des plages dans l'espace ? .....	20
Mais qui a mis du sel dans l'eau ? .....	23
Comment garder au frais sa bouteille d'eau sans se brûler les pieds ? .....	26
Pourquoi les vacances me font-elles suer ? .....	29
Calcaire ou granite, lequel a la côte ? .....	32
Comment battre le record de ricochet ? .....	35
Pourquoi cette année les méduses poussent-elles comme des champignons ? .....	37
Pourquoi les glaçons flottent-ils dans le diabolo menthe de la buvette de la plage ? .....	40
Comment le Soleil est-il devenu la star du Système ? .....	42

Pourquoi les crabes ne risquent-ils pas de faire de vieux os ?.....	44
Pourquoi la mer est-elle bleue ? .....	47
Comment ne pas acheter un matelas pneumatique à la légère ?.....	49
Comment toucher le fond avec le tuba de l'été ?.....	52
Pourquoi la brise de mer ne fait-elle pas nocturne ?.....	55
Comment une dépression peut-elle vous pourrir l'été ?.....	56
Coup de soleil : comment éviter les lésions dangereuses ? .....	58
Comment éviter les après-midi vaseuses ? .....	60
Cro-Magnon était-il un nageur hors pair ? .....	62
Quel est le point commun entre une seiche et un avion à réaction ?.....	65
Pourquoi se mouiller pour ne prendre aucun risque ?.....	68
Pourquoi l'oursin mérite-t-il le détour ? .....	70
Pourquoi ces nuages au-dessus de ma plage ?.....	72
Comment faire fuir un nuage ? .....	74
Comment flotter avec Archimède ?.....	76
Pourquoi la mer est-elle partie ?.....	79
Quand partir à la pêche aux moules ?.....	82
Pourquoi le crabe n'en pince-t-il pas pour toutes les moules ?.....	84
Pourquoi le ciel est-il bleu et le soleil jaune ?.....	87
Choisir ses lunettes noires pour la plage ou le night-clubbing ?.....	91
Pourquoi les poissons ne portent-ils pas de masque pour voir sous l'eau ?.....	94
Pourquoi les falaises perdent-elles la boule ?.....	97
Comment piloter son cerf-volant ?.....	99

Pourquoi le Gulf Stream ne passe-t-il pas par ma plage ?.....	102
Comment trouver la vague ? .....	104
Pourquoi la natation met-elle en nage ?.....	107
Pourquoi ma plage s'est-elle mise au régime ?.....	110
Comment éviter les méduses en faisant le clown ?.....	112
Comment décoder la météo marine ?.....	115
Comment garder la tête froide ? .....	117
Pourquoi le courant empêche-t-il de retrouver sa serviette ? .....	119
Pourquoi ma voiture sur le parking de la plage s'échauffe-t-elle ? (et la planète avec).....	121
Comment les châteaux de sable tiennent-ils debout ?.....	124
Qui a construit la falaise d'Étretat ? .....	126
Comment remporter le tournoi de beach-volley ?.....	129
Pourquoi certains noyés ne manquent-ils pas d'air ? .....	132
Qui a fait des trous dans le sable ?.....	134
Comment se forment les baignes ?.....	136
Peut-on buller sous l'eau ?.....	137
Pourquoi la conversation est-elle difficile sous l'eau ? .....	141
Qui a mis des galets sur ma plage ?.....	144
Pourquoi l'eau de mer donne-t-elle soif ? .....	146
Comment éviter l'œil du cyclone ?.....	148
Comment se construire une dune ? .....	151
Pourquoi ma serviette est-elle toujours mouillée ?.....	153
Qui sont vraiment Docteur Jekyll et Mister Algue ?.....	155



Achévé d'imprimer sur les presses de l'Imprimerie BARNÉOUD

53960 BONCHAMP-LÈS-LAVAL

Dépôt légal : mai 2009 - N° d'imprimeur : 904119

*Imprimé en France*

## PEUT-ON JOUER AU FRISBEE AVEC UNE TONG ?



D'où vient la mer ? Qui a mis du sel dans l'eau ?  
Et sur la plage, peut-on faire du Frisbee avec sa tong ?



Pour ne pas bronzer idiot pendant l'été, cet ouvrage vous propose de transformer votre mètre carré de serviette de plage en laboratoire scientifique. Avec pour seuls instruments de l'imagination et votre sens de l'humour, vous pourrez ainsi découvrir, en plus de 70 questions de sciences à la plage :

- pourquoi l'océan est bleu,
- d'où viennent tout ce sable et ces galets,
- comment les poissons peuvent voir sous l'eau,
- enfin, quelle est la meilleure méthode pour surveiller et parfaire son bronzage intégral.

Alors, plongez vite dans cet ouvrage. Aucun risque de vous noyer... sauf à trop rire sous l'eau.

