

# Ceph**BRAIN**LUS

DE LA SCIENCE DANS TA TÊTE!



eau  
eau  
eau  
eau

*jolie poupée!*



L'hydrogène est plutôt social. Très souvent invité aux soirées, il en repart rarement seul ; si certains atomes se contentent de s'apparier entre eux, les plus téméraires n'hésitent pas à s'entourer d'oxygènes, un à chaque bras. Ces drôles de couples aiment les activités de groupe : se prélasser dans l'océan, s'envoyer en l'air jusqu'à la troposphère, se faire aspirer par le xylème des plantes, visiter notre tube digestif... Un parc d'attraction à faire pâlir d'envie Mickey et Donald.

*'Présente en toute chose, depuis la rosée du matin jusqu'au petit rosé du soir'*

Réjouissons-nous que l'eau se plaise autant chez nous : elle a beau être plutôt banale dans l'univers, elle n'en demeure pas moins essentielle à la vie sur notre chère planète bleue. Une eau occupant 1,386 milliard de km<sup>3</sup> sur Terre et présente en toute chose, depuis la rosée du matin jusqu'au petit rosé du soir. Solvant aux propriétés singulières, habitat pour des millions d'espèces, trésor tombé du ciel, vecteur et acteur qui façonne les paysages depuis des milliards d'années au rythme des cycles astronomiques, l'eau a beau être un sujet bateau, elle n'en demeure pas moins une source d'émerveillement perpétuel.

On pourrait poursuivre la liste des bienfaits de l'eau éternellement. Mais cessons là cet édito et plongeons sans plus attendre pour découvrir ce que ce premier numéro de Cephalus a dans les nageoires.

Valentine Delattre

L'abus d'alcool est dangereux pour la santé. A consommer avec modération et une poignée de bretzels salés.

## CONTRIBUTEURS

### • *Equipe Cephalus :*

Valentine Delattre, Sophie Félix, Juliane Casquet, Nicolas Macé, Guilhem Boyer, Marina de San Feliciano.

• Remerciements à Kézako/Unisciel, à l'Institut Pythéas et aux membres du C@fé des Sciences.

• Ce magazine a été réalisé grâce au collectif Conscience, incubateur de projets de diffusion scientifique.

Contactez la rédaction : [cephalusmag@gmail.com](mailto:cephalusmag@gmail.com)



- Qu'est-ce qui se passe lorsqu'on fait dégorger un concombre? p.6
- Avogadro est grand! p.7
- Comment faire parler les vagues? p.8
- INFOGRAPHIE.** Vu du ciel: les multiples visages des plages p.11
- Peut-on mourir en buvant trop d'eau? p.12
- Questions/Réponses p.14
- Sexy fruit: le cocofesse, une noix qui porte bien son nom! p.16
- La surfusion de l'eau, c'est supercool! p.18
- INTERVIEW.** Métiers de Science: Thierry Pérez, chercheur en Ecologie
- Le mascaret du lavabo p.23 p.20
- Les dents (de l'anus du concombre) de la mer p.26
- Une eau extra... terrestre! p.30
- QUIZ.** Les secrets des bons ricochets: ce qu'en dit la Science p.32
- BD.** Kamikazes des océans: les dessous de la météorisation p.33
- Réserves d'eau en plein désert: un petit verre de brouillard? p.34
- Eau utile; eau paisible p.36
- Le radeau hydrophobe des fourmis p.38
- Les carottes, archives de l'environnement passé p.40
- VIDÉO.** Quand les méduses se mélangent; l'Homme et la méduse p.42
- Pollution de l'eau: fiez-vous aux insectes! p.43
- Un gigantesque océan à des centaines de kilomètres sous Terre? p.45
- Des bouteilles à la mer p.46

BIOLOGIE

# QU'EST-CE QUI SE PASSE LORSQU'ON FAIT DÉGORGER UN CONCOMBRE ?

Recette des concombres au yaourt (ou à la crème fraîche, c'est encore meilleur). Prendre un concombre bien ferme, bien vert. L'éplucher, le couper en fines rondelles. Rajouter du sel, mélanger, attendre quelques minutes. Vider l'eau obtenue, rincer soigneusement les tranches de concombre. Ajouter ensuite le pot de crème fraîche, quelques herbes de Provence (éventuellement des graines de moutarde grillées et de la menthe ou de la coriandre fraîche). Et déguster.



**O**n aime ou on n'aime pas. Mais dégorger les concombres, c'est assez drôle. On ajoute du sel et une partie de l'eau du concombre sort par magie. Ce tour de main des cuisiniers-ères, bien facile et bien connu a une explication redoutable : l'osmose.

Voyons cela de plus près : la nature a non seulement horreur du vide, mais elle a en plus horreur des différences, des inhomogénéités et tend à gommer toutes formes d'originalités. Bon j'exagère là. En tout cas, pour les liquides, ça marche : prenez un réservoir d'eau douce, un d'eau salée et mettez-les en contact, séparés par une membrane semi-perméable (c'est-à-dire qui laisse passer l'eau, mais pas le sel). Le réservoir d'eau douce va se vider de son eau,

afin que la concentration de sel s'égalise. C'est ce que je disais : détruire toute forme de diversité !

Grâce aux lois de la thermodynamique, on peut en effet démontrer que, dans le cas précédent, apparaît une force de pression dite « osmotique », qui « pousse » l'eau douce à passer à travers la membrane, jusqu'à ce que les concentrations soient identiques...

Et le rapport avec nos concombres ?

En ajoutant (beaucoup) de sel sur les concombres, on crée un gros déséquilibre entre l'eau à peu près douce des cellules du concombre et l'eau très salée à l'extérieur. La pression osmotique devient très importante et fait sortir l'eau des cellules, en explosant les membranes cellulaires au passage.

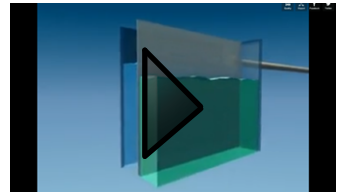
Le concombre dégorgé

n'aura plus la mauvaise idée de rendre son eau une fois la recette finie !

Ce phénomène d'osmose, très général, est utilisé en biologie pour faire exploser les membranes cellulaires, mais aussi pour dessaler l'eau de mer. C'est dans ce cas « l'osmose inverse », où on impose une force de pression pour forcer l'eau douce à refluer dans le compartiment d'eau non salée. Maintenant, ce phénomène est aussi utilisé pour produire de l'énergie : qui dit force de pression, dit possibilité de faire se déplacer de l'eau, donc turbine, donc électricité. Et pour l'approvisionnement en eau douce et eau salée, il suffit de se mettre à l'embouchure de n'importe quel fleuve...

Il n'en fallait pas moins pour que des ingénieurs suédois de Statkraft installent une centrale

fonctionnant avec l'eau du fjord d'Oslo et de la mer baltique. Voilà (en anglais...) leur vidéo de démonstration.



Moi je trouve ça quand même assez sympa, comme process...

Seul hic, les membranes semi-perméables : elles coûtent cher, sont fragiles et ont une durée de vie faible.☹

Pourquoi le ciel est bleu...

SOURCES :

- Wikipedia bien sûr !
- Statkraft



Floyd Manzano

LU SUR LE BLOG **SCIENCE ETONNANTE**

## CHIMIE **AVOGADRO EST GRAND!**

**C**omme on l'apprend en chimie, le nombre d'Avogadro vaut environ  $6.10^{23}$ . Pour ceux qui ne le sauraient pas ou l'auraient oublié, ce nombre quantifie le nombre de molécules dans ce qu'on appelle une mole, par exemple le nombre de molécules d'eau contenues dans 18 g d'eau.

Maintenant, allez vous remplir un verre d'eau d'environ 30 cl. Si ! Si ! Allez-y ! J'insiste !

Bien, à présent regardez attentivement votre verre. Dedans se trouvent environ 10 milliards de milliards de molécules d'eau ( $10^{25}$ ). Il est un peu difficile de se rendre compte de ce que représente ce nombre véritablement astronomique. Mais essayons quand même.

Par comparaison, il y a sur Terre environ 1,4 milliard de  $\text{km}^3$  d'eau, environ  $5.10^{46}$  molécules. C'est-à-dire l'équivalent de  $5.10^{21}$  verres d'eau. Maintenant, considérez par exemple la coupe de vin qui fut bue lors de la Cène et supposons que grâce aux cycles de l'eau depuis 2000 ans, toutes les molécules d'eau qu'elle contenait aient été réparties aléatoirement dans le stock mondial d'eau.

Cela implique que si aujourd'hui je considère une molécule d'eau prise au hasard

sur Terre, elle a une probabilité  $p = 10^{25} / 5.10^{46} = 2.10^{-22}$  d'avoir été dans la coupe de la Cène. C'est une probabilité vraiment faible !

Mais en multipliant cette probabilité par le nombre de molécules qu'un verre d'eau contient, on arrive à la conclusion fascinante que dans le verre d'eau que vous êtes en train de boire, il y a en moyenne environ 2000 molécules d'eau qui se trouvaient également dans la coupe de la Cène.

*'Plus de molécules d'eau dans mon verre d'eau que de verres d'eau sur Terre'*

Cette affirmation sidérante vient du fait que compte tenu des chiffres précédents il y a plus de molécules d'eau dans mon verre d'eau que de verres d'eau sur Terre. Avogadro est vraiment grand ! Donc si on suppose que l'eau a été bien brassée sur Terre, dans votre verre se trouve au moins un peu de tous les verres d'eau bus depuis le début de l'histoire de l'humanité. Fascinant, non ? (ou Beurk ! selon les cas). ☹️



Science Etonnante

L'eau est un gaz à effet de serre plus puissant que le méthane ( $\text{CH}_4$ ) et le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ).

L'abus d'alcool est dangereux pour la santé. A consommer avec modération et des olives.

# Comment faire parler les vagues



Petit guide pour décrypter les vagues : repérez les effets de la réfraction, la réflexion et la diffraction et portez un autre regard sur les plages autour de vous.

**T**remblez, physiciens, du fond de votre labo plongé dans le noir ! Tremblez, fanatiques des arcs-en-ciel doubles ! Désormais, admirer les effets de l'optique ne vous est plus réservé : tout le monde va pouvoir s'emplier les mirettes de ces petites merveilles de la nature. Depuis votre serviette de plage, vous avez peut-être même été témoin de ces phénomènes sans même le savoir. Plongée au cœur d'une de ces beautés méconnues qui en bouchent un coin.

## Réfraction

Avez-vous déjà remarqué que les vagues sont toujours parallèles au rivage, quel que soit le dessin de la côte ? C'est la signature d'une propriété optique qu'on appelle réfraction : eh oui, les vagues sont des ondes mécaniques au même titre que la lumière ou le son ! La réfraction permet aussi d'expliquer pourquoi un cap aura tendance à s'éroder alors qu'une baie verra le sédiment s'accumuler jusqu'à former une plage. Explication.

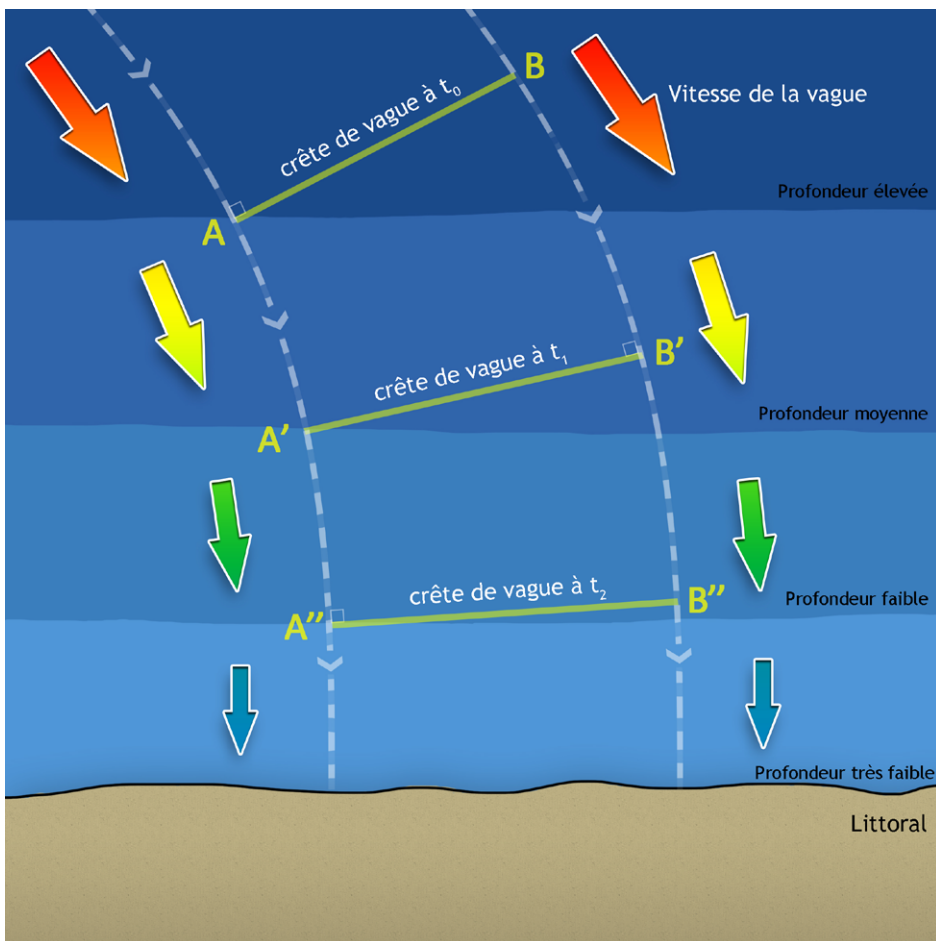
La vitesse (ou célérité) d'une vague dépend de la profondeur d'eau : elle ira plus vite là où vous n'avez pas

de pied qu'à l'endroit où les bambins pataugent joyeusement. Imaginons, au loin d'une plage rectiligne, un « front » de vagues [AB] qui arriverait en biais depuis la mer. Étant donné que plus on s'approche du rivage, plus la profondeur diminue, à un même temps  $t_0$  la profondeur sous le point A sera plus faible que celle sous le point B (voir la [Figure 1](#)). Donc c'est tout naturellement que le front de vague en A va ralentir, alors qu'il va continuer à la même allure en B. De fil en aiguille, en s'approchant de la côte la vague va inévitablement opérer une rotation et finir parallèle au rivage. CQFD. Les plus réfractaires d'entre vous vont me dire que c'est faux, les vagues n'arrivent pas toujours exactement parallèles à la côte. Ça m'ennuie de l'admettre, mais vous avez raison ! Ce léger angle qui subsiste à l'interface entre mer et littoral va générer un courant, proche du rivage, qu'on appelle dérive littorale. Ce courant joue pour beaucoup dans le dessin des côtes.

Mais revenons à nos moutons : comment diable ce phénomène peut-il justifier d'une plus grande érosion sur les caps que dans les baies ? Réponse illustrée sur la [Figure 2](#) : les langues de terre en mer vont « attirer » les

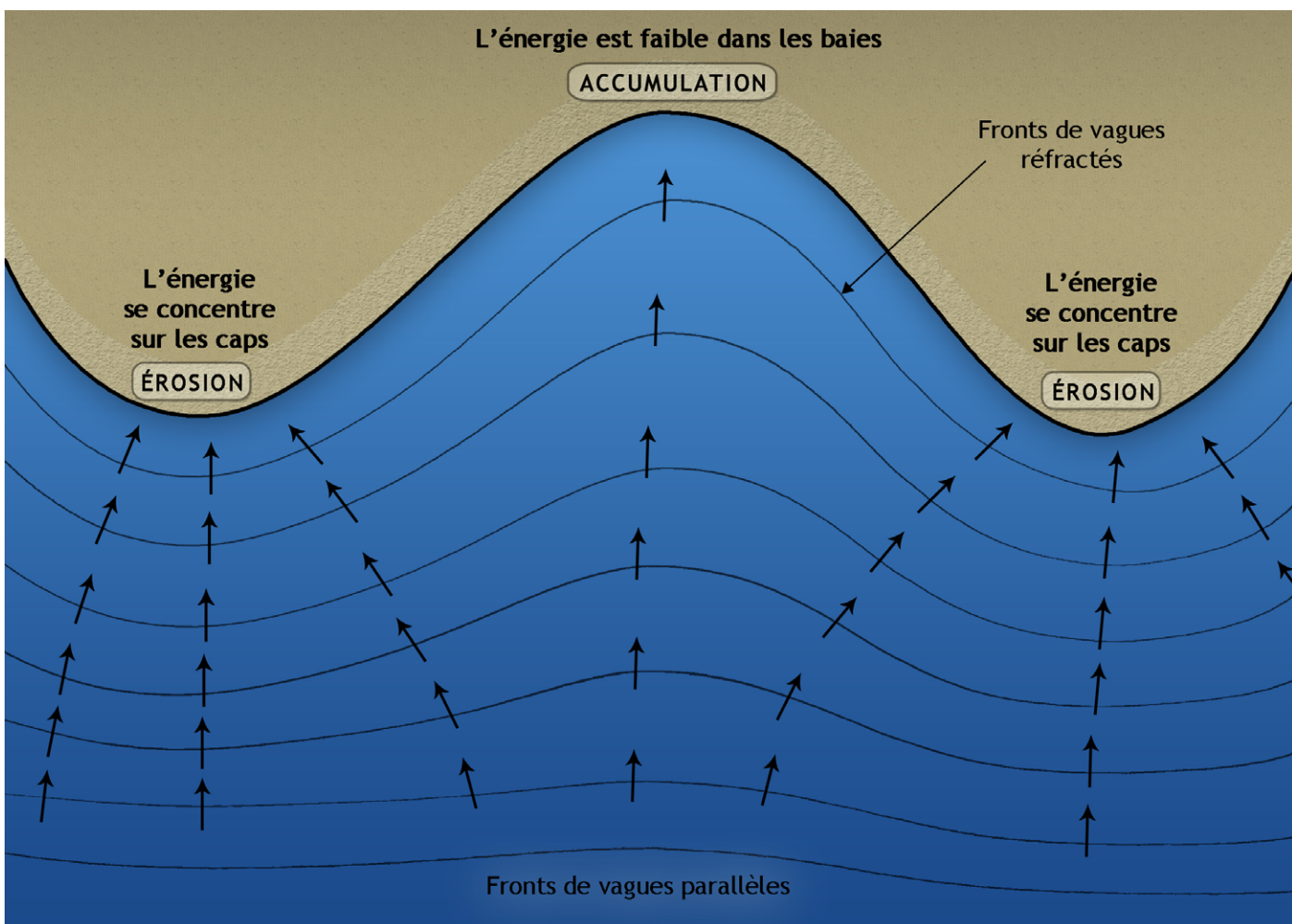
vagues comme un aimant, donc l'énergie cinétique de l'eau va se concentrer dans ces zones. Et plus l'énergie d'une vague est importante, plus elle érode ! Au fond d'une baie en revanche, les vagues sont moins rapides donc leur énergie est moindre. Elle est si faible que l'eau ne peut plus transporter les particules dont elle était chargée jusqu'ici et qu'elle va abandonner sur place. C'est ainsi que l'on trouve toutes sortes de choses dans une baie : du sable, des galets, du bois, des coquillages et crustacés, des bouteilles à la mer, Robinson Cruséo...





◀ **Figure 1** Trajectoire des fronts de vagues vus du dessus : quel que soit l'angle d'attaque, les vagues finissent toujours parallèles au rivage grâce à la loi de la réfraction.

▼ **Figure 2** Trajectoire des fronts de vagues vus du dessus quand le littoral est escarpé : la réfraction entraîne l'érosion préférentielle des reliefs avancés en mer et l'accumulation de sédiments aboutissant à la formation de plages dans les baies.



L'eau liquide absorbe surtout les rayons lumineux infrarouges ( $\approx 700$  nm à 1 mm) et ultraviolets ( $\approx 400$  à 10 nm).

## Réflexion

Avant, je pensais bêtement qu'après avoir déferlé, les vagues mouraient là, sur la plage, devant le regard indifférent des juilletistes et des aoûtistes badigeonnés d'huile de monoï. Quel sinistre sort... Mais j'ai vite séché mes larmes quand j'ai appris que tel le phénix, les vagues renaissent de leurs cendres ! Le flux et reflux de la mer n'est pas qu'une expression : les ondes vont et rebondissent sur les obstacles pour repartir dans l'autre sens. Ça semble tellement évident ! Et pourtant apprendre cette anecdote a changé ma façon de voir les vagues. Essayez, vous verrez !

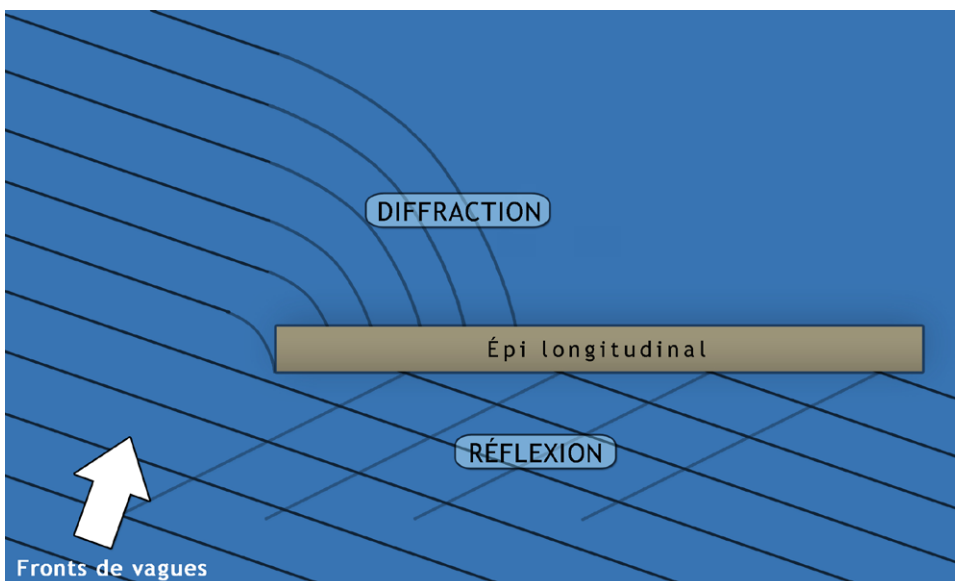
## Diffraction

Last but not least, la diffraction peut elle aussi être lue dans une vague. Comment donc ? Prenez une jetée et des trains de vagues qui arrivent latéralement et se brisent sur un de ses côtés (Figure 3). Derrière la jetée, vous verrez les vagues se propager en prenant une forme circulaire. Et voilà, la diffraction se matérialise sous vos yeux ébahis !

V.D.



▼ **Figure 3** Effets visibles de la diffraction et de la réflexion sur les vagues lorsqu'elles rencontrent un obstacle (ici, un épi) vu du dessus.



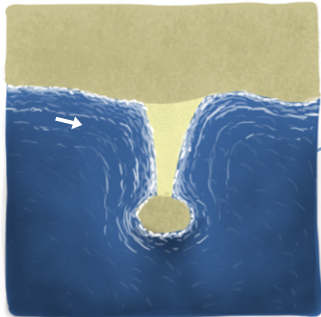
### SOURCES :

- O. Radakovitch, cours de pétrologie exogène sur les environnements sédimentaires
- Site web : oas.org
- Paskoff R. (1998) Les littoraux, Armand Colin (ed.), 260 pp.
- Haslett S. (2003) Coastal Systems, Taylor & Francis (eds.), 240 pp.
- The Oceanography Course Team. (2006) Waves, tides and shallow-water processes. Butterworth Heide-  
mann (ed.), 228 pp.

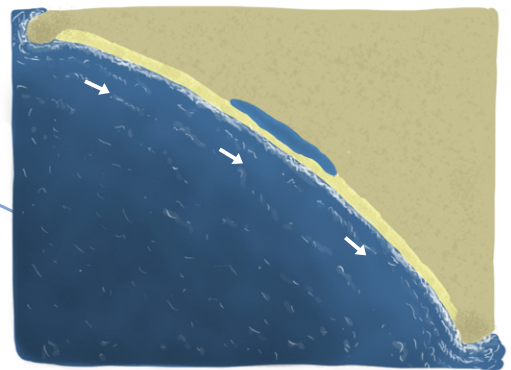
Les principaux sels dans l'eau de mer sont NaCl (78 %), MgCl<sub>2</sub> (11%), MgSO<sub>4</sub> (5%), CaSO<sub>4</sub> (4%), K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (2%).

# VU DU CIEL: DES PLAGES AUX MULTIPLES VISAGES

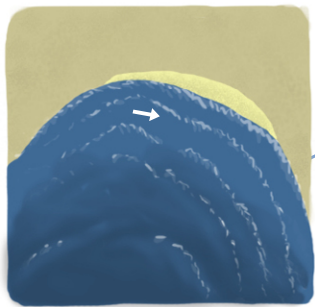
Mélangez de l'eau et des sédiments, réservez pendant quelques milliers d'années : voilà, c'est prêt ! S'il existait une recette pour créer une plage, voici probablement ce à quoi elle ressemblerait. Aussi simple soit-elle, vous risqueriez pourtant d'être surpris du résultat ! Réunir ces ingrédients somme toute classiques (disponibles dans toutes les bonnes épiceries de géologues) mènent en effet à une multitude de morphologies de plages. Pourquoi donc ? Parce qu'il y a des facteurs extérieurs à prendre en compte ! Cette diversité est liée à la forme du trait de côte et à la nature des courants marins (et notamment la dérive littorale, représentée par une flèche blanche sur les dessins ci-dessous). Alors, sur quel genre de plage avez-vous planté votre parasol cet été ?



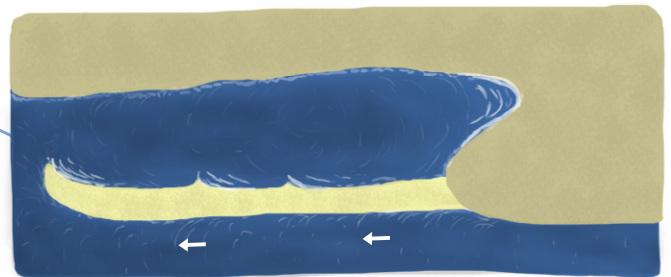
**Tombolo**



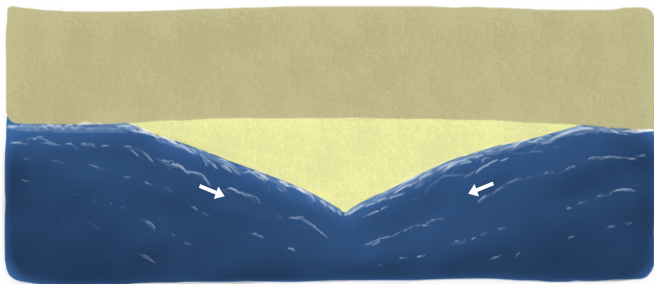
**Plage ouverte**



**Plage de fond de baie**

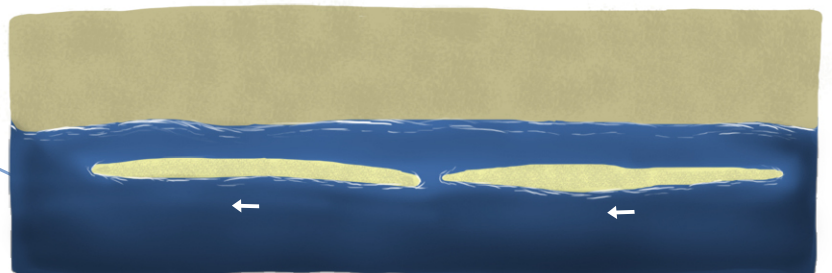


**Flèche**



**Saillant triangulaire**

**Île barrière**



Quelle que soit la salinité de l'eau, les proportions des différents sels y sont pratiquement constantes.

SANTÉ

# Peut-on mourir en buvant trop d'eau ?

**P**armi les supplices documentés dans l'histoire torturée des tortures, il en est un classique et néanmoins surprenant, celui de la torture par l'eau. Pour l'inquisiteur moyen, c'est la base, le genre de chose qu'on apprend en première année d'école anti-sorcier. Il y a ça, l'arrachage d'ongles et de dents et les fers chauffés à blanc... et si le suspect souffre c'est qu'il est coupable ! S'il ne souffre pas, c'est encore plus suspect ! L'avantage c'est que ça ne tue pas, enfin on va en reparler.

Qui ne s'est pas senti bizarrement ballonné après avoir avalé d'une traite une quantité proche du litre d'eau par une chaude journée d'été ? Mais si vous savez chez mamie ! Après avoir couru comme un fou dans le jardin, cet immense verre de grenadine qu'il fallait tenir à deux mains et que l'on vide sans reprendre son souffle. On le vide et glou et glou, on le repose, on passe son bras sur sa bouche et on s'exclame "Encore !". Voilà, pour moi c'est ce qui se rapproche le plus de la torture par l'eau.

(Ne vous inquiétez pas je vais parler de science maintenant)

Un volcan s'éteint et parfois un être aussi !

Bref mis à part des sensations bizarres du tube digestif et une forte envie d'uriner, existe-t-il des risques à boire trop d'eau ? On parle très souvent du risque de déshydratation et j'ai toujours cru que l'eau ne pouvait avoir absolument aucun effet négatif... "l'eau est indispensable à la vie"... "rien de plus dangereux que la déshydratation"... Peut-être ai-je trop subi de pubs Volvic ?



© Martin Thomas/Flickr

Alors voyons quelques cas (très rares il faut bien le dire):

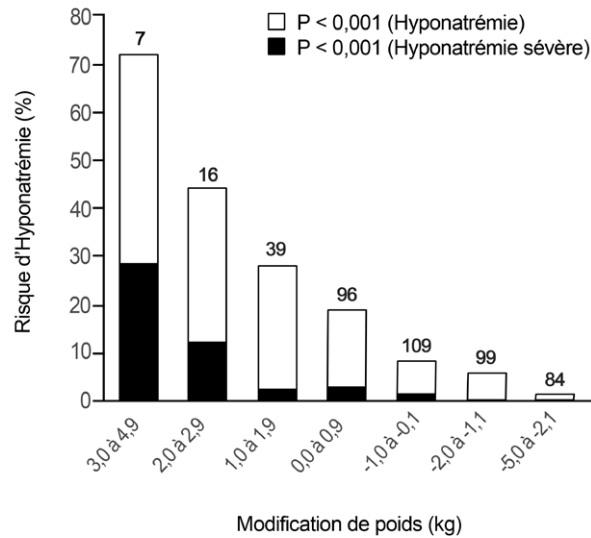
- En l'an de grâce 2000, une femme de 20 ans est morte après avoir ingéré près de 12 l d'eau en 4 heures, ceci dans le but peu louable de masquer sa consommation de drogue pour un test urinaire. Suite à cette ingestion elle a perdu conscience avant de mourir peu de temps après.
- Autre exemple en 2002 où lors du marathon de Boston une femme de 28 ans est morte « d'hyperhydratation ». Quelques soldats dans la fleur de l'âge ont également connu le même sort tragique suite à l'ingestion de grande quantité d'eau au cours d'efforts en terrain chaud.
- Enfin le cas le plus célèbre est celui d'Andy Warhol. Non il n'est pas mort suite à l'ingestion répétée de « Campbell's soup »... mais probablement des suites de la réhydratation artificielle suivant une opération banale de la vésicule biliaire. C'était en 1987 et il n'avait que 58 ans...

◀ Un ravitaillement de marathon, c'est peut-être plus dangereux qu'on ne le croit !

Quand la sensation de soif se manifeste, le corps a déjà perdu 1% de son eau.

## Comment l'eau a pu causer leur mort ?

L'absorption d'une grande quantité d'eau a comme conséquence principale: la diminution du taux de sodium ( $\text{Na}^+$ ) dans le sang, on parle d'hyponatrémie. L'hyponatrémie peut aussi être liée à un problème rénal lorsque l'urine n'est pas assez diluée. On considère une natrémie comme normale entre 136 à 145 mmol/L, une valeur que l'on retrouve dans une analyse sanguine classique: l'ionogramme... Mais si, vous savez, le fameux « NFS, Chimie, Iono! » gueulé à longueur de temps par les acteurs de la série « Urgences ».



▲ Relation entre le risque d'hyponatrémie (en blanc) et d'hyponatrémie sévère (en noir) en fonction de la perte ou du gain de poids (indice de la quantité d'eau absorbée/perdue) pour les coureurs du marathon de Boston de 2002. Les chiffres au dessus des barres indiquent les effectifs des coureurs pour chaque catégorie. 7 coureurs ont gagné plus de 3kg au cours de la course présentant ainsi un risque d'hyponatrémie de 70%... (d'après «Hyponatremia among Runners in the Boston Marathon», C Almond, A Shin, E Fortescue. 2005)

## L'hyponatrémie cause plusieurs problèmes importants :

Tout d'abord une hyperhydratation cellulaire par effet « osmotique ». Le milieu extracellulaire étant moins concentré en solutés (ions et autres molécules) que le milieu intracellulaire l'eau va avoir tendance à rentrer dans les cellules. La conséquence la plus grave

étant l'œdème cérébral, c'est-à-dire l'accumulation d'eau au niveau du cerveau, pouvant entraîner la mort comme nous l'avons vu ci-dessus.

Par ailleurs la modification rapide de la natrémie a des effets importants sur le fonctionnement des neurones. A chaque influx nerveux (ou potentiel d'action), c'est en effet une grande quantité de sodium qui rentre dans le neurone en fonction de la différence

de concentration entre l'extérieur et l'intérieur de la cellule. Conclusion les neurones n'apprécient pas vraiment les variations brutales de la natrémie. De ce fait le traitement de l'hyponatrémie est à ajuster délicatement. Dans les cas les moins graves, il suffit de boire moins, dans certains cas on corrige le taux de sodium par un sérum salé assez concentré et dans les cas les plus graves on accompagne ce traitement

d'un diurétique désormais célèbre : le furosémide !

Pour éviter l'hyponatrémie, le plus simple reste d'éviter une absorption excessive d'eau (il y a un nom pour ça : la potomanie) et, en cas d'effort soutenu, notamment lors de grosses chaleurs, d'absorber des boissons adaptées avec une teneur raisonnable en sodium et autres ions... ☺

M. Colin



## Pourquoi la mer est-elle salée ?

**I**l est très désagréable de boire la tasse dans la mer. En effet, elle est salée !

Ce que l'on appelle « sel » regroupe ici plusieurs ions dissous dans l'eau tels que chlorure de sodium (notre sel de table), chlorure de magnésium, sulfate de magnésium ou carbonate de calcium.

Comme nous le verrons en [page 30](#), à la fin de la formation de la Terre, le volcanisme était très important et envoyait de grandes quantités de vapeur d'eau et de gaz (chlore, soufre, gaz carbonique) dans l'atmosphère. Mais lorsque la Terre s'est refroidie, la vapeur d'eau s'est condensée et des pluies diluviennes ont arrosé la surface de la planète pendant 100 millions d'années. Ces pluies étaient acides, car elles contenaient du chlore et du soufre. Elles ont donc érodé la surface terrestre et y ont arraché des particules de sodium, calcium ou magnésium. Des rivières se sont alors formées et ont rempli les océans de cette eau désormais salée !

De nos jours, même si elles sont considérées comme de l'eau douce, les rivières sont un tout petit peu salées : elles sont constituées de l'eau de pluie non salée qui est sans cesse renouvelée, mais contiennent les sels qu'elles arrachent à la terre sur laquelle elles passent. L'océan, lui, concentre tout ce sel reçu des pluies diluviennes et aussi des rivières d'aujourd'hui. Mais sa concentration en sels, en moyenne de 35 grammes de sels par kilogramme d'eau, reste constante. En effet, au fond des océans, le sodium s'associe aux argiles où il reste coincé et est aussi absorbé au niveau des dorsales sous-marines. Cela compense l'apport quotidien des rivières.

Certaines mers, où l'évaporation est importante et les pluies rares, sont très salées. Ainsi, la Mer Morte présente une concentration en sels de 300 grammes par kilogramme d'eau, en augmentation constante ! ■

S.F.

### EN SAVOIR PLUS :

Site web : [otisrael.com](http://otisrael.com)

## Pourquoi l'eau fait-elle rouiller le fer ?

Le fer rouille selon un processus lent appelé « oxydation ». Celui-ci nécessite de l'eau, mais aussi de l'air où se trouvent les molécules d'oxygène. Ainsi, de l'air humide peut suffire.

La rouille est en fait de l'hydroxyde de fer III hydraté noté  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ . Sa formation se fait par étapes : d'abord, l'eau et l'oxygène de l'air forment des ions hydroxydes qui, s'associant au fer, forment de l'hydroxyde de fer II (noté  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ) ; au contact d'eau et d'oxygène encore, ce dernier forme de l'hydroxyde de fer III qui, hydraté, donnera la rouille.

L'eau de mer accélère cette réaction en favorisant les rencontres entre les ions hydroxydes et le fer : on dit qu'elle est plus « conductrice » que l'eau non salée. Presque tous les acides agissent de la même façon.

Hormis les métaux précieux comme l'or, le platine ou l'argent qui ne rouillent pas (ce qui leur donne leur valeur !), tous les métaux peuvent s'oxyder. Mais cette oxydation est particulièrement néfaste pour le fer, car il est remplacé par de l'hydroxyde de fer III hydraté fragile et peu conducteur : la rouille détériore l'objet en fer sur lequel elle se forme.

Cela n'est pas le cas par exemple pour le zinc, le cuivre, l'aluminium ou l'étain (utilisé pour les boîtes de conserve) la partie oxydée reste collée à la surface de l'objet, formant une couche protectrice qui empêche l'accès de l'eau ou de l'oxygène au reste de l'objet. Recouvrir un objet de zinc permet ainsi de le protéger en formant une couche oxydée superficielle étanche (on parle de « galvanisation »).

Le chrome s'oxyde aussi, mais très difficilement. Ainsi, pour protéger l'acier qui s'oxyde facilement, on lui ajoute du chrome et du nickel : on parle alors d'acier inoxydable ou « inox ».

Enfin, un vernis ou de la peinture antirouille peuvent empêcher l'oxydation en privant le métal d'oxygène à condition qu'il n'y ait pas d'accroc ! ■

S.F.

### EN SAVOIR PLUS :

- Site web : [intra-science.com](http://intra-science.com)
- Site web : [je-comprends-enfin.fr](http://je-comprends-enfin.fr)

## Qu'est-ce qu'une nappe phréatique ?

L'image généralement associée aux mots « nappe phréatique » est celle d'un lac sous-terrain. Eh bien, c'est faux ! Une nappe phréatique est en fait une couche de roche « éponge » (poreuse ou fissurée) qui est imbibée d'eau de pluie ; le volume d'eau qu'elle contient varie selon la pluviométrie, l'évaporation, la demande en eau du couvert végétal et l'intensité du pompage artificiel. C'est le niveau d'eau de la nappe phréatique qui dicte celui des cours d'eau du bassin versant : quand la nappe est au plus bas, les rivières sont au stade d'étiage.

Appelée « aquifère » par les hydrogéologues, cette formation géologique peut être de nature variée (granite, sable, grès...). Plusieurs aquifères peuvent se superposer dans un même sous-sol en étant intercalés avec des couches imperméables (condition nécessaire : sinon, l'eau s'écoulerait en profondeur au lieu d'être stockée). Dans cette configuration, c'est l'aquifère le plus proche de la surface qu'on nomme nappe phréatique. Roche à l'origine d'aquifères particulièrement extraordinaires et complexes, le calcaire est souvent creusé (dissous) par l'eau de pluie. On peut alors observer un réseau de cavités souterraines qu'on appelle karsts et dont les spéléologues sont très friands ! ☼

V.D.

### EN SAVOIR PLUS :

Wikipédia : Aquifère



© V.D.

## Albé quoi ? Albédo !

Miroir, miroir, qui est la plus neige ? Si vous êtes déjà allés faire du ski en hiver, vous savez qu'il est préférable de mettre des lunettes de soleil, d'abord pour avoir la classe sur vos photos de vacances et ensuite pour ne pas être ébloui par le reflet du soleil sur la neige. Ce phénomène est une valeur physique connue sous le nom d'albédo. Fraction de l'énergie solaire qui est réfléchi vers l'espace, l'albédo est compris entre 0 (tout le rayonnement est absorbé par le matériau) et 1 (tout le rayonnement est réfléchi vers l'espace). L'albédo est particulièrement élevé pour les nuages, les aérosols, la glace et la neige fraîche (qui réfléchit 87 % du rayonnement reçu) et relativement faible pour les océans et les continents. L'albédo est un facteur capital dans le bilan radiatif de la Terre. Au sein du système climatique, il permet un effet « boule de neige » (dans le jargon, on parle de feedback ou rétroaction positive) : quand il fait froid (c'est-à-dire lors des périodes glaciaires), la surface couverte de neige et de glace augmente, donc davantage de rayons solaires sont renvoyés vers l'espace, contribuant à amplifier le refroidissement. En revanche, en période chaude (dite interglaciaire), on observe un recul des glaciers, donc davantage d'énergie solaire est absorbée par la Terre, d'où un mercure qui monte ! ☼

V.D.

### EN SAVOIR PLUS :

Futura-Sciences : Albédo

# Sexy fruit : le cocofesse, une noix qui porte bien son nom !



© Szurdoki Erzsébet, Hungarian Natural History Museum

C'est non seulement le plus gros fruit au monde, mais aussi un des plus surprenants : découvrez comment le cocofesse a fait chavirer le cœur des explorateurs et naturalistes de l'Histoire.

**N**ous sommes au XVIII<sup>e</sup> siècle. Marc-Joseph Marion du Fresne, corsaire malouin et explorateur, navigue en plein océan Indien. De temps à autre, il voit passer une paire de fesses devant ses yeux ébahis, flottant impunément à la surface de l'eau turquoise. Naufrage ? Apparition divine ? Clin d'œil du Dieu du punch ? Que nenni, il s'agit en réalité de noix ; de très grosses noix, puisqu'elles peuvent atteindre 50 cm de long et peser 40 kg (et pourtant elles flottent, comme dirait Galilée). Elles se font porter par l'eau dans l'espoir d'atteindre des terres fertiles (on appelle cela de l'hydrochorie). Mais d'où viennent-elles ? Dans son Voyage à la Nouvelle-Guinée (1776), Pierre Sonnerat raconte : « Ne connaissant pas l'arbre qui le produisait, ne le pouvant découvrir, on avait imaginé

que c'était le fruit d'une plante qui croissait au fond de la mer, qui se détachait quand il était mûr et que sa légèreté faisait surnager au-dessus des eaux ». Grâce à Marion-Dufresne, le mystère est levé : point d'arbre sous-marin, il découvre que ces noix sont en réalité le fruit d'un cocotier qui a élu domicile sur l'archipel des Seychelles. Cette plante peut atteindre 25 mètres de hauteur, soit l'équivalent d'un immeuble de 8 étages !

1768, Isle de France (Île Maurice)

Philibert Commerson, explorateur et naturaliste, frétille de bonheur : l'abbé Rochon lui a rapporté des Seychelles de nouveaux échantillons exotiques à décrire. L'un de ces échantillons l'impressionne tout particulièrement et pour cause : non seulement cette noix de coco a une forme évocatrice,

mais en plus elle est énorme ! Il va jusqu'à écrire qu'il considère le coco de mer comme « celle de [ses] découvertes [qu'il a] le plus à cœur », lui qui a pourtant décrit plus de 6000 espèces. Avec son dessinateur attitré Sanguin de Jossigny, il produit 15 planches de splendides dessins naturalistes de la plante, la classe parmi les « palmiers à feuilles en éventail [...] à pieds mâles et femelles séparément » (dioïque, pour les intimes). Il s'arme de sa plus belle plume et baptise la chose : *Lodoïcea callipyge*. *Lodoïcea* probablement en l'honneur du Roi de France Louis XV et *callipyge* signifiant « doté de belles fesses ». Hélas, malgré toute la poésie de ce nom, c'est finalement un autre qui perdurera dans la nomenclature botanique : la guerre des naturalistes est rude et le vainqueur s'appelle Persoon. Mycologue sudafricain, il a réussi à faire traverser les âges le nom



*Lodoicea maldivica* depuis 1807. Comble de l'histoire, en dépit de son nom ce cocotier ne pousse même pas aux Maldives!

Les médecines chinoise et ayurvédique attribuent à ces fruits bilobés (mais parfois trilobés et jusqu'à hexalobés) des vertus aphrodisiaques, d'où un commerce très important vers l'Inde et la Chine. Mais comme tout végétal, le coco de mer a besoin de ses fruits pour se maintenir, d'autant plus que l'espèce est endémique et que sa graine met pas moins de 6 ans à germer. À cause de l'exportation de ses fruits, cette

plante se raréfie à tel point qu'elle figure désormais sur la liste des espèces menacées d'extinction depuis 1998. De quoi rendre morose plus d'un navigateur...

### Une anecdote pour finir

On raconte que Bougainville, en contemplant le fruit dans le cabinet de curiosité de l'intendant Pierre Poivre, aurait proposé de le baptiser « cucul la prasline », Praslin étant le nom d'une des îles des Seychelles où le cocotier de mer a élu domicile! 🍷

V.D.

#### SOURCES :

- Wikipédia
- IUCN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature)
- Le blog *AlsaGarden*
- Jannine Monnier, Anne Lavondes, J-C Jolinon, P. Elouard, Philibert Commerson, le découvreur du bougainvillier, Association Saint Guinefort, 1993 (ISBN 2950792405)

► Le grand palmier de l'Isle de Praslin, planche de Sonnerat dans *Voyage à la Nouvelle Guinée*, possiblement empruntée à Commerson. (Wikimédia Commons)



C'est bien connu, l'eau gèle à 0 °C. Ce sont les lois de la thermodynamique qui nous le disent. Et la thermodynamique, c'est une science sérieuse !

Et pourtant dans certains cas, la nature a des réticences à suivre les lois de la thermodynamique : avec quelques précautions, il est ainsi possible de refroidir de l'eau à des températures inférieures à 0 °C, sans qu'elle gèle !

### Surfusion et solidification

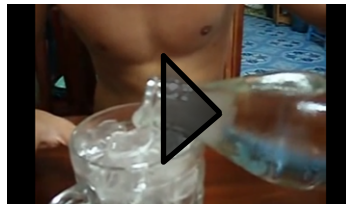
Pour réaliser cet exploit, il faut refroidir l'eau très précautionneusement, par exemple dans un extérieur calme ou un congélateur bien isolé des vibrations. Si vous avez de la chance et du doigté, vous pourrez obtenir de l'eau liquide à -15 °C ! C'est ce qu'on appelle l'état de surfusion.

L'explication réside dans le fait que

même en dessous de 0 °C, la réaction de congélation de l'eau ne se déclenche pas spontanément : elle a besoin d'une perturbation pour démarrer. Cette perturbation peut être une vibration, une impureté, un choc etc.

En revanche, comme nous allons le voir, dès que la solidification a pu démarrer quelque part dans le liquide, elle se comporte comme une réaction en chaîne et se propage rapidement dans tout le volume d'eau disponible.

Rien ne vaut une belle vidéo pour illustrer ça. Youtube en regorge, alors ne nous privons pas. Sur celle-ci, l'expérimentateur (qui a oublié sa blouse blanche) possède une bouteille d'eau liquide qui a été refroidie en dessous de 0 °C.



Comme vous avez pu le voir, ça n'est que quand l'eau de la bouteille touche les glaçons qu'elle se solidifie. La solidification n'est pas instantanée, mais elle est assez rapide ! Les glaçons du verre jouent ici le rôle d'amorceur de la réaction en chaîne. Mais en secouant la bouteille ou en la tapant contre la table, on aurait obtenu le même phénomène.

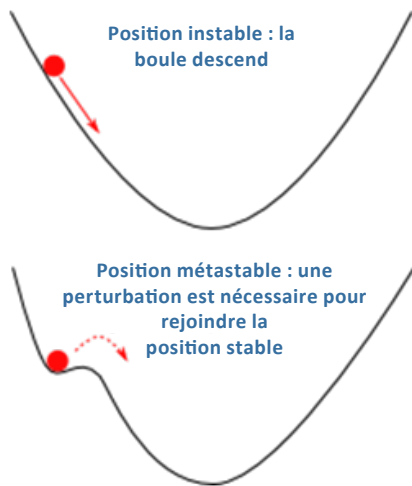
### Stabilité et métastabilité

Pour expliquer ce comportement bizarre, il faut savoir que quand on affirme que l'eau est solide en dessous de 0 °C, on ne décrit pas vraiment l'état dans lequel *se trouve* l'eau, mais l'état dans lequel elle *devrait* se trouver. Encore faut-il que le processus de transition vers cet état puisse se dérouler ! Et comme nous l'avons vu, pour se dérouler il lui faut commencer avec une petite perturbation.



© nanimoflickr

Dans les lacs, il existe des strates d'eau superposées qui s'inversent au printemps et en automne.



Pour comprendre cette situation, prenons une analogie mécanique. Si vous placez une boule sur la pente d'une vallée, elle sera dans une position instable et descendra dans le creux de la vallée, qui est sa position stable.

Mais si la pente est rugueuse ou avec un creux intermédiaire, il se peut que notre boule reste coincée ailleurs que dans le fond. On parle alors de position métastable. Il faudra à notre boule une petite perturbation pour se sortir de cette position et rejoindre le fond de la vallée.

L'eau se comporte de manière analogue. Au-dessus de 0 °C, l'état liquide est stable et si je perturbe mon eau, rien ne se produit. Quand je la refroidis en dessous de 0 °C, l'eau surfondue devient métastable : elle peut demeurer ainsi quelque temps (comme la boule dans le creux intermédiaire), mais dès qu'une perturbation suffisante est appliquée, l'eau est ramenée dans son état stable : la glace.

### Différents types de perturbations

Plusieurs types de perturbations peuvent être utilisées pour faire démarrer la solidification de l'eau surfondue. Le contact avec un glaçon représente la perturbation idéale, car il constitue alors une amorce de la réaction en chaîne, en formant un germe autour duquel la solidification peut se produire.

Un cas très spectaculaire est illustré dans la vidéo ci-après : l'eau se solidifie dès qu'elle touche la glace dans le bol.

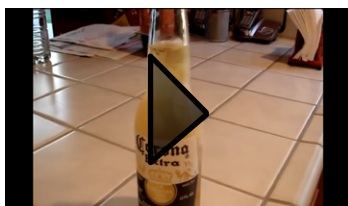


La perturbation la plus courante est la vibration. Comme votre congélateur vibre un peu, c'est cela qui fait que vous ne récupérez jamais de l'eau surfondue dans votre bac à glaçons. Le choc est également un bon déclencheur. C'est lui qui est à l'origine de certaines pluies verglaçantes, quand des gouttes d'eau de pluie surfondue impactent le sol et se solidifient.



Le déclenchement par choc est également un des principes des chauffettes à main. Elles contiennent un liquide surfondu (de l'acétate de sodium) qui se met à cristalliser en cas de choc. La réaction de cristallisation est exothermique, ce qui réchauffe nos mains !

Enfin autre perturbation utilisable : la détente d'un gaz dissous dans le liquide. En d'autres termes : prenez une bière, mettez-la au congélateur quelques heures (attention, sans vibrations !) et ouvrez-la délicatement. A l'ouverture, le CO<sub>2</sub> dissous dans la bière se met à dégazer et cela déclenche la solidification de votre bière en surfusion. Supercool en soirée !



Pour les furieux : le petit creux qui fait que l'état liquide est métastable signifie qu'il y a une barrière énergétique à passer pour rejoindre l'état solide. Cette barrière est due au fait que la nucléation d'une phase solide dans la phase liquide est coûteuse en terme d'énergie de surface de l'interface solide-liquide. Mais dès qu'un noyau assez grand a pu se former, ce coût de surface devient faible devant le gain en volume dû à l'énergie de



*fusion : la réaction en chaîne démarre. Mais le phénomène est encore mal compris et il y a de récentes recherches sympathiques sur le sujet.*

Science Étonnante



© mohd althani/Flickr

Le gramme est originellement défini en 1795 comme la masse d'un centimètre cube d'eau pure à 4 °C.

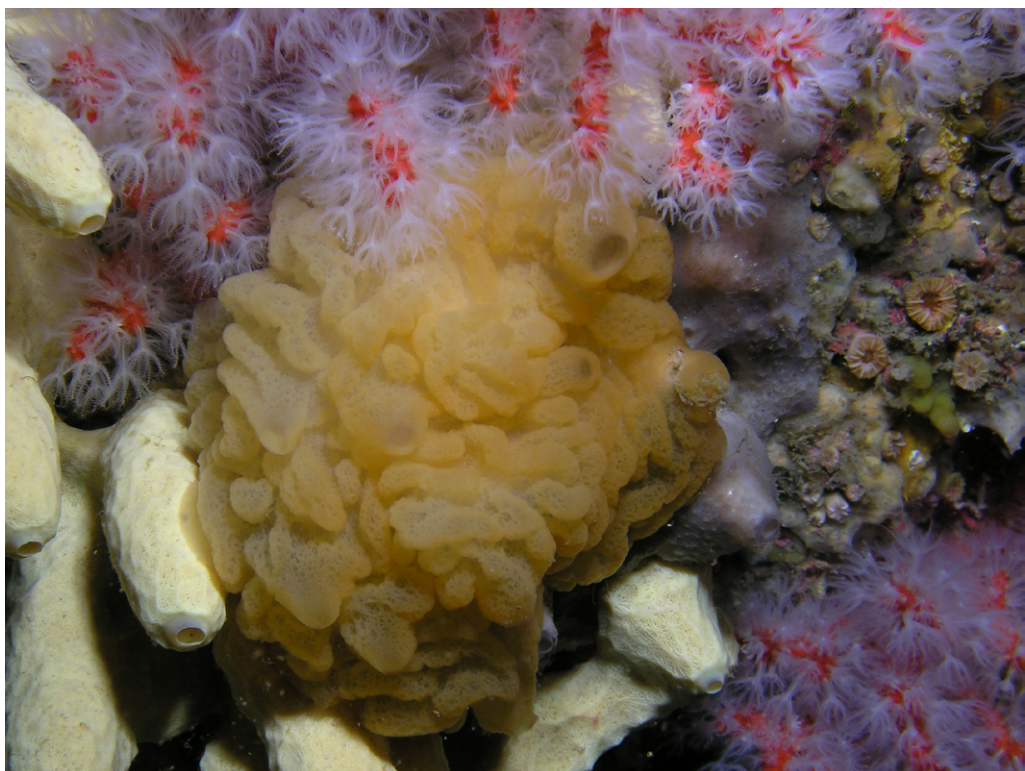


Thierry Pérez est Directeur de recherche CNRS à l'IMBE (Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie) dans l'équipe Diversité et Fonctionnement des molécules aux écosystèmes.

### Parlez-nous de votre environnement professionnel.

Notre objectif général est d'étudier les effets des changements globaux sur la biodiversité méditerranéenne à différents niveaux d'intégration biologique: molécules, organismes, populations et écosystèmes. De manière plus précise, il s'agit de comprendre et éventuellement d'anticiper les réponses biologiques aux stress liés aux changements climatiques ou à l'**anthropisation** des milieux naturels: événements climatiques extrêmes, invasions biologiques et fragmentation des habitats. Notre approche est interdisciplinaire et appliquée à la biodiversité marine et continentale du bassin méditerranéen.

Je travaille plus particulièrement sur la biodiversité marine en Méditerranée, mais aussi en zone tropicale, avec un focus sur les communautés **benthiques** de substrats durs ombragés ou parfois très obscurs (grottes sous-marines). Ces dernières années, j'ai développé des approches d'**écologie chimique** de manière à mieux comprendre les mécanismes à l'origine de la biodiversité et de la chimiodiversité (métabolites secondaires) marine. En collaboration avec des collègues chimistes des produits naturels, je mets actuellement en place un plateau de **métabolomique** dédié à l'écologie et j'entends promouvoir l'emploi de cette approche novatrice en **taxonomie intégrative** (appliquée aux éponges, mes modèles depuis le début de ma carrière) et pour étudier les rôles des métabolites secondaires dans la structuration et le fonctionnement de la biodiversité. Avec la métabolomique environnementale, à savoir l'utilisation de la diversité chimique (ou métabolome) d'un organisme, on peut aussi identifier des



**biomarqueurs** d'effet des changements environnementaux.

Quel cursus universitaire (autre) avez-vous suivi ?

J'ai effectué toutes mes études à Marseille. J'ai réalisé une licence de biologie des organismes et populations à la faculté des sciences de St Jérôme, une formation qui était à l'époque fortement « iodée ». Dès mon premier jour de licence, j'ai donc orienté mes études vers le marin, au départ en choisissant les options proposées par des biologistes marins. J'ai ensuite opéré une grande migration (pour un marseillais des quartiers nord) vers Luminy pour m'inscrire en maîtrise, puis en DEA [NDLR: équivalent du Master 2 actuel] d'océanographie. Cela a été le pied pendant ces deux années d'apprentissage théorique et

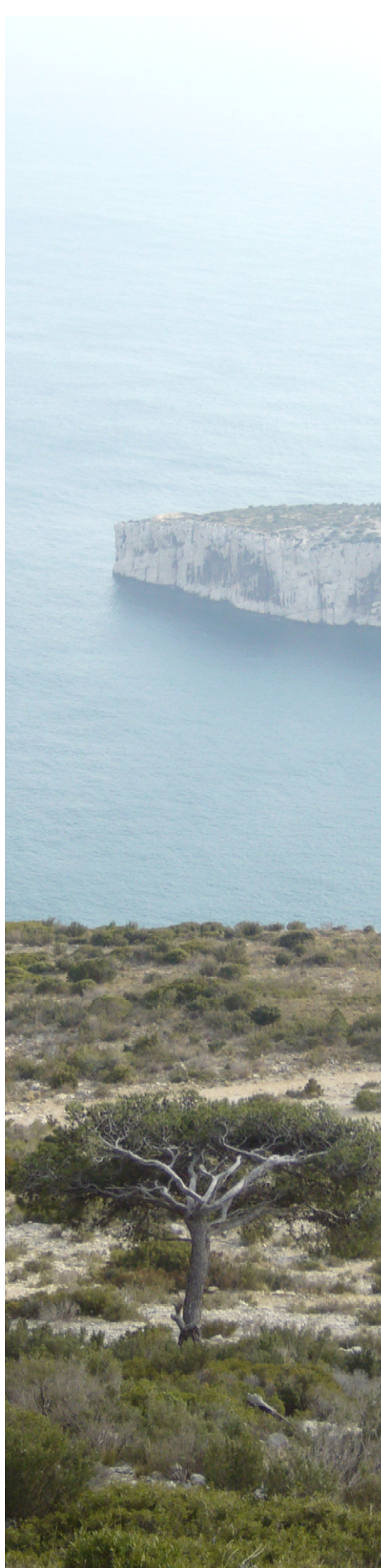
### Lexique

- **Anthropisation**: transformation d'espaces sous l'action de l'Homme.
- **Benthique**: relatif au fond des mers.
- **Biomarqueur**: caractéristique biologique (comme la quantité de lichen sur un arbre ou le nombre de poissons dans un lac) permettant de détecter la présence de polluants dans l'environnement.
- **Ecologie chimique**: étude des interactions entre animaux et/ou végétaux faisant intervenir des composés chimiques.
- **Métabolomique**: étude des métabolites (sucres, acides aminés, acides gras, etc.) d'une cellule.
- **Taxonomie intégrative**: étude de la diversité des organismes à différentes échelles imbriquées (locale, régionale, globale).

pratique de tous les fondamentaux de l'océanographie biologique, chimique et même physique. Les cours et les travaux pratiques étaient alternativement à la Luminy et à la Station Marine d'Endoume, ce qui donnait la possibilité de côtoyer de nombreux chercheurs. J'ai pu ainsi réaliser mes premiers stages, participer à mes premières études et rédiger ma première publication à la fin de mon DEA. Trois années se sont écoulées entre la fin de mon DEA et le démarrage de ma thèse, service militaire, recherche de bourse, petits contrats... puis j'ai réalisé ma thèse en trois ans. À l'issue de ma thèse, j'ai fait de l'enseignement à l'Université, j'ai été ATER à temps plein pendant deux années, puis j'ai obtenu une bourse Marie Curie pour un post-doc à l'étranger. Dans le même temps, j'allais à quelques concours pour des postes de maître de conférences, mais c'est le CNRS qui m'a retenu lors de ma première candidature.

### Pourquoi avez-vous choisi de devenir chercheur ?

Au départ, la passion pour la mer et les hommes de mer. Exercer ce métier, vivre de ma passion pour la mer était un rêve que je ne croyais pas possible au début de mes études. Puis, la recherche du plaisir et de son intensité est devenue le fondement de mes activités. Le plaisir d'apprendre, de construire, de réaliser, d'explorer, de transmettre ma passion aux autres. J'ai eu la chance de rencontrer très tôt au cours de mon cursus et d'être façonné par des chercheurs qui ont la même passion et la même philosophie, des chercheurs que je considère encore comme mes maîtres et dont la curiosité scientifique ne se calcifie pas. A la Station Marine d'Endoume où j'ai été formé, ma grande chance a été d'être très rapidement considéré comme un collaborateur à part entière, encouragé à gagner mon autonomie, à défendre mes idées et à bâtir mes propres programmes de recherche. Alors que je n'étais qu'un étudiant, je recevais un soutien sans faille des responsables du laboratoire et de mes encadrants pour construire mon projet de thèse. Cela a pris du




© V.D.

temps, mais cela a été extrêmement formateur. Ensuite, à la fin d'une thèse, il faut beaucoup de chance pour enchaîner et réussir à intégrer le monde de la recherche académique. J'aurais pu prendre plusieurs autres chemins sans trop de difficultés compte tenu de tout le plaisir que j'avais déjà pris, mais par bonheur j'ai été relativement rapidement recruté au CNRS.

### Qu'aimez-vous dans la science ?

La liberté de satisfaire ma curiosité et de pouvoir sans cesse réaliser de nouvelles idées ou de nouveaux projets. J'ai le privilège d'œuvrer dans un domaine, la biologie et l'écologie marine, dans lequel il est encore possible de réaliser de vraies découvertes. J'aime le regain d'intérêt pour les études de la biodiversité marine, les explorations d'environnements mal connus et l'identification d'espèces nouvelles pour la science. C'est ma spécialisation pour un groupe d'organismes que l'on trouve dans toutes les mers du monde, les éponges, qui me conduit à contribuer à des explorations naturalistes visant à mieux connaître la biodiversité marine, identifier de nouvelles espèces et éventuellement de nouvelles ressources biologiques pour les sociétés humaines. J'ai eu la chance de pénétrer dans des environnements, de plonger dans des grottes sous-marines par exemple, que seule une petite poignée d'humains a pu approcher et ainsi de toucher des espèces rares, parfois connues d'une seule localité dans le monde. Récemment, cela a été le cas par exemple dans les lavatubes des Iles Marquises en plongée en scaphandre autonome, ou encore dans les Canyons sous-marins de Méditerranée en sous-marin. J'aime aussi l'idée que ma recherche puisse servir la société. C'est ainsi que j'ai travaillé au début de ma carrière sur les éponges comme bioindicateurs de la qualité du milieu marin en relation avec plusieurs organismes en charge de la « gestion » de l'environnement et qu'aujourd'hui je construis tout mes programmes en collaboration avec des chimistes des produits naturels marins. Ensemble, nous essayons



de décrire également la chimio-diversité marine, en essayant de mieux comprendre comment s'exprime et varie cette composante de la biodiversité et de mettre au point des procédés de valorisation « durable » des ressources biologiques marines.

### Que faites-vous au quotidien ?

Il n'y a pas vraiment de journée type. Je peux passer des journées entières à ne faire que de l'administration de la recherche, écrire des projets, demander des bourses, participer à des réunions, écrire des rapports d'activités etc. ce qui est bien évidemment la partie la moins excitante de mon métier, mais également celle qui peut conduire à une certaine liberté. Je peux également passer des journées entières, plusieurs semaines à la suite parfois, sur le terrain, embarqué sur un bateau pour effectuer deux plongées par jour, une le matin l'autre l'après-midi, avec de longues sessions d'observations et de conditionnements d'échantillons récoltés en plongée et de saisis de données brutes. Lorsque je ne suis pas dans un de ces

cas extrêmes, ma journée peut alors comporter une plongée tôt dans la matinée pour échantillonner ou effectuer des relevés sur le terrain, puis une séance de pré-traitement des données au retour au laboratoire, puis une séance de travail avec l'un de mes étudiants, pour des analyses au laboratoire, des traitements de données ou la rédaction d'un manuscrit et.... beaucoup beaucoup beaucoup de messagerie électronique :-)

### Quels sont vos projets de recherche pour 2014 ?

La fin de l'année 2013 et l'année 2014 vont être riches. Nouveaux projets de recherche et nouveaux étudiants. En décembre 2013, je serai à la Martinique pour une école thématique sur la biodiversité des éponges de la Caraïbe dont je suis l'organisateur. À la suite de cette formation, je réunirai mes collaborateurs d'un nouveau Laboratoire International Associé franco-brésilien nommé MARRIO. Notre objectif pour les quatre années à venir est d'étudier les patrons de biodiversité et de chimiodiversité des éponges depuis

Rio de Janeiro jusqu'au nord de la Caraïbe. Nous réaliserons plusieurs campagnes d'échantillonnages dans les grottes sous-marines et sur les monts sous-marins de cette région et nous organiserons la mobilité de nos doctorants et post-doctorants. D'autres programmes de recherche vont m'amener à mettre en place dans mon laboratoire un plateau de métabolomique dédié à l'écologie chimique. Cet investissement important pour l'IMBE et Pythéas va être réalisé grâce au soutien de la Région PACA et du CNRS (projet MALLABAR) et va nous permettre de faire des progrès très significatifs dans notre discipline. Nous emploierons la métabolomique pour réaliser une taxonomie intégrative (couplage taxonomie traditionnelle, barcoding et profilage métabolomique), qui est aujourd'hui l'approche la plus rigoureuse en Systématique, pour notamment résoudre des complexes d'espèces, soutenir des hypothèses phylogénétiques ou encore répondre à des questions d'écologie évolutive. La taxonomie intégrative est le thème central du LIA MARRIO et sera également le cœur d'une thèse qui démarre actuellement sur le succès évolutif dans les grottes sous-marines d'un groupe

particulier d'éponges. La métabolomique va également permettre de déterminer le rôle des métabolites secondaires produits par les organismes fixés (les éponges notamment) dans la structuration et le fonctionnement des écosystèmes benthiques. On va chercher en particulier à comprendre quels sont les processus allélopathiques au sein des communautés benthiques. Ainsi, après avoir caractérisé et enregistré en base de données les signatures métabolomiques d'un grand nombre d'espèces dans mes précédents programmes, on va essayer de caractériser le signal métabolomique d'une communauté benthique et déterminer si ce « bouquet odorant » peut conditionner une biodiversité associée d'invertébrés mobiles et si un changement de biodiversité (p. ex. extinction locale, introduction biologique) peut affecter la signature métabolomique de la communauté et son fonctionnement global. ■

Institut Pythéas

# Le mascaret du lavabo

Les ressauts hydrauliques sont des sauts brusques de la hauteur d'un écoulement. Ils se forment aussi bien dans les petits écoulements (évier de cuisine) que dans les grands (fleuve côtier). Ces étonnants phénomènes ont même des liens avec la relativité générale !



© Zeimusu/Wikimedia Commons

Ouvrez le robinet de votre évier. Un filet d'eau s'écoule et vient frapper le fond de la cuvette. L'eau s'étale alors radialement, à partir du point d'impact. Au-delà d'une certaine distance au point d'impact, vous observez un phénomène courant, mais curieux : le niveau de l'eau augmente brusquement.

Le bourrelet circulaire marquant la frontière entre les deux régions porte le doux nom de ressaut hydraulique. Les ressauts sont monnaie courante : ils parsèment les cours d'eau rapides comme les torrents de montagne, donnant à leur surface cet aspect bosselé. Il se produit fréquemment un ressaut spectaculaire en bas du déversoir d'un barrage.

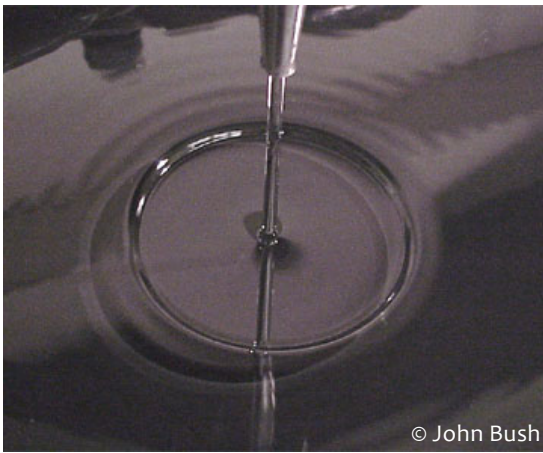


© Hubert Chanson

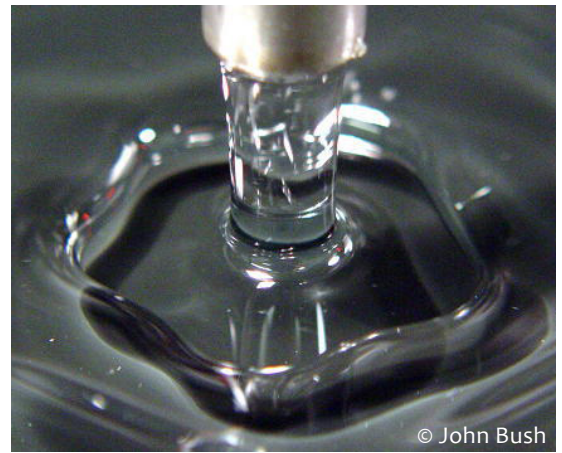
© Hubert CHANSON 1997/2000



Le mascaret, cette vague qui remonte parfois l'estuaire d'un fleuve à marée haute, est un exemple de ressaut hydraulique mobile.

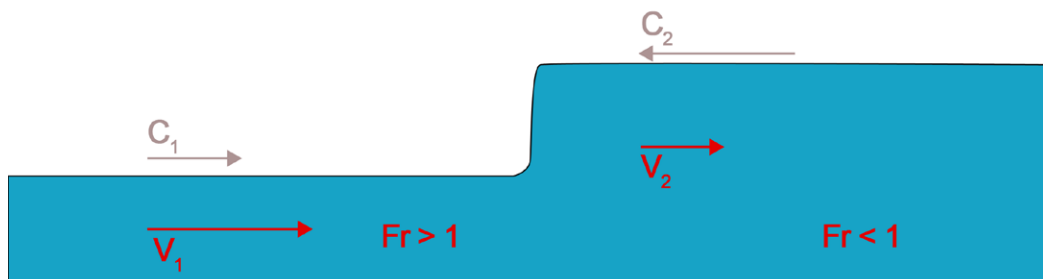


En laboratoire, les chercheurs produisent de magnifiques «ressauts d'évier» à l'aide de fluides plus visqueux que l'eau. Dans certaines conditions, le ressaut prend des formes étonnantes, comme des triangles, des pentagones ou des hexagones, au lieu d'être circulaire.



## Pour aller plus loin: le nombre de Froude

Considérons un ressaut stationnaire dans un écoulement plan.



▲ Vue en coupe d'un écoulement au voisinage d'un ressaut hydraulique. La vitesse  $c_1$  des ondes de surface en amont du ressaut est supérieure à la vitesse  $v_1$  de l'écoulement ( $Fr > 1$ ), la situation inverse se produit en aval du ressaut.

Comme le **débit** reste le même en amont et en aval du ressaut, l'augmentation de hauteur au niveau du ressaut doit s'accompagner d'une diminution de la vitesse de l'écoulement.

En fait, en faisant un calcul plus précis on s'aperçoit qu'en amont du ressaut, la vitesse de l'écoulement est supérieure à la vitesse des **ondes de surface**, tandis qu'en aval du ressaut, la vitesse de l'écoulement est inférieure à celle des ondes de surface.

On appelle nombre de Froude le rapport de la vitesse des ondes de surface sur la vitesse de l'écoulement. Un ressaut hydraulique est donc caractérisé par un saut dans la valeur du nombre de Froude : en amont du ressaut, il est plus petit que 1, tandis qu'en aval il est plus grand que 1. En fait, le nombre de Froude caractérise le ressaut. On peut par exemple exprimer le rapport des hauteurs avant et après le ressaut uniquement en fonction du nombre de Froude en aval.

### Lexique

- **Débit**: quantité d'eau s'écoulant par unité de temps.
- **Ondes de surface**: ondes se propageant à la surface d'un écoulement peu profond, ce sont les ondes que l'on provoque lorsque l'on jette un caillou dans un plan d'eau.

Dans l'eau, le son voyage à la vitesse de 1 497 m/s (à 25°C).



## De la relativité générale dans mon évier !

Un trou blanc est un objet prédit par la relativité générale (mais dont l'existence dans notre univers est improbable). C'est une sorte d'anti-trou noir.

En effet, alors que toute onde lumineuse émise trop près d'un trou noir reste piégée par ce dernier (même si elle fuit le trou noir !), toute onde lumineuse émise trop près d'un trou blanc est expulsée par ce dernier (même si elle va vers le trou blanc !).

Vous vous demandez probablement quel est le rapport avec les ressauts hydrauliques... Hé bien, les ressauts d'évier sont des équivalents hydrodynamiques de trous blancs ! En effet, toute onde de surface émise trop près du point d'impact du jet (qui joue le

rôle du centre du trou blanc) se trouve irrémédiablement expulsée au-delà du ressaut par l'écoulement [voir l'encart Pour aller plus loin]. Ainsi les ondes de surface dans ce type de ressaut sont l'analogie des ondes lumineuses au voisinage d'un trou blanc.

Mais l'analogie de s'arrête pas là ! Des calculs montrent que les équations décrivant le comportement des ondes de surface sont les mêmes que celles qui décrivent le comportement des ondes lumineuses au voisinage du trou blanc... Certains chercheurs suggèrent d'utiliser cette étrange analogie pour créer des trous blancs de laboratoire à l'aide de ressauts hydrauliques !

La physique des fluides n'a décidément pas fini de nous surprendre... ■

N.M.

### SOURCES :

- Wikipédia : ressauts hydrauliques (on trouvera en particulier plein de détails sur la relation entre les ressauts et le nombre de Froude)
- La page de John Bush, qui regroupe plein de photos de ressauts d'évier aux formes bizarres
- Ce que Disent les Fluides, éd. Pour la Science
- Jannes, G., Piquet, R., Maissa, P., Mathis, C., Rousseaux, G., 2011. Experimental demonstration of the supersonic-subsonic bifurcation in the circular jump: A hydrodynamic white hole. Phys Rev E Stat Nonlin Soft Matter Phys. 83(5 Pt 2):056312.



© Lorrie Delattre

## Y O E N I G M E S O Y

Pour terminer, quelques énigmes sur les ressauts hydrauliques !

1 Un ressaut hydraulique est une discontinuité dans le profil de hauteur d'un écoulement. Si la discontinuité était parfaite, le ressaut aurait la forme d'une marche d'escalier. Mais en réalité, vous remarquez sur les différentes photos que les ressauts sont plutôt arrondis (comme si les bords de la marche d'escalier étaient érodés). Quel est le phénomène physique responsable de cet arrondissement ? Si on remplaçait l'eau par un autre fluide, pourrait-on observer des ressauts hydrauliques en marche d'escalier parfaite ?

2 En vous inspirant de l'équivalent hydrodynamique de trou blanc, pouvez-vous imaginer un équivalent hydrodynamique de trou noir ?

Vous pensez connaître la ou les réponse(s) à ces questions ? Faites-nous en part par e-mail : [cephalusmag@gmail.com](mailto:cephalusmag@gmail.com)  
Les réponses seront dévoilées dans le prochain numéro de Cephalus. Stay tuned !

## S E M I N E



© Lorrie Delattre

Les marées sont dues aux effets combinés de l'attraction gravitationnelle de la Lune et du Soleil.

# LES DENTS (DE L'ANUS DU CONCOMBRE) DE LA MER

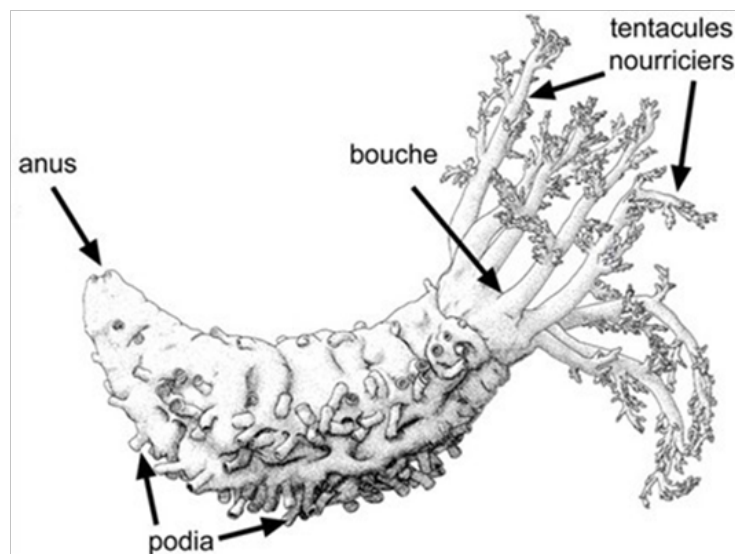
Difficile de faire plus mollasson qu'un concombre de mer, cet animal qui ressemble grosso-merdo à un étron et qui broute les fonds marins. Pour le rendre Funky, il va falloir s'accrocher. On peut par exemple utiliser des techniques de montage des séries américaines :



Mais je ne suis pas certain que le résultat soit convaincant cependant...

Il faut dire qu'avec leur profil de bout de tuyau, on va pas trop rameuter les foutes. Niveau anatomique c'est pas folichon non plus. Et pour cause ! On peut distinguer à vue d'œil 3 parties anatomiques externes chez le concombre de mer : la bouche (entourée de tentacules), un long corps recouvert de petits pieds (les podia) et enfin un deuxième trou pour évacuer ce qui n'a pas été digéré... Ouais bon, un tuyau quoi !

© Roban Kramer/Flickr



Premier fait troublant concernant les Holothuries (le nom donné aux concombres de mer histoire qu'ils gardent un semblant de dignité), c'est que nous, humains, sommes plus proches d'eux en termes de parenté que des insectes ou des poulpes ! Comme je vous l'expliquais déjà dans mon article sur l'arbre du vivant, concombres de mer et humains appartiennent à un grand groupe parmi les animaux, le groupe des deutérostomiens.

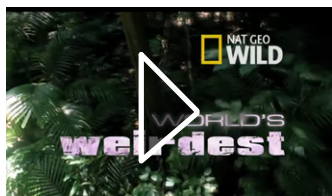


Les noyaux des comètes seraient constitués pour moitié de glace et pour moitié de roches interstellaires ('boule de neige sale').

Un de nos points communs, c'est le fait que l'on possède un squelette interne. Les concombres de mer forment un groupe particulier avec leurs cousins les oursins et leurs cousines les étoiles de mer. Ce groupe, c'est celui des échinodermes, caractérisés notamment par des plaques calcaires (une sorte de squelette) disséminées dans leur peau.

Se comparer avec une étoile de mer et un oursin, c'est déjà pas joyeux joyeux, mais il faut avouer que même au sein de son propre groupe, le concombre de mer a juste l'air d'avoir engrangé les tares... Le cousin débile quoi...

Mais vous vous imaginez bien que si je vous en parle finalement, c'est que le concombre de mer cache bien son jeu et nous prépare des surprises ultra funky. On commence par quelques capacités étranges dont ils sont capables:



**Traduction:**

*Ces animaux peuvent sembler ennuyeux, mais les concombres de mers sont pleins de surprises. Ce concombre de mer duveteux met plusieurs heures à s'enterrer dans le sable. Une fois son corps enfoui, il est temps de se nourrir. Il déploie ses tentacules plumeux et toute particule microscopique qu'il trouve est ramenée à sa bouche. Une forêt miniature de concombres filtre l'eau de tout débris organique. Mais au premier signe de danger, la forêt disparaît et se nourrit à un autre moment.*

*Il ne connaît pas la peur, probablement parce qu'il n'a pas de cerveau. À la place,*

*un anneau nerveux autour de sa bouche lui dicte quand bouger, quand se battre et quand se nourrir.*

*Au royaume animal, il n'y a pas de salles d'urgence, de pansements, ou des bisous de maman : il faut avoir des tripes pour se battre. Mais pour le concombre de mer, ce n'est pas une métaphore!*

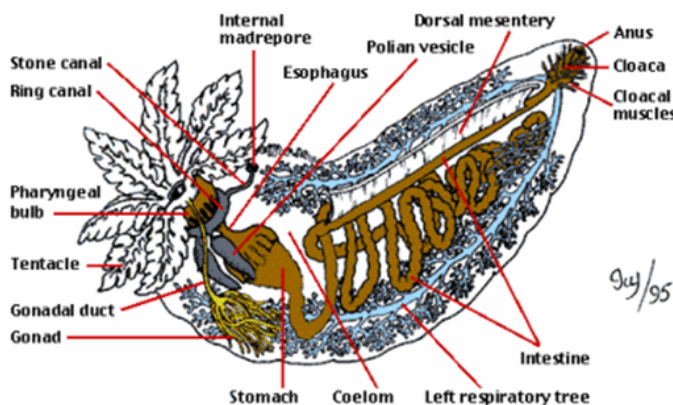
*Un poisson tente de grignoter son arrière-train. Mauvais choix! Le concombre expulse ses intestins. Cela donne des filaments collants et toxiques. Si le poisson se fait attraper il peut mourir. Le poisson ne veut pas faire partie du combat et se résout à ne pas grignoter cet animal aux défenses surprenantes.*



© Jerry Kirkhart/Flickr

Autant avant de savoir tous ces détails, une série sur les concombres de mer semblait assez absurde, autant maintenant j'imagine trop le concept: Holothurie Man! Mordu par un concombre de mer radioactif, il est maintenant doté de pouvoirs incroyables et combat les criminels en propulsant ses intestins avec son anus! (bizarrement, je n'ai pas trouvé d'illustrations pour ce concept... Je vais le proposer à Strip Science, sait-on jamais...)

Oui parce que si vous n'aviez pas bien compris les images de cette petite vidéo, le système de défense des holothuries, c'est de l'éviscération pure et simple! Pour mieux comprendre le phénomène, un peu d'anatomie interne s'impose:



Comme vous pouvez le constater, la cavité interne d'un concombre de mer abrite en fait pas mal d'organes, qu'on peut ranger sous le terme générique de viscère: des gonades, des arbres respiratoires, un système vasculaire et bien sûr des intestins. Toutes les espèces d'holothuries n'éviscèrent pas de la même manière. Certaines éviscèrent leurs intestins,

d'autres leurs systèmes respiratoires, certaines le font par la bouche, d'autre par l'anus. Heureusement pour elles, les holothuries peuvent très rapidement régénérer les organes qu'elles balancent à la face de leurs prédateurs, ce qui constitue un mode de défense particulièrement efficace:



Connaissant cette capacité des concombres de mer, je suis particulièrement intrigué en découvrant l'image suivante:



Que voyons-nous là? Et bien un poisson, dans le fion d'un concombre de mer... De base, trouver un animal dans l'anus d'un autre animal, c'est pas bien courant. Mais quand l'anus

dudit animal est capable d'expulser des viscères toxiques, ça rajoute encore à l'incongruité du tableau. Mais d'abord, présentons les protagonistes : côté anus, nous avons une Holothurie tropicale au doux nom de *Bohadschia argus*, une espèce atteignant les 60 cm et qui éviscère comme une pro :



Côté poisson, nous avons *Carapus boraborensis* :



Il s'agit d'un poisson appartenant à la famille des Carapidés et qui peut résister aux toxines produites par les holothuries et choisit donc de se loger dans leur cloaque... Voyons donc ça en vidéo :



Donc voilà, comme dit le monsieur, nos holothuries, respirant par l'anus, filtrent continuellement l'eau par cet orifice et arrivent bien souvent à se choper de vilains parasites comme des protozoaires, des mollusques, des vers marins, des crabes... et nos fameux poissons qui, quand ils sont petits, pénètrent

l'anus des holothuries la tête la première et quand ils sont trop grands, en marche arrière, queue la première...

La vidéo précédente a été tournée en aquarium, car c'est tout de même un phénomène assez difficile à capturer. Mais à leurs habitudes, des cameramen de la BBC ont réussi à filmer cette sodomie de l'extrême en milieu naturel :



**Traduction :**

Une des séquences les plus bizarres dans l'épisode 2 est celle du carapidé. C'est un long poisson qui ressemble à une anguille qui nage dans la lagune sableuse et il



semble très vulnérable. Ils se nourrissent de plancton essentiellement la nuit, mais le jour, ils doivent se cacher. Et le seul endroit qu'ils peuvent trouver sur ses larges étendues de sables, c'est un concombre de mer. Le concombre de mer ressemble à une miche de pain qui déambule sur le sable et tire ses nutriments du sable. C'est un peu un aspirateur biologique. Mais parce que les concombres de mer ont tout le temps la tête dans le sable, c'est un peu dur de respirer. Et donc en fait, ils respirent par le cul. Et c'est la partie que vise le carapidé. Il nage à l'intérieur de l'anus du concombre de mer et vit à l'intérieur de son cloaque pendant la journée. Cet étrange comportement a été déjà documenté et filmé en aquarium, mais c'est la première fois que cela a été observé dans la nature sauvage. J'ai donc nagé pendant des heures,

à suivre des carapidés en espérant qu'ils trouvent un hôte. Quand un carapidé trouve un concombre de mer, il devient super excité et nage très rapidement, mais j'attrape le concombre de mer et les carapidés doivent les renifler pour savoir par quel orifice rentrer avant d'être tranquille dans la journée.

La première vidéo en français laissait supposer que les carapidés sont nécessairement des parasites qui, une fois à l'intérieur des holothuries, leur brotent les organes... C'est le cas par exemple pour cette espèce, *Encheliophis homei* : un poisson qui non seulement viole l'intimité du concombre de mer, mais va également dévorer continuellement ses organes (dont les gonades) qui, en régénérant, offrent un buffet perpétuellement réapprovisionné.



D'autres carapidés cependant ne cherchent qu'à s'abriter et vont manger par leurs propres moyens. On dit qu'ils sont commensaux... une sorte d'invité squatteur quoi!



**Traduction:**

OK. Nage droit devant toi. Un moment ou un autre, tu vas trouver une maison. Mince il commence à faire froid ici bas! Ouais, super froid! J'ai pas eu d'endroit où dormir, un endroit chaud pour reposer mes branchies depuis 3 semaines! Oh Attends, c'est quoi ça? Qu'est ce que c'est là bas? Oh. Mon. Dieu! Ceci



est incroyable! C'est encore mieux ce que j'ai jamais pu imaginer!

Oh je vais appeler ma mère, elle sera si contente, si fière que j'aie trouvé ma propre maison.

- Eh oh attend, qui t'es toi?

- Oh, on dirait que c'est fermé...

- Casse toi de là!

- OK, si l'entrée est fermée, peut être que la porte de derrière est ouverte? C'est bon, je cherche juste une entrée...

- Vas-y, circule, va nager ailleurs.

- Ouais, ouais, c'est ouvert!

- Eh, quelqu'un à reniflé

mon cul!

- Bon, ben j'ai toujours dit qu'il fallait continuer à chercher...

- Oh wow, wow, putain non! Merde! Non!

- Oh mon dieu, regardez moi un peu cet intérieur!

Il y a de jolis murs, un beau tapis, c'est si chaleureux, il faut que j'en parle! J'appelle mon ami!

- Eh mec, quoi de neuf? Qu'est ce que tu fous là?

- Mec, c'est juste de la bombe ici! J'ai de la disco ici, tout ce que tu veux, allez viens!

- Oh là non! Il n'y a pas de la place pour 2 poissons dans mon cul!

Enfin, d'autres carapidés utilisent l'abri du rectum des concombres de mer comme... chambre nuptiale! Quoi de plus sexy que l'intérieur d'un échinoderme pour s'ennager passionnément! Ceci implique, de fait, que l'holothurie va abriter deux poissons à travers son anus. Preuve en images (et voix débiles):



Contrairement à ce que laisse supposer la vidéo du dessus, ce ne sont pas deux potes, mais bien un couple de poissons qui s'est introduit dans l'holothurie. Une fois qu'ils auront fini de se frotter les écailles, ils laisseront leurs œufs fécondés à l'abri dans le cloaque du concombre de mer. Les œufs sont ainsi incubés juste avant d'éclore!

Les charmantes que-nottes ci-dessus à gauche cernent l'orifice d'*Actinopyga miliaris* dont le portrait est ci-dessus à droite.

Et voici un dernier sourire anal d'une autre espèce d'*Actinopyga*, pour le plaisir des yeux:

S'agissait-il du pouvoir caché d'Holothurieman? 🐙

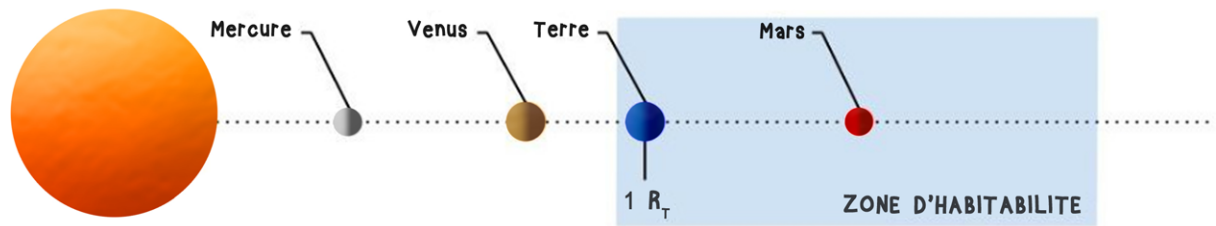
SSAFT



SOURCES :

- Garcia-Ararras, J. E. & Greenberg, M. J. Visceral regeneration in holothurians. *Microsc Res Tech* 55, 438-451
- Moss M.L. Murchison E. Calcified Anal Teeth And Pharyngeal Ring In The Holothurian, *Actinopyga Mauritania*. *Acta Anatomica* 1966;64:446-461
- Parmentier E, Vandewalle P: Further insight on carapid—holothuroid relationships. *Marine Biology* 2005, 146(3):455-465.
- Parmentier E, Das K: Commensal vs. parasitic relationship between Carapini fish and their hosts: some further insight through  $\delta^{13}C$  and  $\delta^{15}N$  measurements. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 2004, 310(1):47-58.
- Trott LB: A General Review of the Pearlfishes (Pisces, Carapidae). *Bulletin of Marine Science* 1981, 31(3):623-629.

# UNE EAU EXTRA... TERRESTRE !



## La Terre : des conditions exceptionnelles.

**N**otre belle planète bleue est couverte à 70 % d'eau. C'est une exception notable dans le système solaire puisqu'elle est la seule planète à disposer d'eau liquide en surface. Plusieurs facteurs entrent ici en jeu.

La Terre appartient en effet à ce que les astronomes appellent la « zone d'habitabilité » de notre étoile, le Soleil. Il s'agit d'une région de l'espace autour du Soleil dans laquelle la température est assez élevée pour que toute l'eau ne soit pas gelée et assez basse pour que l'eau reste liquide sans s'évaporer. Cette zone de température idéale s'étend dans un rayon de 142 à 300 millions de kilomètres autour du Soleil, étoile qui fournit la chaleur. Avec une orbite de 150 millions de km en moyenne, la Terre est à la limite chaude de cette zone pour avoir la bonne température. Vénus est trop près du Soleil et présente un effet de serre redoutable qui élève encore plus sa température, rendant la présence d'eau liquide impossible. La Terre bénéficie aussi d'un effet de serre qui lui permet de retenir cette chaleur reçue du Soleil : c'est pourquoi la température ne descend pas trop la nuit et cette stabilité est favorable à la vie.

Mars aurait pu avoir des températures suffisantes pour obtenir de l'eau liquide puisqu'elle est bien placée dans la zone d'habitabilité. Mais elle est incapable de retenir la chaleur qu'elle reçoit du Soleil. En effet, pour cela, il faut avoir un effet de serre et donc une atmosphère, car ce sont les éléments chimiques présents dans cette atmosphère qui retiennent la chaleur. Or Mars n'était pas assez

massive pour retenir son atmosphère et il n'en reste aujourd'hui qu'une faible trace. La Terre, au contraire, peut retenir son atmosphère et l'eau qui s'y trouve, car, sa masse étant plus élevée, sa gravité compense la tendance de l'atmosphère à s'échapper dans l'espace.

La Terre peut donc retenir de l'eau liquide à sa surface. Mais d'où vient toute cette eau ?

## Une eau venue du ciel.

D'après les scénarios récents de formation du système solaire, développés par des astronomes, le Soleil s'est formé à partir de la contraction d'un immense nuage de gaz et de poussières. Une fois sa taille atteinte se trouvaient autour de lui tout le gaz restant et les poussières sous la forme d'un disque. De ce disque sont nées les planètes, il y a environ 4,5 milliards d'années. Les planètes géantes, d'abord, ont utilisé le gaz du disque : elles sont aujourd'hui gazeuses, au nombre de quatre (Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune). Il ne restait alors plus que les poussières qui, par chocs successifs, se sont agglomérées pour former les planètes rocheuses au cœur du système solaire : Mercure, Vénus, la Terre et Mars. On parle d'accrétion. Les débris qui n'ont pas réussi à fusionner pour donner une planète forment aujourd'hui les ceintures d'astéroïdes du système solaire, situées entre Mars et Jupiter et au-delà de Neptune.

Plusieurs hypothèses courent aujourd'hui sur l'origine de l'eau sur Terre :

- À la fin de l'accrétion, des perturbations auraient délogé un grand nombre d'astéroïdes des ceintures et ceux-ci seraient entrés en colli-

sion avec la toute jeune Terre. C'est ce que l'on appelle le Grand Bombardement qui aurait duré de -4,1 à -3,9 milliards d'années. Ces pluies intenses étaient composées essentiellement d'un type particulier de météorites appelées chondrites, qui contiennent de l'eau.

- Les météorites pourraient aussi avoir été des comètes en provenance du Grand Nuage de Oort qui entoure le système solaire. Des comètes passent encore parfois à proximité de la Terre. À l'époque, il y en avait beaucoup plus et elles entraient régulièrement en collision avec la Terre. Or, venant de très loin du Soleil, elles sont essentiellement composées de glace et auront pu ainsi apporter beaucoup d'eau.
- Enfin, l'accrétion a pu enfermer du gaz, issu du nuage dans lequel le Soleil s'est formé, au cœur de notre planète. Mais la Terre est une planète active, avec un volcanisme avéré. Lorsqu'elle était en cours de refroidissement, ce volcanisme était très important. Or il permet de faire remonter des roches et du gaz depuis le centre de la Terre. Ce dégazage intensif aurait pu fournir l'oxygène et l'hydrogène nécessaires à la fabrication d'eau.

Ainsi, d'une manière ou d'une autre, toute l'eau présente aujourd'hui sur Terre est issue de l'espace, que ce soit via les météorites, les comètes ou le nuage interstellaire qui a donné naissance au Soleil.

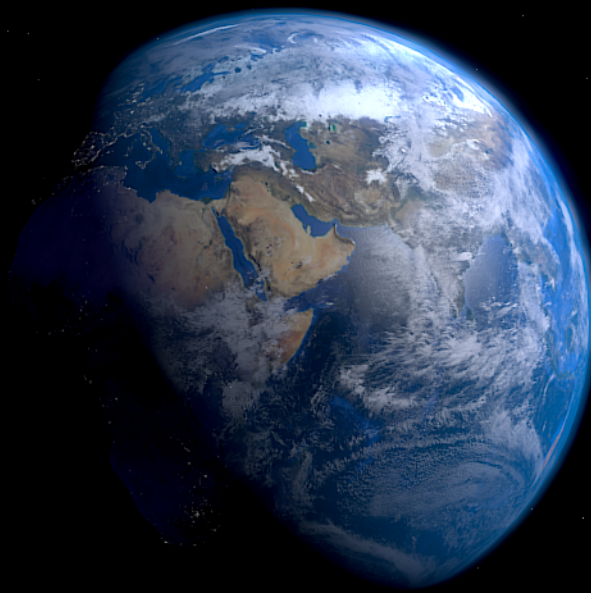
Aucune de ces hypothèses n'a été écartée pour le moment par les scientifiques, car nos connaissances sont limitées et ne permettent pas de faire un choix. Sans doute la réalité est-elle un subtil mélange de ces trois possibilités. ■

S.F.

Sur Terre, seulement 3% de l'eau liquide est de l'eau douce.

## LE SAVIEZ-VOUS ?

À partir du moment où la Terre a été formée, les quantités d'eau liquide et de glace ont beaucoup varié selon les époques et les climats, mais la quantité totale d'eau présente sur Terre sous toutes ses formes reste constante. La faible quantité d'eau perdue dans l'espace chaque jour est compensée par l'arrivée de micrométéorites (plus petites, mais semblables à celles du Grand Bombardement) qui tombent aussi chaque jour sur Terre, apportant leur lot d'eau.



## L'effet de serre

Lorsque la Terre reçoit le rayonnement émis par le Soleil, une partie de ce rayonnement est réfléchi vers l'espace par l'atmosphère. Le reste chauffe un peu l'atmosphère, mais la majorité du rayonnement atteint la surface terrestre. À son tour, cette surface réfléchit une partie du rayonnement reçu tandis que

le reste est absorbé et permet de chauffer la surface. Mais la surface chauffée émet alors du rayonnement vers l'espace et celui-ci est en partie retenu par l'atmosphère (les gaz à effet de serre) et renvoyé vers la surface. Cela contribue à chauffer encore plus la surface et l'atmosphère : c'est ce que l'on appelle « l'effet de serre ».

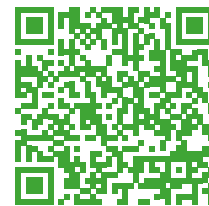
# QUIZ Les secrets des bons ricochets : ce qu'en dit la Science

- 1 **Quel est le record du monde de ricochet ?**
  - 27 rebonds
  - 42 rebonds
  - 51 rebonds
  - 66 rebonds
  
- 2 **Lorsqu'un galet ricoche, quel est l'endroit où tout se joue ?**
  - à l'interface entre l'air et l'eau
  - à l'interface entre l'air et l'œil de ma petite sœur
  - à la fenêtre de cette étudiante exhibitionniste
  - qu'est-ce que c'est que ce quiz? (plusieurs réponses possibles)
  
- 3 **Lors d'un ricochet, au contact entre l'eau et le galet, comment s'appelle la force dirigée vers le haut qui maintient le galet hors de l'eau ?**
  - la portance
  - la lévitation
  - la poussée d'Archimède
  - l'amour
  
- 4 **Quelle est la forme optimale d'un galet à ricochet ?**
  - légèrement incurvée
  - plate
  - cubique
  - pourquoi prendre un galet, c'est beaucoup plus efficace avec un chaton !
  
- 5 **Qu'est-ce que la force de traînée ?**
  - l'incroyable talent de Miley
  - une force de frottement opposée à la direction du mouvement
  - une force verticale dirigée vers le haut qui s'exerce à l'interface galet-eau
  - je le sais mais je ne vous le dirai pas
  
- 6 **Pour un ricochet, quel est l'angle optimal formé entre l'axe principal du galet et la surface de l'eau ?**
  - 0°
  - 45°
  - 90°
  - thermostat 6 pendant environ 20 minutes
  
- 7 **Lors d'un ricochet, un galet coule lorsque :**
  - il le décide et pas avant
  - la portance devient inférieure à son poids
  - la force de traînée atteint le double de la portance
  - la somme de la portance et de la traînée dépasse son poids

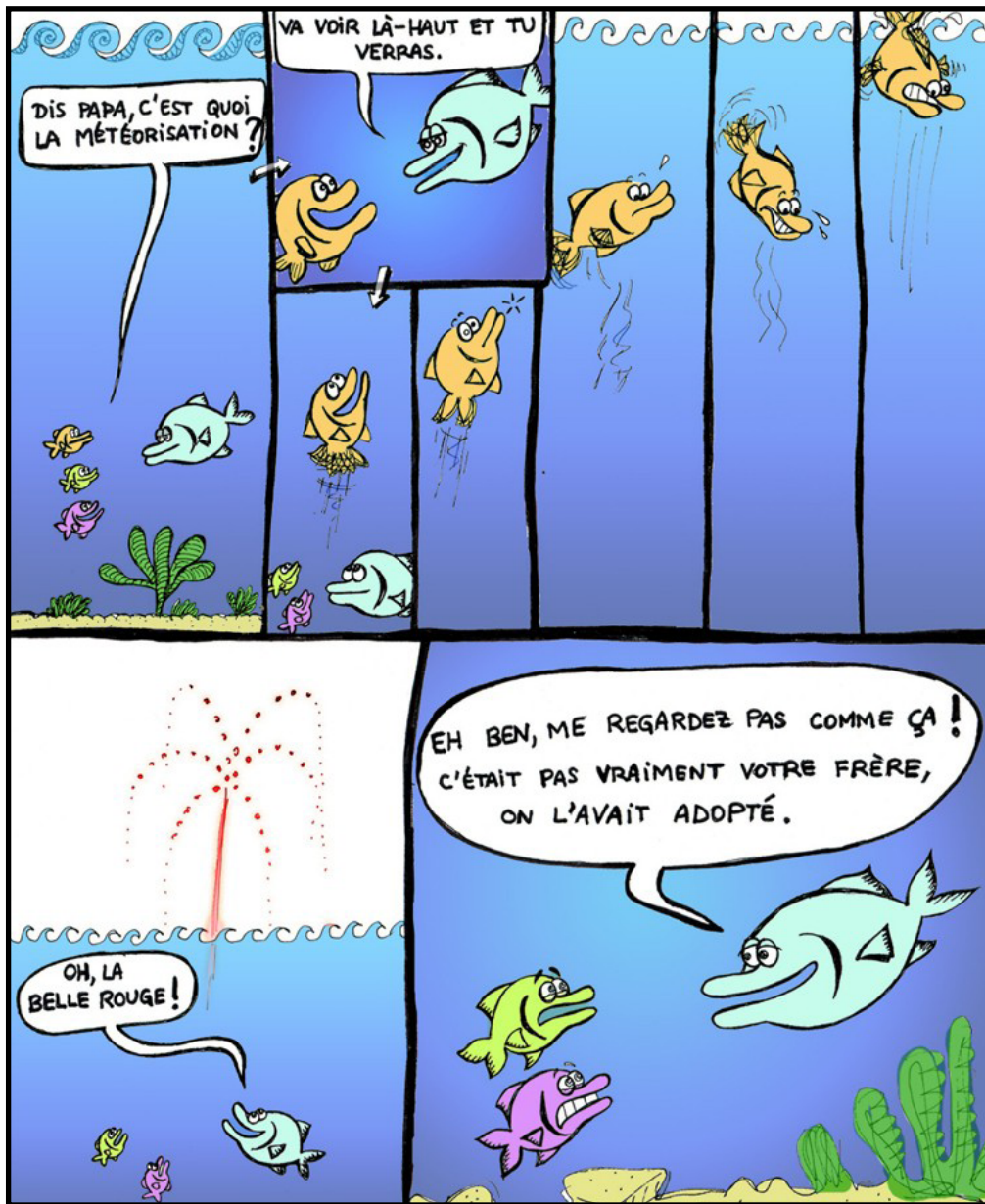
- 8 **Que se passe-t-il si Grichka lance son galet deux fois plus fort qu'Igor ?**
  - il se fera une tendinite et aura l'air malin en expliquant à son patron qu'il est en arrêt maladie à cause d'un ricochet
  - le galet de Grichka fera quatre fois plus de rebonds sur l'eau que celui d'Igor
  - les deux galets feront autant de rebonds.
  
- 9 **Pour un ricochet optimal, faut-il faire tourner le galet sur lui-même en le lançant ?**
  - pour sûr
  - jamais, vous êtes fou !

## SOLUTIONS :

DÉCOUVREZ LES RÉPONSES À CES QUESTIONS EN VIDÉO !







Qu'est-il donc arrivé à ce pauvre poisson-cobaye (que nous appellerons Bob) ?

**A**u départ, Bob est en profondeur. Les poissons qui possèdent une vessie gazeuse utilisent celle-ci pour flotter à la hauteur voulue dans la colonne d'eau en ajustant la quantité de gaz qu'elle contient.

Sur cette vessie gazeuse s'exercent deux forces : la gravité et la pression hydrostatique. Cette dernière dépend de la profondeur. Quand Bob monte dans la colonne d'eau, la pression qui s'exerce sur sa vessie diminue : la vessie gonfle, car ses parois sont molles. Normalement, les poissons arrivent à réguler la taille de leur vessie. Mais des accidents peuvent se produire quand ils remontent trop vite et le processus peut s'emballer. Au final, le volume de la vessie devient supérieur à l'espace disponible dans

le corps du poisson. Un bien triste sort est réservé aux poissons victimes de météorisation : leur vessie finit par exploser ou par leur ressortir par la bouche. Un phénomène assez spectaculaire. ■

V.D.

SOURCE :

• Knut Schmidt-Nielsen, *Physiologie animale : adaptation et milieux de vie*. éd. Dunot, 1998

## Un petit verre de brouillard ?

**L**e Scarabée du Désert *Stenocara* (ordre des coléoptères) a plus d'un tour dans son sac pour se désaltérer. Cette charmante bête vit en plein désert de Namibie, sur la côte sud-ouest de l'Afrique : une région très sèche (peu de précipitations), avec de hautes températures, de forts vents, mais aussi un brouillard matinal qui provient de l'océan Atlantique (pouvant atteindre 100 km d'étendue à l'intérieur des terres et ce entre 60 et 200 jours par an). Or c'est la seule ressource en eau disponible dans cette région aride.



© Bathyporeia/Flickr

Oui, mais comment collecter efficacement ces minuscules gouttes d'eau en suspension dans l'air ?

L'insecte, mais aussi certaines herbes de dunes (*Stipagrostis sabulicola*), ont réussi l'exploit de tirer bénéfice du brouillard pour satisfaire leurs besoins en eau. Quel est donc ce secret, qui atteste d'une parfaite adaptation à un environnement pour le moins extrême ?

### L'adaptation du scarabée *Stenocara*

Son secret vient à la fois de ses caractéristiques physiques et de son comportement en cas de brouillard.

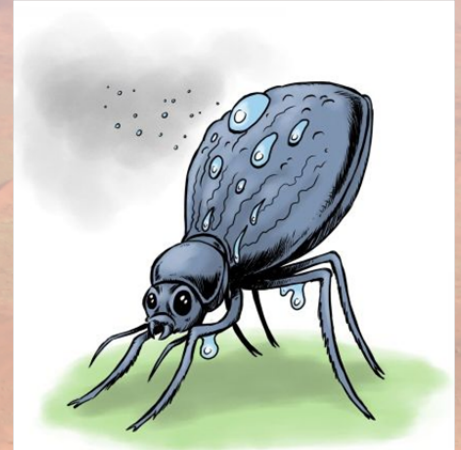
Ses élytres sont constitués d'une série de micro-rainures (distances de 0,5 à 1,5 mm) et de micro-bosses (diamètre compris entre 100 et

500 µm). Ce relief particulier induit des propriétés physico-chimiques différentes, qui combinées, permettent de piéger les minuscules gouttelettes d'eau en suspension dans l'air (tel que le brouillard du petit matin). D'un point de vue comportemental, l'animal grimpe au sommet d'une dune de sable (le brouillard y est plus dense) et se met en position adéquate : l'arrière-train en l'air et en « plein vent ». Les paramètres qui déclenchent ce comportement sont la température et la présence de brouillard.

Lorsque les gouttes de brouillard (1 à 40 µm de diamètre), sous l'effet du vent, percutent le sommet d'une bosse sur le dos du scarabée, elles s'accrochent à sa surface hydrophile (nature chimique telle qu'il y a une bonne affinité : donc l'association eau-surface est favorable).

Au fur et à mesure que les gouttes adhèrent, elles coalescent (fusionnent) et forment ainsi une plus grosse goutte qui finit par être très lourde. Le poids l'emporte sur les forces d'attraction qui la retenaient à la bosse. Bref, elle se détache et tombe dans le sillon voisin de surface hydrofuge (couverte de cire) qui la repousse (mauvaise affinité de la cire avec l'eau). Alors la goutte glisse et dévale le dos incliné de la bête, guidée par la rainure cireuse. Elle se trouve bien vite rejointe par d'autres gouttes

ayant connu le même destin. Ainsi collecté, le liquide finit son voyage dans la bouche de l'animal.



© Stefcomics

En résumé, la nature non uniforme de la carapace (on parle d'anisotropie), la posture inclinée du scarabée en haute altitude permettent le double exploit de faciliter la capture de micro-gouttelettes d'eau (qui auraient dû finir emportées par les vents) puis de favoriser leur écoulement vers un même point.

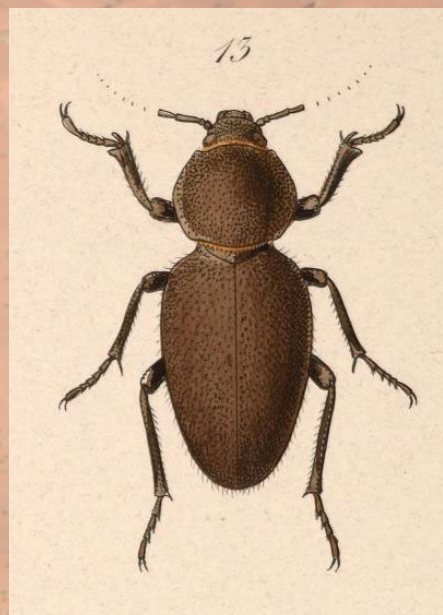
Après cette aventure désaltérante, l'insecte a gagné 10 % de son poids. Cela lui suffit pour la journée.

### A chacun sa technique

Toutes les espèces de scarabées du désert de Namibie ont développé une technique particulière pour survivre et récupérer l'eau du brouillard. Des études sur le long terme des populations de ces coléoptères ont en effet montré le déclin de toute espèce incapable de collecter cette ressource en eau.

Certains scarabées par exemple construisent des tranchées dans le sable pour y piéger les micro-gouttelettes.

Les bosses des élytres ne sont pas présentes chez toutes les espèces. Certaines n'ont que des rainures : dans ce cas, la taille de l'insecte joue. Des petits corps permettent d'optimiser l'écoulement de l'air autour d'eux, de façon plutôt favorable à la capture des gouttes d'eau (comme cela a été montré pour les espèces végétales pourvues de petites feuilles).



© Biodiversity heritage library/Flickr

## Adaptations des herbes de dunes



© Sharon Mollerus/Flickr

Généralement les feuilles des plantes sont plutôt hydrophobes (propriété assurée par la présence de cire) : ce qui a pour effet d'éviter l'installation de pathogènes, d'assurer leur flottabilité (pour les plantes aquatiques), de faciliter la chasse aux proies pour les plantes carnivores...

Mais dans certaines régions sèches, il y a tout intérêt au contraire à essayer de capter la moindre source d'eau. Tout comme le scarabée du désert, les herbes du désert *Stignostis Sabulicola* tirent profit des minuscules gouttes du brouillard matinal. Cette espèce est capable de récupérer environ 4,5 mm<sup>3</sup> par mm<sup>2</sup> de surface de feuille. Les gouttelettes s'accrochent donc aux feuilles, coalescent les unes aux autres : la grosse goutte formée descend jusqu'à la racine.

Cette faculté de cette plante tient à deux caractéristiques :

- la nature rugueuse de ses feuilles (présence de petits poils et de plaquettes de cire érodées) provoquant une structure tridimensionnelle,
- la présence de sillons disposés le long de la feuille.



Ces éléments réunis permettent :  
- une bonne adéquation entre la taille de la rugosité et le diamètre de

la goutte (qui aura de fortes chances de se faire épingle)

- de jouer sur la mouillabilité de la feuille en développant une hystérèse de l'angle de contact (adhérence, coalescence favorisées)

- de guider les gouttes jusqu'en bas des feuilles (par les sillons)

Notons de plus (d'après des récentes recherches) que la cire qui recouvre la surface des feuilles n'est apparemment pas hydrophobe, mais présente au contraire des groupes hydrophiles, attirant les gouttes d'eau.

## Applications pour l'homme

Les surfaces artificielles qui imitent la carapace du scarabée du désert constituent une véritable quête pour les chercheurs en vue de développer des points d'eau dans les endroits difficiles (régions arides pour équiper les toits d'habitats de tuiles collectrices de brouillard, ou au sommet des gratte-ciel en vue d'éviter l'étape de pompage).

Plus généralement, les applications aux développements de surfaces super hydrophiles ou super hydrophobes touchent de plus en plus de domaines :

- emballages : bouteilles de conditionnement (vive le ketchup qui coule sans problème)
- l'industrie du verre (lunettes anti-buée)
- l'industrie textile (vêtements auto-nettoyants)
- la production électrique (modification des caractéristiques des condenseurs pour améliorer le transfert de chaleur de la source froide et donc le rendement de l'installation). ☼

## SOURCES

- Wikipédia: Sténocara et Cire épicuticulaire
- Wagner et al. Quantitative assessment to the structural basis of water repellency in natural and technical surfaces. *Journal Experimental Botany*. Vol 54(385), pp1295-303, 2003
- Nørgaard, Dacke, Fog-basking behaviour and water collection efficiency in Namib Desert Darkling beetles, *Frontiers in Zoology*, Vol 7 (23), 2010
- Martorell C., Ezcurra E, The narrow-leaf syndrome: a functional and evolutionary approach to the form of fog-harvesting rosette plants », *Oecologia*, Vol 151(4), pp 561-73, 2007
- Roth-Nebelsick A. et al., Leaf surface structures enable the endemic Namib desert grass *Stipagrostis sabulicola* to irrigate itself with fog water, *Journal Royal Society, Interface/The royal Society*, Vol 9(73), pp 1965-74, 2012
- Seely. M. et al., Long-term data show behavioural fog collection adaptations determine Namib Desert beetle abundance, *South African Journal of Science*, Vol 101, pp 570-572, 2005
- Zhai L. et al., Patterned Superhydrophobic Surfaces: Toward a Synthetic Mimic of the Namib Desert Beetle, *Nano Letter*, Vol 6 (6), 2006

Le Monde et nous

▼ Un projet de récupération du brouillard sur toit, imitant les élytres du coléoptère





‘Les architectes entretiennent depuis longtemps des liens subtils avec l’eau’

- Francis Rambert, directeur de l’Institut français d’architecture, pour présenter l’exposition parisienne ‘L’eau, source d’architecture’ (2006)

Depuis les Romains et leurs aqueducs jusqu’aux audacieuses constructions néerlandaises, l’eau a une place indéniable dans l’architecture qui nous entoure.

### Une eau nécessaire

**I**l est naturel pour l’Homme de s’installer près d’un cours d’eau, d’un lac ou sur une côte, car l’eau est utile pour l’agriculture, l’industrie et le transport de marchandises, sans parler de sa consommation.

Alors, quand on ne peut pas trouver à s’installer près de l’eau, on amène l’eau jusqu’à nous. C’est le rôle des aqueducs construits notamment par les Romains. Ceux-ci ont aussi construit de nombreux bains et établissements thermaux, pensés autour de l’eau et de son utilité fonctionnelle. À l’image de nos piscines et parcs aquatiques modernes. Aujourd’hui, la technologie et le savoir-faire permettent de créer des villes, telle la verte Masdar, en plein désert !

Des villes entières sont encore articulées autour de leurs activités portuaires et maritimes aujourd’hui. La défense du territoire et le contrôle du commerce en sont les deux

principales motivations. Ces ports ont la réputation d’être pollués et peu accueillants. Mais certains ports essaient de modifier ce souvenir d’un XIX<sup>e</sup> siècle purement industriel. Ainsi de nombreuses actions sont menées, par exemple à Marseille ou à Québec, pour rénover et rendre à l’eau une place de choix. Stockholm, Copenhague, Vancouver, Boston, Lyon ou encore Chicago sont autant d’exemples de villes qui travaillent à redorer leur image en aménageant leurs berges et en valorisant leurs quais.

Comme Venise, les Pays-Bas poussent la maîtrise de l’eau plus loin encore. Il s’agit d’un petit pays au tiers recouvert d’eau (lacs, rivières, canaux...) et sans cesse menacé par la montée des eaux due au dérèglement climatique. Pour lutter contre cela et aussi pour augmenter leur surface habitable, les Néerlandais ont vite compris l’intérêt de construire sur l’eau. De véritables maisons flottantes fleurissent dans tout le pays et la technique s’exporte même à l’étranger. C’est une manière également de lutter

contre les changements climatiques dans les esprits: on vit sur l’eau, avec l’eau, dans un mode de vie plus respectueux de l’environnement.

### Une eau symbolique

L’eau a plusieurs significations dans l’imagination collective. Il s’agit d’un élément liquide et, par sa capacité à se fondre dans un contenant ou à briser de solides constructions, il symbolise à la fois l’union et la puissance. Sa relation avec le sacré (les baptêmes...) fait écho au fait qu’il s’agit pour l’Homme d’un besoin vital. Enfin, sa surface réfléchissante en fait une matière pronant l’introspection et la recherche de la paix intérieure.

Prenons un exemple concret. Tout près du nouveau MuCEM, le Musée des Civilisations de l’Europe et de la Méditerranée à Marseille, se trouve la non moins nouvelle Villa Méditerranée. L’un comme l’autre sont des bâtiments exceptionnels. Mais la Villa est un exemple de symbiose réussie entre le bâtiment et le liquide. Construite par l’architecte

L’eau est le liquide le plus répandu à la surface de la Terre.

italien Stefano Boeri, elle représente un espace qui s'enfonce sous terre tout en s'avancant au-dessus d'un bassin artificiel de 2000 m<sup>3</sup>. Un jeu de vitres permet au soleil de se refléter sur l'eau du bassin pour éclairer la salle suspendue au-dessus et aux personnes situées dans cette salle d'observer les jeux de lumière sur l'eau ainsi que leur reflet. Boeri confirme: « La première intention était de faire pénétrer un morceau de mer à l'intérieur du bâtiment... C'est l'élément principal d'union qui oriente, anime et organise le projet tout entier. » Et cristallise le mariage de la ville avec la mer. ☼

S.F.

EN SAVOIR PLUS

- Vidéo : Masdar, ville verte en plein coeur du désert
- Site web : Villa Méditerranée



© Lorrie Delattre



© S.F.

Dans une molécule d'eau H<sub>2</sub>O, l'angle  $\widehat{HOH}$  vaut 105°.

# Le radeau hydrophobe des fourmis



▼ Un gerris à la surface de l'eau

© Jyrki Saimi/Flickr



▼ La tension de surface soutient le trombone

© Armin Kübelbeck/Wikimedia Commons

Devinette blasphématoire : quelle est la différence entre Jésus et un gerris ?

## La tension de surface et les poils hydrophobes

Le gerris est un insecte qui tire profit de la tension de surface de l'eau, cette force qui fait que l'on peut remplir un verre plus qu'à ras bord et qui explique la forme des gouttes de liquide, la capillarité et bien d'autres choses amusantes (lire à ce sujet [Pourquoi les gouttes sont-elles sphériques? Molécules, manchots et tension superficielle](#)). À notre échelle, cette force reste assez modeste, mais à l'échelle des halobates ou des fourmis, elle est environ dix fois supérieure à celle de leur propre poids !

Les pattes du gerris sont recouvertes de poils hydrophobes qui repoussent les molécules d'eau. Au lieu de se mouiller et de s'enfoncer dans le liquide, elles courbent la surface de l'eau qui produit en retour une force qui maintient l'insecte au sec. La Bible ne fait pas mention de la technique utilisée par Jésus, mais il y a fort à parier qu'il avait les pieds

poilus.

D'autres petites bestioles profitent des effets de la tension de surface : c'est le cas de certaines fourmis rouges par exemple, qui, en cas d'inondations, s'accrochent par les pattes et créent un radeau vivant sur lequel la reine, les œufs et tout ce qui peut être sauvé sera transporté. Cette arche de Noé vivante est proprement insubmersible, même quand on essaie de la couler à coups de pincettes.



Le corps des fourmis



est lui aussi recouvert de minuscules poils hydrophobes. *In situ* et encore plus fort, elles construisent des routes flottantes pour assurer la continuité du service public. Alors, bien sûr, il arrive que quelques fourmis du dessous meurent asphyxiées ou

mangées par les poissons, mais elles restent soudées dans la mort et permettent ainsi à la colonie de survivre aux pluies diluviennes.

© A. Bockoven



Avec ses 6650 kilomètres, le Nil est le plus long fleuve du Monde, suivi par l'Amazone (6400 km).

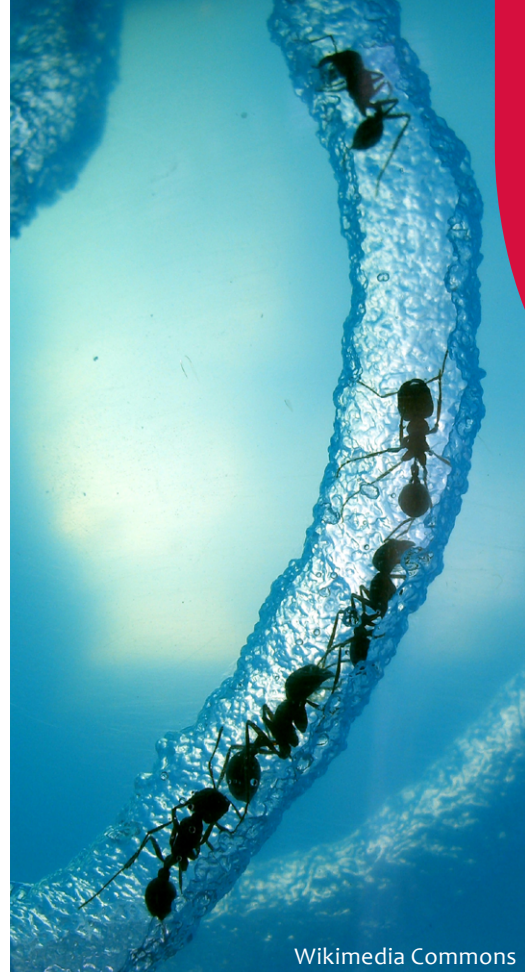
Les fourmis sont un liquide non-newtonien !

Seconde devinette: quelle est la différence entre du blanc d'œuf et une bande de joyeuses fourmis rouges? La réponse est dans le sous-titre: aucune, les deux sont des fluides complexes! Lorsqu'elle déferle, la cohorte des fourmis se comporte exactement comme un **fluide non newtonien**: elle réagit tantôt comme un solide, tantôt comme un liquide. Pas convaincus? Alors, regardez cette vidéo :



Lorsque l'on exerce une pression subite (avec des gants de préférence) sur une boule de fourmis, elle reprend sa forme initiale, comme le ferait un solide élastique, ceci parce que les fourmis n'ont pas eu le temps de se réarranger. En revanche, lorsqu'on laisse les fourmis s'écouler librement, elles s'étalent lentement, comme le ferait du miel par exemple. Et quitte à considérer les fourmis comme un matériau, on peut aussi mesurer ses propriétés, comme sa viscosité ou son élasticité! C'est ce qu'on fait Zhongyang Liuet et ses collègues du Georgia Institute of Technology, qui ont comparé les propriétés d'une boule de *Solenopsis invicta* vivantes à celles d'une boule de fourmis mortes. On s'amuse comme on peut. ☺

Sweet Random Science



Wikimedia Commons



© Adam Gormley/solent

Au sommet du Mont Everest, l'eau bout dès qu'elle atteint 68 °C (contre 100 °C au niveau de la mer).

## 5 FRUITS & LÉGUMES PAR JOUR



Prélevées dans divers matériaux depuis le fond des océans jusqu'aux calottes glaciaires, les carottes permettent de retracer le débit d'un cours d'eau, les types de végétation autour d'un lac, le climat ou encore la composition de l'atmosphère sur plusieurs millénaires.

**L**es carottes de sédiments sont de véritables livres ouverts pour peu qu'on en connaisse le langage. D'ici quelques minutes, si une carotte croise votre chemin, vous saurez vous aussi en tirer toutes les merveilles qu'elle contient !

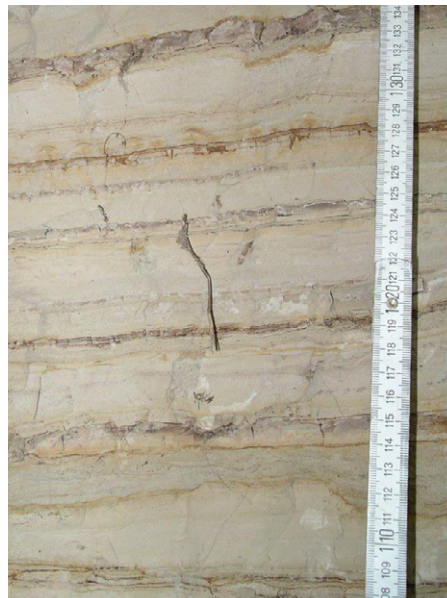
Stockées non pas dans des bibliothèques mais dans des carothèques, les carottes se lisent différemment selon le matériau dans lequel elles ont été prélevées. On ne lit pas de la même manière un roman policier, le programme télé ou la Critique de la raison pure...

### Sédiments lacustres : les varves

« Varves » : avec un si joli nom, ces sédiments de lacs proglaciaires se doivent d'être remarquables ! On y retrouve des alternances régulières de couches claires et sombres, dont chaque paire représente une année, ni plus ni moins.

En hiver, le lac est généralement couvert de glace : la couche de sédiments foncée se formera dans un milieu dépourvu d'oxygène (anoxique). En été, des tas de particules viennent se déposer sur la surface du lac puis précipitent au fond, conférant à la strate estivale une couleur claire. Parmi les particules emprisonnées dans le sédiment figurent en grandes quantités des poussières et du pollen, à partir duquel on peut retrouver les espèces végétales présentes à une époque donnée. Une telle démarche permet de reconstituer le climat passé (plus

de 13 000 ans en arrière) ou encore de dater des grandes perturbations comme les incendies, ces événements entraînant des successions de végétation particulières.



© Jo Weber / Wikimedia Commons

### Sédiments de lit de rivière

Une loi assez intuitive dit que plus le débit d'un cours d'eau est important, plus il pourra transporter de grosses particules.

Si on analyse la taille des particules qu'elle contient, une carotte de sédiments de rivière indiquera le débit passé du cours d'eau et ses périodes de crues, qu'on peut dater au carbone 14 (noté aussi  $^{14}\text{C}$ ) sur les débris organiques, comme du bois ou du charbon. De telles informations ont notamment permis d'expliquer les déplacements de campements gallo-romains installés sur les rives

du Rhin, ou encore le naufrage d'un bateau romain dans le Rhône. Les géomorphologues qui réalisent ce genre d'études ont bien du mérite : à l'ouverture, les carottes encore dégoulinantes (obligatoirement dans leur jus pour conserver la structure du sédiment) dégagent une forte odeur qui fait un peu penser à du



© V.D.

goudron liquide...

### Carottes de glace

Ces carottes-là permettent de reconstituer le climat passé (jusqu'à 800 000 ans pour la plus grande carotte jamais prélevée !). Changement d'échelle pour l'interprétation.

On appelle « isotopes » des atomes dont les noyaux ont la même charge (même nombre de protons) mais un nombre de neutrons différent. Par

Les océans peuvent stocker 1000 fois plus d'énergie (càd de chaleur) que l'atmosphère.



exemple, le  $^{12}\text{C}$  de tous les jours (le plus abondant sur Terre) a deux isotopes « lourds », le  $^{13}\text{C}$  et le fameux  $^{14}\text{C}$ . Nos carottes de glace font intervenir deux isotopes de l'oxygène :  $^{16}\text{O}$  le plus abondant et  $^{18}\text{O}$  assez rare (qui possèdent tous les deux 8 protons et respectivement 8 ou 10 neutrons). Ces deux frères atomiques ont les mêmes bandes de copains, c'est-à-dire qu'ils sont engagés dans les mêmes molécules. Ici justement, leurs copains sont des hydrogènes : les voilà devenus  $\text{H}_2\text{O}$ . Malgré leurs similitudes, l'isotope lourd  $^{18}\text{O}$  (légèrement enrobé, pardon) aura un comportement différent de son frangin  $^{16}\text{O}$  svelte et athlétique.

Ces deux isotopes sont engagés dans un circuit de l'eau : au niveau de l'équateur, ils passent de l'océan à l'atmosphère par évaporation, puis sont transportés par les courants atmosphériques jusqu'aux pôles où ils précipitent en neige et sont stockés sous forme de glace. Comme ce cycle et le fractionnement isotopique de l'oxygène (proportions relatives du  $^{18}\text{O}$  et du  $^{16}\text{O}$ ) varient légèrement selon la température, les mesures de ces isotopes dans la glace vont pouvoir être utilisées comme thermomètre du passé : plus il a fait chaud et plus il y aura de  $^{18}\text{O}$  dans les glaces. Les températures ainsi reconstituées sont ensuite datées grâce aux bulles d'air emprisonnées dans la glace. C'est donc en mesurant ces variations

de proportions isotopiques que les paléoclimatologues parviennent à avoir une idée précise du climat passé et de la composition en gaz de l'atmosphère avant l'époque actuelle.

Et voilà. Maintenant vous savez que les carottes ne sont pas uniquement pleines de vitamines, elles sont aussi une mine d'informations pour qui sait les décrypter! ■■■

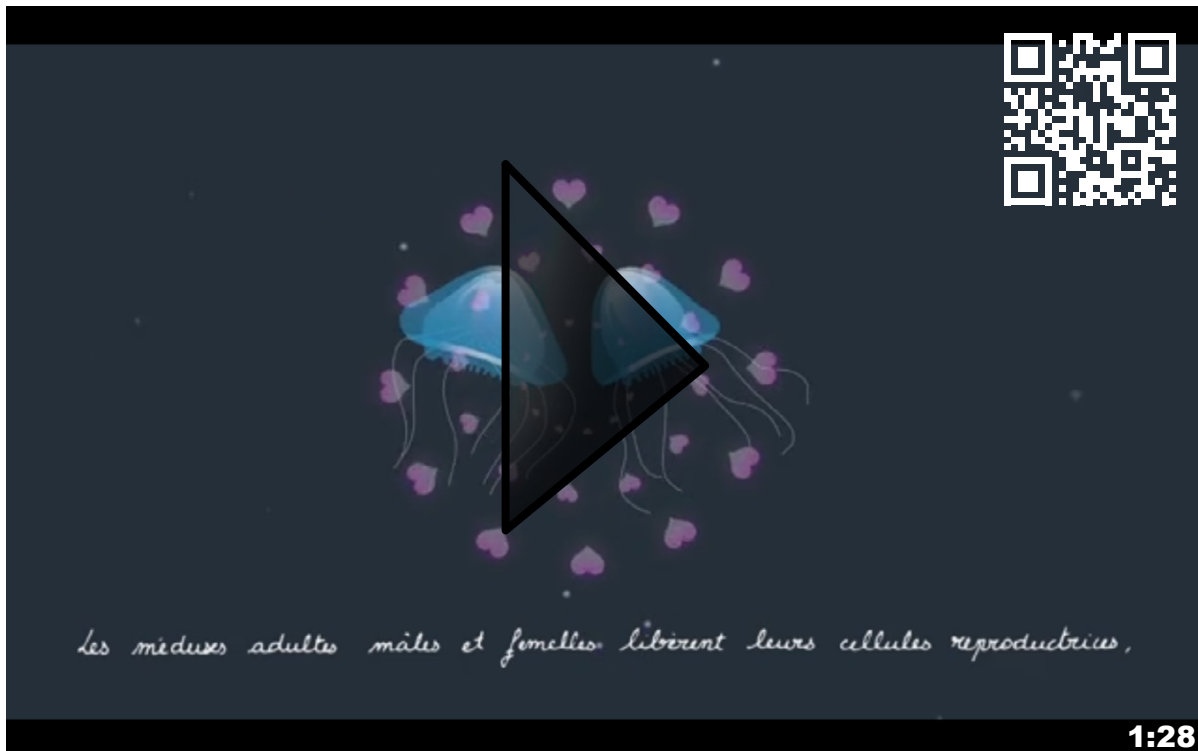
V.D.

#### SOURCES :

- Delta  $^{18}\text{O}$  : Site web : ENS Lyon
- Varves : Site web : paleolithique.free.fr et Wikipédia
- C. Vella, maître de conférences
- Bruneton H., Arnaud-Fassetta G., Provansal M., Sistach D., 2001. Geomorphological evidence for fluvial change during the Roman period in the lower Rhone valley, Catena (Elsevier)
- Ollive V., Petit C., Garcia J.-P., Reddé M., 2006. Rhine flood deposits recorded in the gallo-roman site of Oedenburg (Haut-Rhin, France), Science Direct (Elsevier)

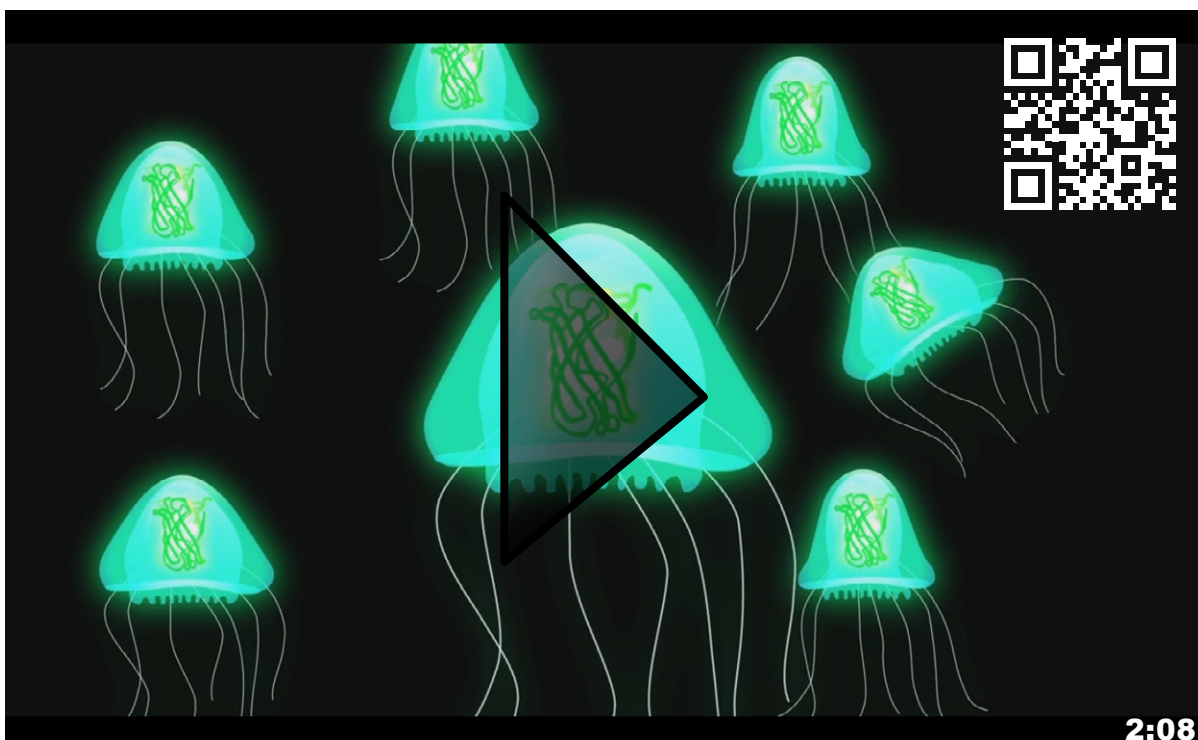
# Quand les méduses se mélangent

Le mode de reproduction des méduses est étonnant ; découvrez ce phénomène encore partiellement méconnu.



## L'Homme et la méduse

Quel est le point commun entre la gelification des océans, un régime minceur et la quête de la jeunesse éternelle ?



Les méduses sont composées à 98% d'eau.



© J.C.

L'IBGN (Indice Biologique Global Normalisé) permet d'estimer la qualité d'un cours d'eau en étudiant la diversité des invertébrés qui vivent sur ou dans le sédiment. Cette méthode repose sur le principe que la présence de certaines espèces est associée à une bonne ou une mauvaise qualité de l'eau.

**C**omment connaître le degré de pollution d'un cours d'eau ? En voilà une question cruciale dont la réponse vous aurait peut-être permis de ne pas vous retrouver avec un troisième tétou après vous être baigné dans le Rhône cet été. Si vous interrogez votre entourage, les personnes les plus conventionnelles vous répondront qu'il suffit de mesurer des paramètres physicochimiques de l'eau comme sa composition ou sa teneur en métaux lourds. Les plus créatifs vous proposeront quant à eux d'évaluer le taux de polluants retrouvés dans la chair des poissons. Et ils auront raison ! Maintenant, à votre tour de briller. Redressez votre nœud papillon, rincez-vous le goulot avec une gorgée de ce Moët et Chandon 1885 (l'abus d'alcool et/ou de nœuds papillon est dangereux pour la santé, à consommer avec

modération) et annoncez de votre voix la plus mondaine qu'il existe une autre approche plutôt surprenante : l'étude de la diversité des invertébrés qui vivent dans ce cours d'eau.

### 'Indicateurs de la qualité d'un cours d'eau'

Vos interlocuteurs ébahis marmonnent déjà : comment diable une araignée d'eau peut-elle bien me renseigner sur le degré de pollution d'une rivière ?! Eh bien c'est très simple : certaines espèces sont des indicateurs de la qualité d'un cours d'eau. Par exemple, les perles d'eau (ordre des plécoptères, famille des *Perlidae*) ne vivent que dans une eau de très bonne qualité. Si un cours d'eau est habité par ces drôles de bestioles, alors bingo ! Votre rivière est aussi pure que votre cœur avant de voir Jackass 3D Le Film. À l'opposé, d'autres espèces



© MopeBiologia/Wikimedia Commons

▲ Larve de *Perlidae*, garante de la bonne qualité de l'eau.

sont dites polluorésistantes, à l'image des larves de chironomes. L'eau dans laquelle elles ont été prélevées est par conséquent aussi saine que le bassin d'évacuation des toilettes suspendues qu'on aperçoit au début de Slumdog Millionnaire. Je vous déconseille donc d'y tremper le moindre orteil.

### Indice Biologique Global Normalisé

Dans l'assemblée, les plus sceptiques lèveront un sourcil : « d'accord, on peut avoir une idée de la qualité de l'eau grâce aux petites bêtes qui s'y trouvent. Et alors ? » Et alors ?! C'est tout simplement fantastique ! Cette méthode s'appelle IBGN, pour Indice Biologique Global Normalisé. « Normalisé » implique qu'on peut comparer la qualité de différentes rivières à l'échelle nationale, rien que ça ! Et ce n'est pas fini. On peut également mener plusieurs campagnes d'échantillonnage (traduction : enfiler les guêtres de Francis Lalanne et partir, épauette sur l'épaule, à la conquête des égouts du coin). Ces campagnes peuvent se faire de différentes façons ; par exemple, dans un même cours d'eau à des périodes différentes pour suivre l'évolution temporelle de la qualité de l'eau. Autre approche : échantillonner à une même période, mais à des endroits distincts ; en amont et en aval d'une station d'épuration (pour mesurer l'impact de ses rejets sur la faune), ou bien dans des portions de courantologie différente (pour comparer la faune habitant un **radier** de celle qui crèche dans une **mouille**).

### Boîte à outils du baigneur sain

Dorénavant, avant de piquer une tête dans une rivière, dégotez-vous une épauette (ou un « troubleau » pour faire pro) et soulevez quelques cailloux. Tant qu'à faire, apportez aussi une loupe binoculaire, une clé d'identification, un tableau pour calculer l'IBGN, de préférence quelques stagiaires pour leur déléguer le travail et à vous les plongeons dans des eaux saines ! 🍷 V.D.

### LEXIQUE

- **Radier** : secteur d'un cours d'eau sans profondeur sur laquelle l'eau s'écoule rapidement.
- **Mouille** : secteur d'un cours d'eau caractérisé par une profondeur importante et une faible vitesse d'écoulement de l'eau.



### POUR ALLER PLUS HAUT :

- Wikipédia : IBGN
- Protocole, tableau d'IBGN et plus encore : km-dev.com
- Un résumé de l'IBGN avec son historique : set-revue.fr

# Un gigantesque océan à des centaines de kilomètres sous terre ?



© Kain Kaiju/Flickr

Imaginez une quantité d'eau qui soit l'équivalent de jusqu'à trois fois l'ensemble des océans du monde et placez-la à quelques centaines de kilomètres sous terre : c'est ce que vient d'évoquer un groupe de géophysiciens américains dans un article publié en juin dernier dans la revue *Science*. Bien sûr, il ne s'agit pas d'un océan tel qu'on l'imagine, dans lequel on pourrait nager, mais d'énormes quantités d'eau prisonnières de certaines roches rares.

« La grande capacité de stockage des minéraux dans la zone de transition du manteau terrestre (entre 410 et 660 kilomètres de profondeur) implique la possibilité d'un profond réservoir d'eau », affirment-ils, évoquant des modélisations numériques et des enregistrements sismiques à l'appui de leur thèse.

Ce n'est pas la première fois qu'un tel océan souterrain est évoqué. Ted Ringwood, un géophysicien australien, l'avait théorisée il y a une quarantaine d'années. Voici quelques mois, l'analyse d'un diamant trouvé au Brésil avait permis à un géologue de l'Alberta d'apporter

une première confirmation de cette théorie. Le diamant contenait un cristal de ringwoodite, qui agit avec l'eau comme une véritable éponge. Ce cristal est donc le témoin d'un modèle géologique impliquant l'existence d'une « couche intermédiaire » à l'intérieur de la terre et qui pourrait donc contenir de grandes quantités d'eau.

Cette fois, l'équipe américaine s'est intéressée aux ondes sismiques générées par plus de 500 tremblements de terre. En mesurant la vitesse des vagues d'ondes à différentes profondeurs, les géophysiciens ont pu déterminer les types de roches au travers desquelles elles passaient. La couche d'eau, elle, a été révélée par le ralentissement des ondes, les roches détremées étant plus longues à traverser que les roches sèches. La présence de grandes quantités de ringwoodite a aussi été mise en évidence, autre indice de cette forte présence d'eau.

« Si seulement 1 % du poids du manteau rocheux situé dans la zone de transition était de l'eau, cela représenterait l'équivalent de presque trois fois la quantité d'eau

de nos océans », explique au *Guardian* Steve Jacobsen, géophysicien à l'université Northwestern (USA) et l'un des co-auteurs de l'étude. Brandon Schmandt, sismologue à l'université du Nouveau-Mexique et également co-auteur est un peu plus prudent sur la quantité dans son entretien avec *LiveScience* : « La zone de transition peut contenir beaucoup d'eau et pourrait potentiellement avoir la même quantité d'eau que tous les océans du monde. »

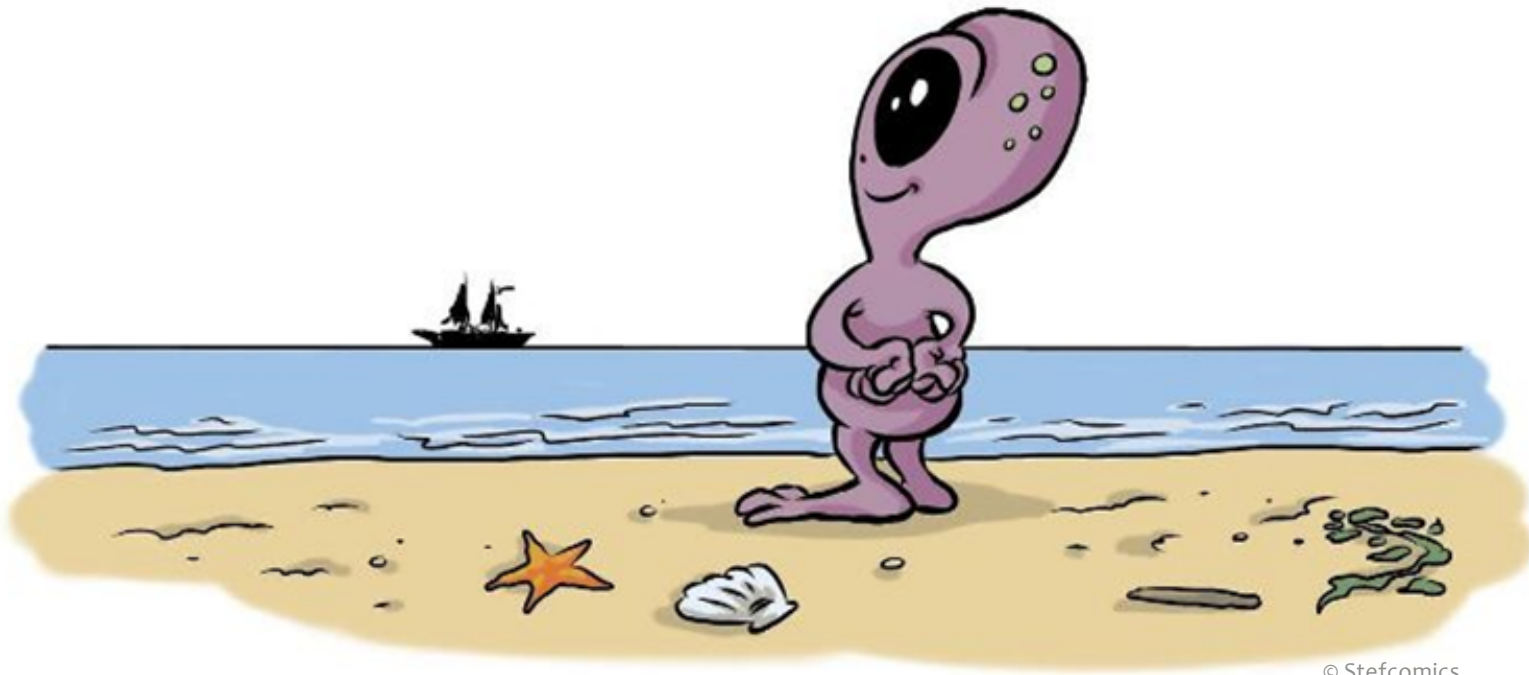
L'existence de cet océan souterrain accrédirait la thèse selon laquelle l'eau terrestre n'aurait pas été amenée par des comètes glacées heurtant la surface de notre planète, mais qu'elle aurait au contraire été poussée vers la surface par l'activité géologique.

« Nous devrions être reconnaissants pour ce profond réservoir », explique non sans humour Steve Jacobsen à *National Scientist*. « S'il n'était pas là, il serait à la surface de la Terre et les sommets des montagnes seraient les seuls morceaux de terre qui dépasseraient. »

Chroniques de l'Espace-Temps

# Des bouteilles à la mer

Voilà l'été qui s'achève et avec lui son expédition estivale classique : aller à la plage. Là-bas, tu as joué et déjoué les surprises des océans, ces gigantesques piscines. Tu t'amuses avec les vagues puis tu te risques à quelques brassées. Les premières secondes sont agréables, l'eau dans laquelle tu nages est bien chaude quand, soudain, de l'eau froide vient te caresser les jambes. Mais d'où vient-elle ?



© Stefcomics

**A**ujourd'hui nous allons expliquer pourquoi la température des océans n'est pas partout la même. Grâce à une expérience à la portée de tous, nous allons comprendre le rôle de ces différences de température comme moteur des courants marins tels que le Gulf Stream. Mais, attention ! Les courants marins dont nous parlons sont beaucoup plus grands que le petit jet d'eau froide qui t'a surpris en nage. Par exemple, le Gulf Stream est le courant qui trimbale l'eau chaude, comme un gigantesque tapis roulant, du golfe du Mexique jusqu'aux côtes du Nord de l'Europe. Il peut atteindre

la vitesse de 9 km/h au large de la Floride.

## Des pôles jusqu'à l'équateur

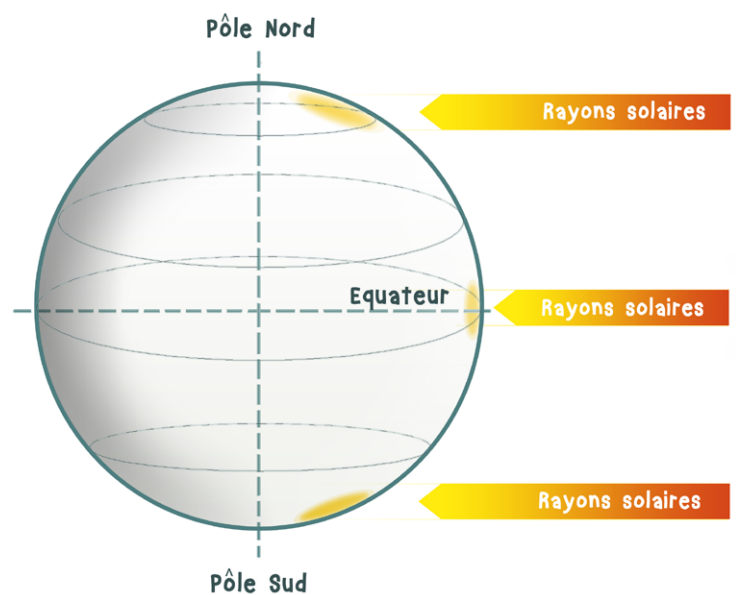
Bon alors, pourquoi l'eau n'a pas la même température partout ?

Et bien, c'est en partie dû au rayonnement solaire. Le soleil chauffe la Terre et aussi les océans de manière non uniforme.

Ceci est dû au fait que la même quantité de rayons du soleil touchent une surface plus grande au niveau des Pôles qu'à l'équateur, car la lumière y est rasante (tangente on dit en mathématiques). La chaleur apportée par ces rayons est alors moins

concentrée, plus faible. L'air est plus froid aux pôles. De même, la température de surface de l'océan a une

moyenne comprise entre 25 et 30 °C à l'équateur alors qu'elle est proche de 0 °C au niveau des pôles.



Avec ses 6650 kilomètres, le Nil est le plus long fleuve du Monde, suivi par l'Amazone (6400 km).

## Température et mouvement

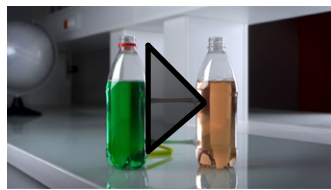
Et alors ? Qu'est-ce que ça a à voir avec les courants marins ?

Le mouvement des courants marins tels que le Gulf Stream est dû à un processus élémentaire : la différence de densité. Lorsqu'on augmente la température d'une partie de l'eau, on modifie sa densité et un mouvement se crée alors entre l'eau chauffée et l'eau qui n'a pas été chauffée.

Mais pour mieux comprendre, trêve de blabla et place aux jeux.

## L'expérience : des bouteilles à la mer

Tout d'abord, visionnons cette expérience filmée qui a été réalisée par Inria. À l'aide de bouteilles plastiques, de pailles et de sirops alimentaires, tu peux reproduire un océan miniature et simplifié.

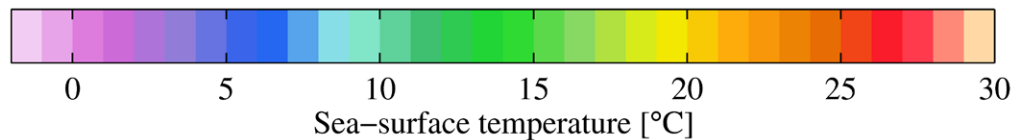
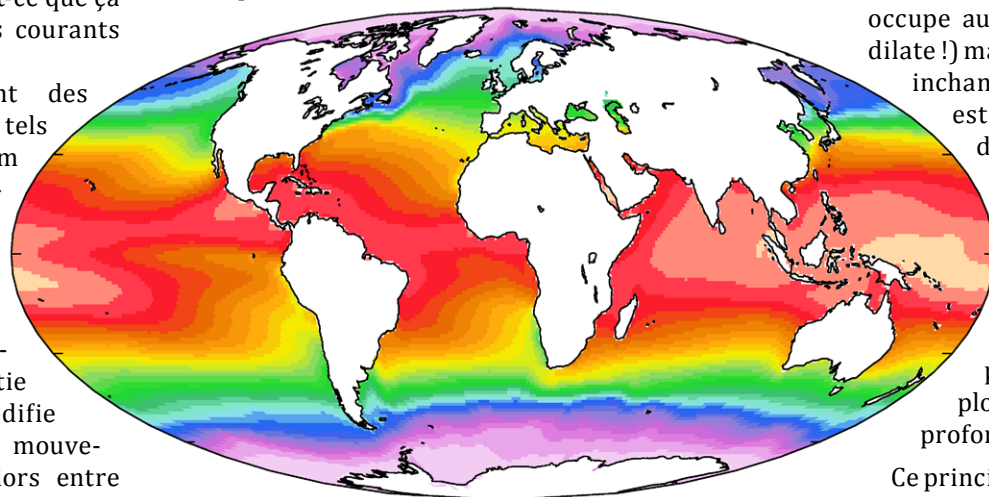


L'expérience utilise deux bouteilles en plastique qui ont été préalablement percées chacune de deux trous, à deux hauteurs distinctes H1 et H2, identiques pour les deux bouteilles, puis reliées l'une à l'autre grâce à deux pailles

en position horizontale. L'étanchéité du système est garantie par l'utilisation de mastic à chaque insertion des pailles dans

un mouvement, reproduit l'expérience en chauffant préalablement l'un des deux liquides (ici le rouge), on observe

un mouvement, densité si, pour un volume identique, ils ont la même masse. Or, lorsque l'on chauffe une quantité d'eau donnée, le volume qu'elle occupe augmente (l'eau se dilate !) mais sa masse reste inchangée. Plus l'eau est chaude, plus sa densité diminue. L'eau chaude - à densité faible - va « flotter » à la surface tandis que l'eau froide - à densité plus élevée - plonge dans les profondeurs.



Ce principe, qui permet de déplacer des gigantesques masses d'eau, est aussi utilisé pour faire plonger les sous-marins.

les bouteilles. Les deux pailles ainsi disposées aux hauteurs H1 et H2 permettent des échanges entre les bouteilles, selon le principe des vases communicants.

Avant de commencer l'expérience, les pailles sont pincées en leur milieu pour éviter les échanges. On remplit alors chacune des deux bouteilles d'eau colorée (par un sirop alimentaire). La quantité de sirop dans chacun des liquides est, bien entendu, strictement identique afin de ne pas fausser l'expérience.

Dans un premier temps, nous effectuons une expérience témoin : la température des deux liquides est la même. Les eaux des deux bouteilles ont les mêmes caractéristiques. Il est donc naturel que, lorsque les pinces sont retirées, il ne se passe rien ! Les fluides sont en équilibre...

En revanche, si l'on

provoqué par la différence de température entre les deux bouteilles. L'eau rouge, plus chaude, passe dans la paille supérieure, tandis que l'eau verte, plus froide, passe dans la paille inférieure. Si on laisse le système agir sans intervention extérieure, on observe un équilibre final dans lequel les deux bouteilles sont remplies de façon identique : eau chaude en haut, eau froide en bas et bien sûr une zone de mélange entre les deux.

## Comment est-ce possible ?

Tu as expérimenté un phénomène élémentaire, bien connu des physiciens : la différence de température entre deux liquides crée du mouvement !

Pourquoi ? Ce phénomène est dû aux différences de densité de l'eau. Deux liquides ont la même

## Des bouteilles d'eau à la mer

On constate dans l'océan le même phénomène que dans nos deux bouteilles : certaines masses d'eau sont plus denses que d'autres et les différences de densité contribuent à la mise en mouvement de ces masses d'eau. Le rôle essentiel de la densité de l'eau comme moteur principal de la circulation océanique à grande échelle a bel et bien été mis en évidence dans des bacs de laboratoire par un océanographe suédois, J. W. Sandström, en 1908.

La densité de l'eau varie en fait pour deux raisons essentielles :

- la température, comme dans nos bouteilles : plus la température augmente, plus la densité diminue.

- la salinité joue également un rôle important. Plus l'eau est chargée en sel, plus la densité augmente. On

peut s'en convaincre en prenant un litre d'eau dans une casserole et en y ajoutant du sel. Le volume ne change pas, il reste d'un litre, mais par contre la masse de l'eau salée est la somme de celle de l'eau et du sel ajouté (on peut dissoudre plus de 300 grammes de sel par litre à 25 °C!) et, par conséquent, la densité augmente au fur et à mesure que l'on ajoute du sel.

*A retenir : si la température de l'eau augmente, sa densité diminue. Alors que si la salinité de l'eau augmente, sa densité augmente.*

Bien entendu, dans les océans du globe, les phénomènes sont plus complexes que dans les deux bouteilles de l'expérience présentée ci-dessus. Notamment, le mouvement des océans est aussi influencé par le vent et la rotation de la Terre. Cependant, il permet de comprendre le mouvement global de l'océan.

Dans les océans Arctique et Atlantique Nord, l'eau de mer est froide et très salée (comme dans la bouteille d'eau verte). Elle a donc une densité très grande par rapport aux eaux des régions tropicales plus chaudes et moins salées. Ceci entraîne la plongée des eaux de l'océan Arctique et Atlantique Nord vers les fonds marins et constitue une véritable pompe pour la circulation de l'eau à grande échelle. Ces eaux profondes traversent l'océan Atlantique du nord au sud et sont emportées vers les océans Indien et Pacifique où elles se réchauffent et refont peu à peu surface. Elles reviennent ensuite du sud vers le nord de l'océan Atlantique, où elles plongent à nouveau, refroidies. Et ainsi de suite.

L'ensemble de ces courants océaniques forme une sorte de tapis roulant à l'échelle du globe. On l'appelle la circulation thermohaline. « thermo » pour la température et « haline » pour la salinité.

### La circulation thermohaline

Le planisphère ci-contre représente le tapis roulant de la circulation thermohaline. En bleu, les courants profonds; en rouge, les courants de surface. Le Gulf Stream est le courant de surface qui va du sud-ouest au nord-est de l'Atlantique.

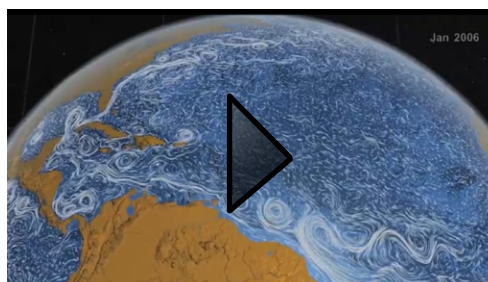
La circulation thermohaline permet une distribution de la chaleur autour du globe.

Par exemple, la ville de Québec au Canada est beaucoup plus froide que Paris. Elle est pourtant située à la même latitude et bénéficie du même rayonnement solaire. Si le climat est plus doux en Europe, c'est grâce au Gulf Stream et à ses déferlantes d'eaux chaudes. Grâce à la circulation thermohaline !

Cependant, le changement climatique amorcé depuis les années 1950 entraîne un dérèglement de la température et de la salinité de l'eau. Cela aura d'importantes répercussions sur la circulation thermohaline et donc sur le climat. De nombreuses recherches sont en cours pour mieux comprendre les risques et conséquences sur nos vies à venir.

En bonus : un petit film qui ne montre que les courants de surface (NASA). Vers 0:06, tu remarqueras le Gulf Stream qui part du sud de la Floride. 🎥

*Sense the Science pour Kidi'Science*

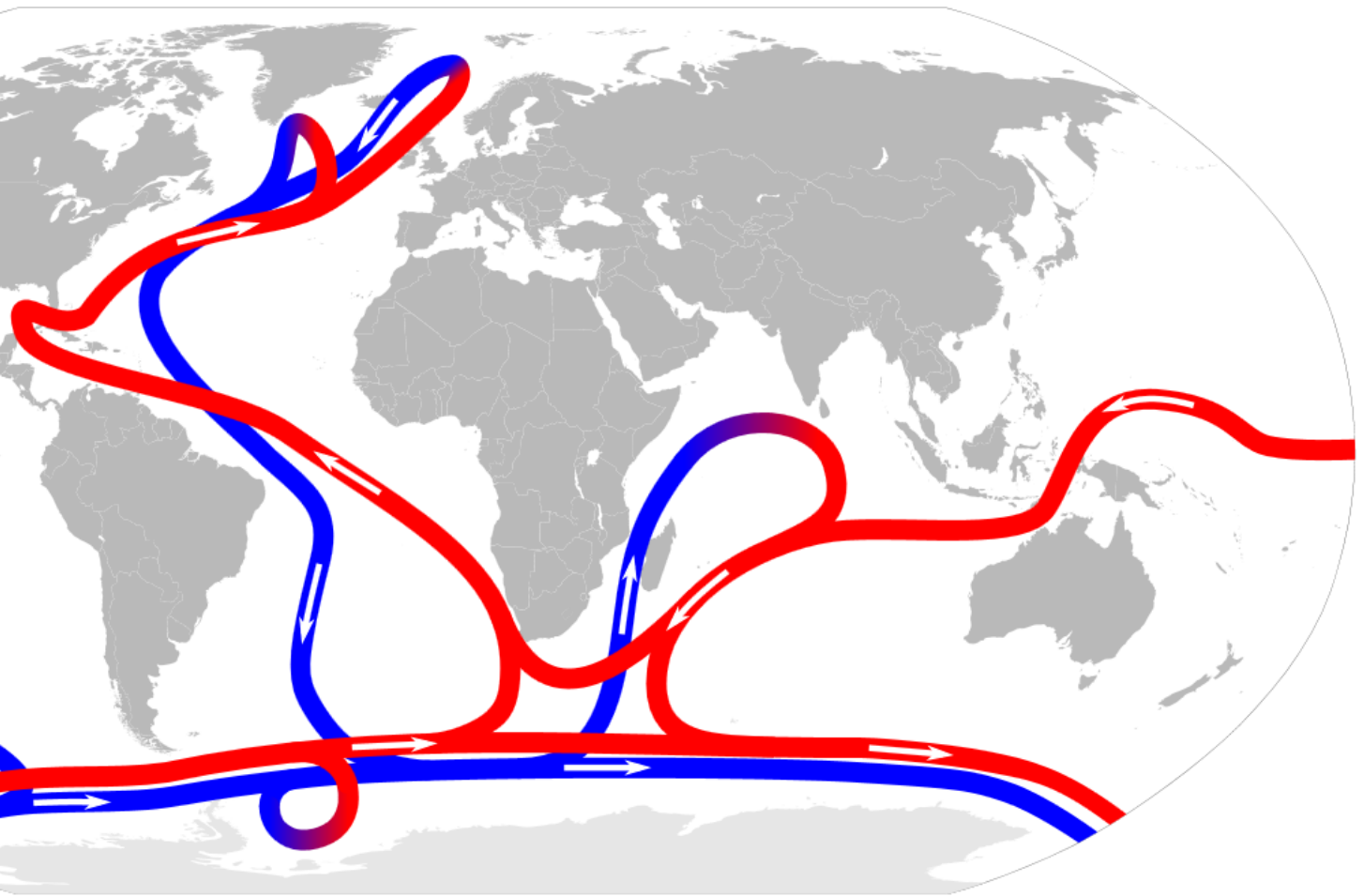


*Merci à Antoine Rousseau (Chercheur), Maëlle Nodet (Enseignant-chercheur), Sébastien Minjeaud (Chercheur) qui sont à l'origine de la vidéo. De plus, ils ont écrit un article qui décrit les modélisations numériques associées à ces études océanographiques.*



La production d'1 L de bière nécessite 25 L d'eau.





© Wikimedia Commons

▲ Le tapis roulant de la circulation thermohaline. En bleu, les courants profonds ; en rouge, les courants de surface. Le Gulf Stream est le courant de surface qui va du sud-ouest au nord-est de l'Atlantique. La circulation thermohaline permet une distribution de la chaleur autour du Globe.



© Floyd Manzanera/Flickr

L'eau est la seule substance sur Terre qui se trouve sous forme solide, liquide et gazeuse.



# MERCI

de nous avoir lus et à bientôt pour de nouvelles aventures !

Cérébralement,

-L'équipe de Cephalus

Une réaction, une suggestion, une remarque, une insulte, une félicitation, une anecdote, un dessin, un petit creu, un ennui féroce, une joie, une peine, une idée géniale, une envie de participer ? N'hésitez pas à nous contacter, on adore la lecture !

[cephalusmag@gmail.com](mailto:cephalusmag@gmail.com)