

des fluides et leur tension interfaciale. La pénétration d'un fluide dans l'autre peut se faire sous la forme de « doigts » qui s'élèvent pour l'un, plongent pour l'autre. Éventuellement, ces doigts se transforment en panaches ressemblant à des champignons, ou se détachent et forment des bulles.

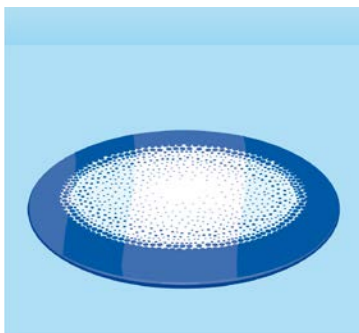
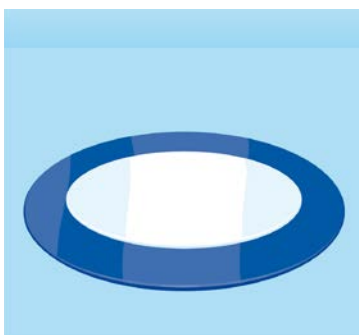
C'est ce que l'on observe dans les lampes à lave, qui étaient à la mode dans les années 1970. Dans un tel objet à température ambiante, un mélange d'huiles minérales, de paraffine et de tétrachlorure de carbone est surmonté d'eau. Le tout se trouve au-dessus d'une lampe. Quand la lampe est éteinte, l'interface des deux fluides est parfaitement horizontale.

Lorsqu'on allume la lampe, l'échauffement dilate plus fortement le fluide du dessous. Il devient alors moins dense, l'instabilité de Rayleigh-Taylor se déclenche et le fluide s'élève lentement, sous la forme de grosses bulles mues par la poussée d'Archimède. Arrivé dans le haut de la lampe, le fluide se refroidit, gagne en densité et retombe jusqu'en bas, puis le cycle recommence.

Les œuvres de David Alfaro Siqueiros offrent un autre exemple où l'instabilité de Rayleigh-Taylor joue un rôle capital. L'artiste mexicain a inventé en 1936 une technique qu'il appela « peinture accidentelle ».

Sur une toile horizontale, on verse une première peinture, qu'on laisse s'étaler progressivement jusqu'à une épaisseur de 1 à 2 millimètres. Puis, sur cette première couche, on en verse une seconde, de teinte différente et, surtout, un peu plus dense. Cette dernière commence par recouvrir la première couche, mais, au bout de quelques dizaines de secondes, sous l'effet de l'instabilité de Rayleigh-Taylor, on voit la première couleur réapparaître en formant des motifs aléatoires qui grossissent puis se figent lorsque la peinture sèche [voir la figure ci-contre].

L'analyse et les mesures des physiciens ont confirmé les tailles caractéristiques de ces motifs, qui dépendent notamment des densités des fluides et de leur tension de surface – mais ces études n'élucident évidemment pas la puissance esthétique des œuvres telles que *Collective suicide* ou *Birth of fascism*. ■



LES « PEINTURES ACCIDENTELLES »

de l'artiste mexicain David Alfaro Siqueiros étaient réalisées en déposant, sur une première couche de peinture, une seconde couche d'une peinture de teinte différente et de densité un peu supérieure.

Au bout de quelques instants, l'instabilité de Rayleigh-Taylor se développe : la peinture de la couche inférieure remonte par endroits en dessinant des taches dans la couche du dessus, et ces motifs se figent à mesure que la peinture sèche.

■ LES AUTEURS



Jean-Michel COURTAY et Édouard KIERLIK sont professeurs de physique à l'université Pierre-et-Marie-Curie, à Paris. Leur blog : www.scilogs.fr/idees-de-physique

■ BIBLIOGRAPHIE

S. Zetina *et al.*, A hydrodynamic instability is used to create aesthetically appealing patterns in painting, *PLoS One*, vol. 10(5), e0126135, 2015 [<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0126135>].

D. H. Sharp, An overview of Rayleigh-Taylor instability, *Physica D*, vol. 12, pp.3-18, 1984.

QUESTION AUX EXPERTS

La France détient-elle une partie de l'Antarctique ?

Malgré des revendications, aucun État ne possède de territoire en Antarctique. En fait, l'exploitation économique du continent austral est... gelée jusqu'en 2048 !

Pierre JOUVENTIN

L'Arctique, au nord, est de la banquise flottant sur l'océan. L'Antarctique, au sud, est en revanche un continent plus grand que l'Europe. En hiver, sa superficie double du fait de la glace de mer qui l'entoure. Malgré sa forme circulaire et des revendications territoriales qui lui donnent, dans certains ouvrages, l'aspect d'un gâteau ou d'un camembert découpé en portions, aucun pays n'en possède de part depuis la signature du traité sur l'Antarctique entré en vigueur en 1961. Cependant, les techniques ont fait de tels progrès que cet enfer climatique est devenu en partie exploitable, ce qui tend à faire resurgir les revendications territoriales.

Étant recouverte de glaces sur une épaisseur moyenne de plus de 2 000 mètres, l'Antarctique a longtemps paru sans intérêt. De fait, seulement 2 % de la surface du sol est visible durant l'été austral. Dans la péninsule antarctique, plus proche des terres habitées, le climat est moins extrême qu'au centre (où l'on a frôlé les -90°C). Des indices de pétrole y ont été trouvés et trois pays revendiquent ce territoire. L'Argentine et le Chili y envoient même des couples dont la femme accouchera sur place, ce qui crée des natifs pour étayer les prétentions territoriales... Certaines stations, qui pullulent sur la péninsule Antarctique, ne sont d'ailleurs scientifiques qu'en théorie.

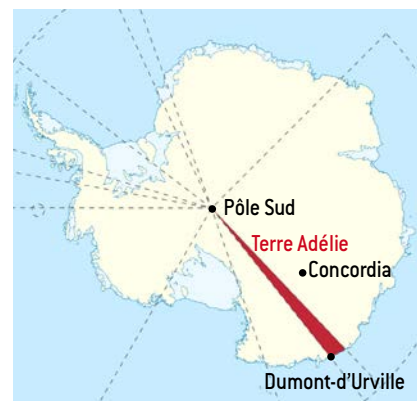
Les revendications territoriales de chaque État sont fondées sur ses voyages d'exploration. C'est la raison pour laquelle la France

pourrait un jour avoir des droits sur la terre Adélie, découverte le 22 janvier 1840 par l'amiral Jules Dumont d'Urville, qui l'a baptisée du prénom de son épouse, Adèle. Il en revint sain et sauf avec son équipage pour décéder deux ans plus tard dans le premier accident ferroviaire français. Le rocher sur lequel les explorateurs débarquèrent se trouve maintenant à quatre kilomètres de la côte, un décalage peut-être dû au réchauffement climatique, dont l'origine humaine a été mise en évidence notamment grâce à l'analyse des gaz emprisonnés dans les glaces antarctiques.

Deux bases permanentes françaises

La terre Adélie, revendiquée par la France, constitue aujourd'hui un secteur délimité par six degrés de longitude. Elle abrite l'une des deux bases permanentes gérées par l'Institut français pour la recherche et la technologie polaire (l'IFRTP, basé à Brest et dépendant du CNRS). Nommée Dumont-d'Urville, cette base est le paradis des sciences de la vie, car elle a été construite sur un archipel où, en été, les animaux polaires se reproduisent (sauf le manchot empereur qui choisit la plus mauvaise saison, mais dont une colonie se trouve à quelques centaines de mètres).

L'autre base, Concordia, est installée à l'intérieur du continent, à un endroit où des forages profonds de glace ancienne sont possibles. Beaucoup plus récente, elle est



© Wikimedia Commons/TUBS

consacrée aux sciences physiques et climato-logiques. Cet effort porte ses fruits, puisque, grâce au travail accompli sur le continent blanc, les recherches françaises en glaciologie, en océanographie et en biologie animale sont parmi les plus avancées du monde.

Dans les années 1980, la pression des industriels américains se faisant de plus en plus grande, l'exploitation des ressources minérales de ce continent fut sur le point d'être décidée. La France a entraîné les autres pays et a permis d'obtenir, avec l'aide de l'Australie, un moratoire. Signé le 4 octobre 1991, le protocole de Madrid est entré en vigueur le 14 janvier 1998. Il gèle pour cinquante ans les richesses antarctiques, donc jusqu'en 2048. Expert en biologie de la délégation française pendant ces tractations, j'ai pu constater que la passion pour les pôles du Premier ministre de l'époque, Michel Rocard, n'a pas été pour rien dans le succès d'une vaste opération diplomatique faisant de l'Antarctique une « terre de paix et de science ».

Pour l'heure, la principale menace pesant sur le milieu antarctique n'est pas son exploitation industrielle, mais la fréquentation touristique qui augmente chaque année. En vingt-cinq ans, le nombre annuel de visiteurs est passé de moins de 5 000 à plus de 37 000. Une fréquentation multipliée par huit... ■

Pierre JOUVENTIN, éthologue émérite, a dirigé durant près de quinze ans le laboratoire d'écologie du CNRS à Chizé.

ABONNEZ-VOUS À **POUR LA SCIENCE**

**OFFRE
DÉCOUVERTE**
59€

12 N^{OS} POUR LA SCIENCE



**VOTRE
RÉDUCTION**

24%

**OFFRE
PASSION**
79€

12 N^{OS}
POUR LA SCIENCE
+ 4 HORS-SÉRIES



+



**VOTRE
RÉDUCTION**

27%

**OFFRE
INTÉGRALE**
99€

12 N^{OS}
POUR LA SCIENCE
+ 4 HORS-SÉRIES
+ ACCÈS
AUX ARCHIVES
DEPUIS 1996



+



+



**VOTRE
RÉDUCTION**

43%

BULLETIN D'ABONNEMENT

**POUR LA
SCIENCE**

À renvoyer accompagné de votre règlement à : Pour la Science - Service abonnements - 19 rue de l'industrie - BP 90 053 - 67 402 Illkirch cedex

OUI, je m'abonne à Pour la Science et je choisis la formule :

■ J'indique mes coordonnées :

PAS467

Nom : _____ Prénom : _____

Adresse : _____

CP : _____ Ville : _____

Tél. Pour le suivi client (facultatif) : _____

■ Mon e-mail pour recevoir la newsletter Pour la Science (à remplir en majuscule).

@

Grâce à votre email nous pourrions vous contacter si besoin pour le suivi de votre abonnement. À réception de votre bulletin, comptez 5 semaines pour recevoir votre n° d'abonné. Passé ce délai, merci d'en faire la demande à pourlascience@abopress.fr

J'accepte de recevoir les informations de Pour la Science ☐ OUI ☐ NON et de ses partenaires ☐ OUI ☐ NON

■ Je choisis mon mode de règlement :

☐ Par chèque à l'ordre de Pour la Science

☐ Par carte bancaire - N° : _____

Date d'expiration : _____ Clé (Les 3 chiffres au dos de votre CB) : _____

Signature obligatoire

☐ **OFFRE INTÉGRALE**
12 N^{OS} POUR LA SCIENCE
+ 4 HORS-SÉRIES
+ ACCÈS AUX ARCHIVES DEPUIS 1996

99€
au lieu de 173,50€

P1A99E

☐ **OFFRE PASSION**
12 N^{OS} POUR LA SCIENCE
+ 4 HORS-SÉRIES

79€
au lieu de 108,50€

P1A79E

☐ **OFFRE DÉCOUVERTE**
12 N^{OS} POUR LA SCIENCE

59€
au lieu de 78,50€

P1A59E

Délai de livraison : dans le mois suivant l'enregistrement de votre règlement. Offre réservée aux nouveaux abonnés, valable jusqu'au 30/09/16 en France métropolitaine uniquement. Pour un abonnement à l'étranger, merci de consulter notre site www.pourlascience.fr. Conformément à la loi "Informatique et libertés" du 6 janvier 1978, vous disposez d'un droit d'accès et de rectification aux données vous concernant en adressant un courrier à Pour la Science.

SCIENCE & GASTRONOMIE

En bouche, le vin change

La salive modifie l'évaporation des composés odorants des vins.

Hervé THIS



Plus que pour les autres aliments, l'odeur des vins est essentielle, au point que l'on a introduit un mot pour la désigner : le bouquet. Avec la couleur, c'est le premier paramètre que perçoit le gourmet et qui oriente son appréciation.

Cette odeur est due à des molécules odorantes, dont la libération varie avec la température, la forme du verre... En bouche, cette odeur se fait sentir une seconde fois, mais différemment, parce que la température du vin change, et aussi parce que les composés du vin interagissent avec ceux de la salive. Ainsi, certains composés phénoliques se lient aux protéines salivaires, au point qu'une gorgée d'un vin tannique mâchée puis recrachée laisse apparaître des précipités. Or Carolina Muñoz-González et ses collègues, à Madrid et à Dijon, ont récemment étudié les interactions de la salive avec les molécules odorantes des vins.

La salive contient des protéines, de l'eau et des ions (sodium, calcium, potassium, chlorure, phosphate et bicarbonate). Parmi les protéines figurent des mucines, des protéines riches en résidus d'acides aminés histidine, proline, etc., mais aussi des enzymes : amylases (qui coupent l'amylose, par exemple de l'amidon), lipases (qui décomposent les triglycérides des matières grasses), protéases (qui décomposent les protéines).

Les études de divers systèmes avaient montré des résultats contradictoires. Par exemple, on avait mesuré que la salive réduit la libération de molécules odorantes pour les gels de pectines que sont les confitures, pour les poivrons ou les haricots verts, mais

on avait aussi observé que cette libération était augmentée pour des émulsions de type mayonnaise, ou qu'elle n'est pas modifiée pour des fromages, par exemple.

Les chimistes espagnols et français ont étudié des salives réelles et des salives reconstituées, mais aussi des vins réels et des vins reconstitués, dont ils pouvaient varier la composition, notamment en composés odorants. Mieux, certains des vins reconstitués étaient obtenus par élimination des composés odorants, puis ajout de composés odorants spécifiques (afin de conserver la « matrice » des vins), tandis que d'autres étaient des solutions d'eau, d'éthanol et d'acide tartrique.

Élucider les interactions salive-vin pour créer des vins personnalisés ?

Quant à la salive réelle, elle provenait de volontaires sains qui n'avaient pas consommé d'aliment ou d'eau dans l'heure qui avait précédé la collecte. La salive artificielle, elle, était préparée à partir d'eau, de sels minéraux et de mucine.

Les divers liquides étaient mélangés soit de façon statique, soit dans un bioréacteur thermostaté où l'on pouvait faire passer les liquides et de l'air, afin de reproduire la dégustation des vins. Enfin, les analyses étaient effectuées par chromatographie en phase gazeuse et spectrométrie de masse.

Les chimistes ont observé que l'évaporation de 37 des 45 composés odorants testés était notablement différente dans les salives artificielles ou réelles, et 33 composés

odorants étaient différemment libérés selon la matrice des vins. En général, cependant, les composés odorants étaient moins libérés par le mélange salive-vin que par les vins seuls.

Les chercheurs ont toutefois relevé quelques différences. Ainsi, les vins rouges semblent davantage modifiés par la salive que les vins blancs. Par ailleurs, l'ajout de salive humaine ou artificielle ne modifie pas la libération des composés odorants de la classe des alcools. Et les effets diffèrent selon qu'ils sont testés en conditions statiques (simples mélanges) ou en conditions dynamiques (en bioréacteur) : la modification de la libération est généralement moindre dans ce dernier cas.

Quand de telles études auront donné assez d'informations sur les mécanismes de libération des composés odorants des vins, on pourra envisager la production de vins de qualité pour des groupes de buveurs particuliers. En ces temps de séquençage du génome humain pour moins de 100 euros, alors que l'on envisage une « médecine personnalisée » et une « alimentation personnalisée », ne peut-on pas, aussi, imaginer des boissons adaptées à la physiologie de chacun ? ■



Hervé THIS, physicochimiste, est directeur du Centre international de gastronomie moléculaire AgroParisTech-Inra et directeur scientifique de la fondation Science & culture alimentaire (Académie des sciences).



Retrouvez la rubrique
Science & gastronomie sur
www.pourlascience.fr