

La dilution de l'ouzo avec de l'eau produit d'innombrables gouttelettes d'anéthol

BIBLIOGRAPHIE

X. Zhu et al., **Diffusive interaction of multiple surface nanobubbles : shrinkage, growth, and coarsening**, *Soft Matter*, vol. 14, pp. 2006-2014, 2018.

H. Tan et al., **Evaporation-triggered microdroplet nucleation and the four life phases of an evaporating Ouzo droplet**, *PNAS*, vol. 113(31), pp. 8642-8647, 2016.

D. Lohse et X. Zhang, **Surface nanobubbles and surface nanodroplets**, *Reviews of Modern Physics*, vol. 87, pp. 981-1035, 2015.

X. Zhang et al., **Mixed mode of dissolving immersed nanodroplets at a solide-water interface**, *Soft Matter*, vol. 11, pp. 1889-1900, 2015.

L'évaporation d'une goutte d'ouzo se fait aussi par un processus d'échange de solvant, qui est intéressant et très facile à observer chez soi. Il suffit de déposer une petite goutte d'ouzo sur une surface en verre et de la regarder s'évaporer, ce qui dure une quinzaine de minutes. L'expérience est très visuelle : l'alcool s'évapore en premier et la concentration en eau augmente, jusqu'à ce que des milliers de toutes petites gouttes se forment soudainement. Nous avons réalisé cette expérience au laboratoire en 2015, pour analyser le processus en détail. C'était la première fois que l'on étudiait l'évaporation d'un mélange de trois liquides de volatilités et solubilités différentes (voir l'encadré page 63).

UN PROCESSUS CLÉ EN MICROCHIMIE

Les travaux évoqués ici peuvent laisser penser que les chercheurs ne font que jouer inutilement avec de l'eau, de l'alcool et des boissons alcoolisées. Cette impression est tout à fait fautive. Les bulles et gouttes de surface microscopiques ainsi que le processus d'échange de solvants ont une grande importance technologique. En témoignent les quelques exemples suivants.

Un premier exemple est l'extraction liquide-liquide, c'est-à-dire le transfert d'une substance dissoute dans un solvant à un autre solvant. C'est l'un des processus centraux en génie chimique et en analyse chimique. Depuis les travaux du chimiste autrichien Fritz Pregl (prix Nobel en 1923) sur la microanalyse de substances organiques, on s'efforce de miniaturiser les procédés. La nécessité d'y parvenir est devenue plus impérieuse ces dernières années. D'une part, on voudrait détecter des traces toujours plus ténues de substances chimiques, que ce soit dans un contexte médical ou pour des études environnementales. D'autre part, cette détection doit être rapide et porter sur de petits échantillons, notamment afin de rendre les techniques d'analyse chimique plus écologiques.

Une façon d'y parvenir est la microextraction sur une seule goutte, technique dans laquelle une substance A dissoute dans l'eau, par exemple, migre peu à peu dans une goutte d'un solvant organique (par exemple du tétrachlorure de carbone) ayant une solubilité beaucoup plus élevée pour A, cette goutte étant maintenue dans la solution aqueuse. La goutte de solvant organique est ensuite extraite et analysée. Cependant, ce procédé est généralement lent et son efficacité est faible.

Ces limitations ont été élégamment surmontées grâce à la microextraction liquide-liquide dispersée (DLLME, pour *dispersive liquid-liquid microextraction*) inventée il y a seulement une dizaine d'années. Dans cette technique, on fait intervenir un troisième liquide qui se mélange bien avec l'eau et le tétrachlorure de carbone, par exemple l'éthanol. Si l'on verse une goutte de mélange de tétrachlorure de carbone et d'éthanol dans l'eau contenant la substance A à extraire, des nanogouttes et microgouttes de tétrachlorure de carbone se forment instantanément au cours de ce processus d'échange de solvant, comme le ferait l'anéthol lorsqu'on dilue une goutte d'ouzo dans de l'eau. Ces minuscules gouttelettes de solvant organique permettent d'extraire la substance A très efficacement, grâce à la très grande surface de contact offerte par l'ensemble des gouttelettes.

Une bonne compréhension et un bon contrôle des processus diffusifs dans et autour des bulles et gouttelettes microscopiques peuvent même sauver des vies. En chirurgie à cœur ouvert, la circulation sanguine est souvent découplée du cœur et maintenue par une machine cœur-poumon, où le sang est considérablement refroidi. Or, comme dans l'eau, l'air se dissout davantage dans le sang froid que dans le sang chaud. Lorsqu'on réchauffe le patient après l'opération, un processus d'échange de solvant a lieu, d'où la formation possible de nanobulles et microbulles (de surface), ce qui peut altérer considérablement l'apport sanguin par endroits. Ici aussi, il est essentiel de bien comprendre la nucléation des bulles pour éviter ce phénomène.

L'électrolyse et la catalyse, enfin, sont d'autres exemples de processus où des bulles microscopiques peuvent se former, en l'occurrence à la surface des électrodes ou du catalyseur, et nuire ainsi considérablement à l'efficacité des réactions. Comment empêcher l'apparition de ces bulles ou s'en débarrasser ? Cela me semble être un autre domaine de recherche très prometteur pour la physique des fluides. La compréhension des nanobulles et nanogouttes de surface n'est donc qu'un premier pas vers la construction d'un pont reliant la dynamique moderne des fluides au génie des procédés physicochimiques et à la chimie des colloïdes. ■

L'ESSENTIEL

> L'homme a toujours fait la guerre, qui serait innée en lui, selon la conception des « faucons ».

> La guerre est une activité apparue avec la complexification des sociétés, selon la conception des « colombes ».

> Les données archéologiques et anthropologiques sont plutôt en faveur de la seconde thèse : les violences collectives résulteraient des bouleversements sociaux et culturels survenus au cours des 12 000 dernières années.

L'AUTEUR



R. BRIAN FERGUSON
professeur d'anthropologie
à l'université Rutgers
à Newark, aux États-Unis

Sommes-nous des guerriers-nés?

Pourquoi les hommes font-ils la guerre? L'ont-ils toujours faite? Le croisement des données archéologiques, anthropologiques et ethnologiques apporte un nouvel éclairage sur ces questions très controversées.

Ya-t-il dans la nature humaine une prédisposition à tuer des membres d'autres groupes? Je ne parle pas d'éliminer un congénère pour des raisons personnelles, mais de prendre les armes et faire la guerre – une violence collective, organisée, où des groupes sont missionnés pour anéantir d'autres groupes. Ce comportement est-il inné, c'est-à-dire le résultat d'une propension naturelle de l'espèce humaine, produit de l'évolution, à éliminer les rivaux potentiels? Cela impliquerait que les humains, mais peut-être aussi les chimpanzés et leurs ancêtres communs, se sont toujours collectivement entretués (voir l'encadré page 70). Ou bien la guerre a-t-elle émergé au cours des derniers millénaires avec l'évolution des sociétés? Ces deux thèses ont chacune leurs partisans, que l'anthropologue américain Keith Otterbein désignait sous les noms de « faucons » et de « colombes ».

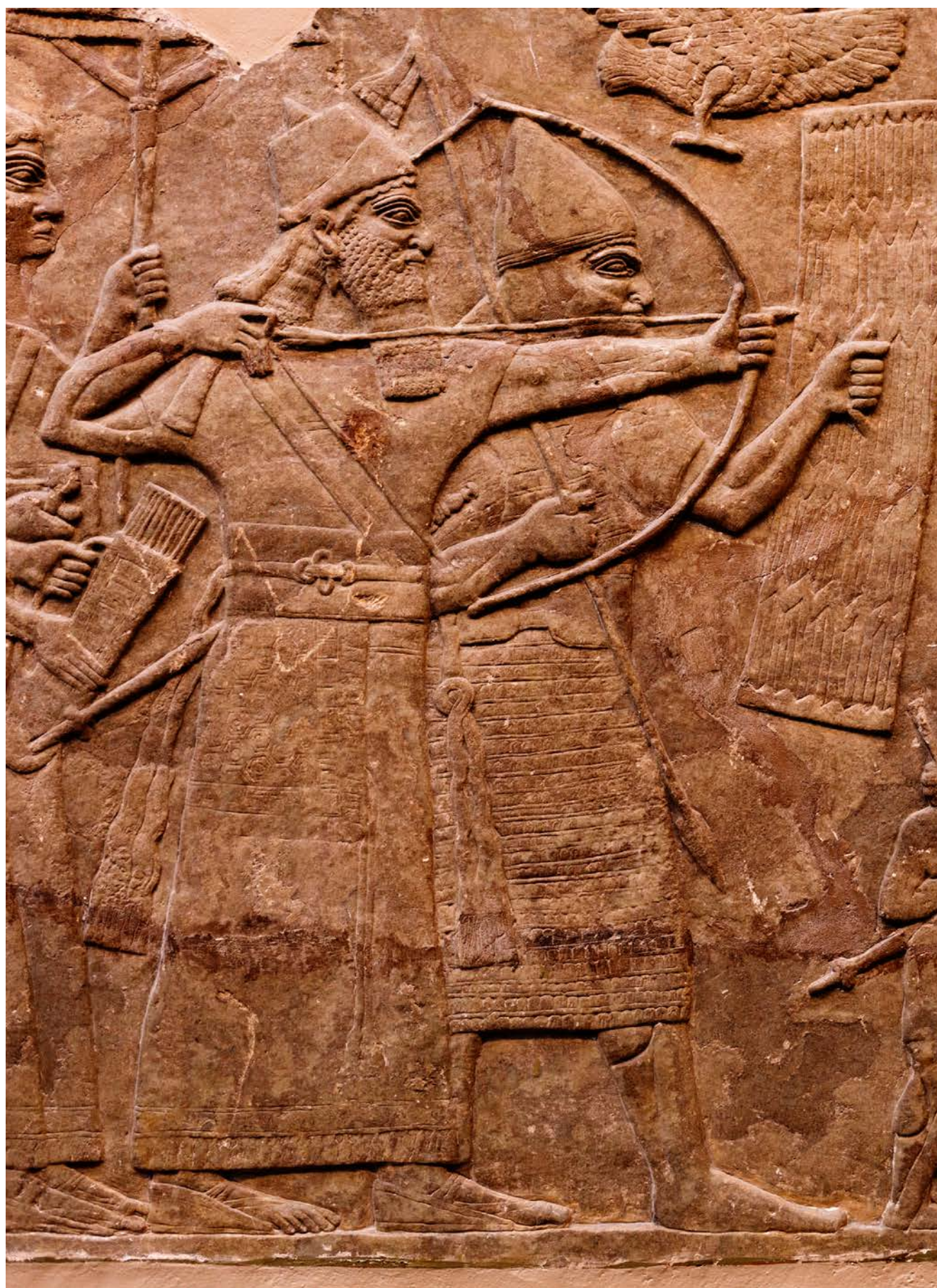
Si, comme l'affirment les faucons, la guerre est inscrite dans nos gènes, les sociétés préhistoriques devaient également s'y adonner. Au début des années 2000, l'archéologue américain Steven LeBlanc et Katherine Register écrivaient ainsi: « Lorsque nous avons une bonne connaissance archéologique d'une société, des traces de conflits apparaissent presque toujours [...]. La

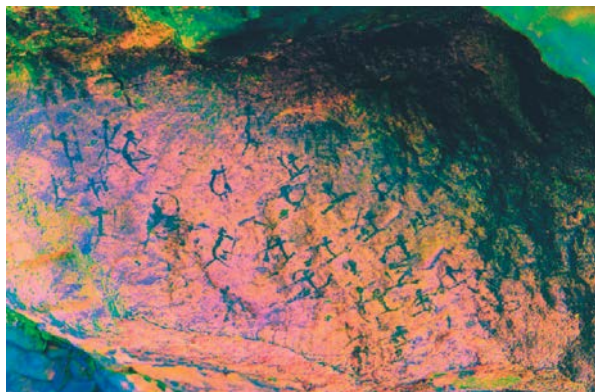
guerre pourrait être à l'origine de 25% des décès. » Des psychologues évolutionnistes avancent même qu'avec de telles pertes, la guerre a contribué à la sélection naturelle en favorisant les individus les plus aptes à se procurer à la fois des partenaires et des ressources.

Cette vision des choses a trouvé un large écho bien au-delà du milieu scientifique. Selon l'essayiste et politologue américain Francis Fukuyama, les guerres et les génocides récents puisent leurs racines au temps des chasseurs-cueilleurs, il y a des dizaines ou des centaines de milliers d'années, voire dans un passé plus lointain encore, avant que la lignée humaine ne se sépare de celle des chimpanzés, il y a 5 à 7 millions d'années. Pour l'éminent spécialiste en relations internationales Bradley Thayer, la propension des groupes humains à la xénophobie et à l'ethnocentrisme résulte de la transformation, au cours de l'évolution, de l'instinct de protection des individus à l'égard de leur tribu.

Autant d'assertions que les anthropologues et les archéologues du camp des colombes réfutent. Les humains, avancent-ils, ont une évidente capacité à se battre, mais leur cerveau n'est pas câblé pour identifier et tuer tout étranger impliqué dans un combat collectif. Pour eux, les conflits létaux entre communautés n'ont émergé qu'à la fin du Paléolithique, lorsque les sociétés de chasseurs-cueilleurs se

La guerre existe depuis plusieurs millénaires. Mais la survenue de conflits collectifs violents dans un passé plus ancien, où il n'y avait que des chasseurs-cueilleurs formant des sociétés « simples », fait encore débat.





➤ sont agrandies et complexifiées. Ils se sont ensuite multipliés au Néolithique avec la sédentarisation et l'avènement de l'agriculture. De fait, l'archéologie et la comparaison avec les peuplades actuelles de chasseurs-cueilleurs permettent de repérer les périodes durant lesquelles des combats collectifs sont apparus et intensifiés et, dans une certaine mesure, leurs circonstances sociales.

Des peintures rupestres du Levant espagnol réalisées entre 8000 et 5000 ans avant notre ère font partie des premiers témoignages avérés de conflit armé entre deux groupes (la photographie de gauche est complétée par une image à contraste renforcé et par un croquis de la scène représentée).

DES DÉBUTS INCERTAINS

Les archéologues disposent d'une documentation hétérogène et souvent délicate à interpréter. Ils peuvent s'appuyer sur l'art pariétal. Les peintures qui ornent les parois des grottes paléolithiques de Cougnac et de Pech Merle, dans le Lot, et celles de la grotte Cosquer, dans les Bouches-du-Rhône, qui datent d'environ 25000 ans, montrent par exemple des individus en position plus ou moins allongée transpercés de traits. Mais s'agit-il d'individus blessés ou frappés mortellement par des lances, comme l'avancent certains préhistoriens, ou, selon une autre interprétation, de représentations de forces shamaniques? Il est malheureusement impossible de répondre.

Les premiers témoignages avérés de confrontations entre groupes armés nous sont offerts par l'art plus tardif du Levant espagnol (entre 8000 et 5000 avant notre ère). Des scènes spectaculaires évoquent clairement des activités violentes, voire franchement guerrières: combats entre bandes rivales d'archers, embuscades, massacres de personnes désarmées et même exécutions.

Autres indices matériels de conflits létaux: les armes. Mais là encore, la prudence est de mise. Il ne fait aucun doute que l'épée et l'arsenal défensif (casques, boucliers, cuirasses...), inventés à l'âge du Bronze, aux alentours de 1700 ou 1600 avant notre ère, incarnent le guerrier. Mais il est parfaitement possible de combattre avec des instruments créés pour d'autres usages. Vers 5000 avant notre ère, dans le sud de l'Allemagne, des villageois ont été massacrés à coups d'herminettes servant traditionnellement à travailler le

bois. À l'inverse, des outils comme les masses en pierre, qui semblent destinées à tuer, ont parfois une tout autre fonction. Au Proche-Orient, ces masses symbolisaient l'autorité, et étaient peut-être un moyen de résoudre pacifiquement des conflits.

Les vestiges des implantations humaines constituent une troisième source d'informations. Les populations se sentant menacées prennent généralement des précautions. Par exemple, les habitats dispersés de fond de vallée peuvent être abandonnés au profit de places circonscrites plus facilement défendables. Au Néolithique, une multitude de villages d'Europe s'entourent ainsi d'enceintes fortifiées. Cependant, toutes ne semblent pas conçues pour la défense. Certaines servent aussi à affirmer l'identité ou la puissance des occupants.

Un quatrième type d'indices d'activité guerrière est constitué par les marques de blessures sur les ossements humains. Mais pour les périodes les plus anciennes du Paléolithique, les restes osseux sont rares et ceux présentant des traumatismes encore plus. Et lorsqu'ils existent, leur interprétation est délicate. Seule une blessure par projectile sur trois ou quatre laisse une trace sur les os. Sans compter qu'une pointe de pierre ou d'os retrouvée dans la tombe d'un défunt peut avoir causé sa mort ou simplement faire partie des objets cérémoniaux. En outre, il est impossible de savoir si une blessure non cicatrisée résulte d'un accident, d'une exécution ou d'un homicide. Mais comme je l'ai dit, homicide et guerre sont deux choses différentes. Et tous les combats ne sont pas létaux. Les archéologues trouvent fréquemment dans les sépultures des traces de fractures par enfoncement de la calotte crânienne cicatrisées, mais rares sont celles qui ont pu causer la mort. Il est probable que nos ancêtres se bagarraient ou réglaient leurs conflits personnels autrement qu'en tuant.

Pris individuellement, tous ces indices sont généralement ambigus et discutables. Il est souvent nécessaire d'en rassembler plusieurs pour avoir un début de soupçon de guerre ou établir la probabilité d'un tel événement. Mais