

primatologie, mais elle pourrait être étendue à l'étude d'autres populations animales.

Par ailleurs, du fait de certaines propriétés physiques, les phytolithes commencent à intéresser le secteur des nanotechnologies. En 2009, Suresh Neethirajan, de l'université de Guelph, au Canada, et ses collègues ont montré que les phytolithes produits dans les feuilles de l'agrostide rampante (*Agrostis palustris*) réduisent la chaleur absorbée par la plante et accélèrent son refroidissement. En effet, les phytolithes réémettent de façon efficace un rayonnement infrarouge. Ces observations soulignent leur potentiel d'utilisation dans divers systèmes nanométriques qui nécessitent, par exemple, un bon contrôle de la température. Autre avantage : les sources naturelles de phytolithes sont nombreuses et peu chères pour les industriels qui pourraient les récupérer dans les déchets végétaux (tiges, feuilles de certaines plantes) non exploités. Des dispositifs artificiels reproduisant le procédé de formation naturel des phytolithes sont aussi à l'étude.

Des pesticides au transport de médicament

Les autres applications possibles des phytolithes en nanotechnologie sont variées. Des pesticides sont produits à partir de la silice amorphe issue de phytolithes fondus. Appliquée sur des insectes nuisibles, cette silice perturbe la capacité des lipides de leur cuticule à retenir l'eau, ce qui entraîne la dessiccation et la mort des insectes. Fondus en nanoéléments de base, les phytolithes sont aussi assemblés pour former des nanocomposites. La morphologie des phytolithes fondus les rend par ailleurs bien adaptés pour transporter des composés organiques et encapsuler des enzymes, en vue de leur libération dans l'organisme au cours d'un traitement médical.

À l'opposé, certains envisagent une utilisation des phytolithes en géo-ingénierie : des chercheurs en Australie et en Chine examinent la possibilité d'utiliser les phytolithes comme piège à carbone afin d'aider à réduire les concentrations globales de dioxyde de carbone dans l'atmosphère. Lorsque les phytolithes se forment et piègent le carbone, ils le retirent de l'atmosphère. Ce carbone est alors stocké

dans le sol lors de la décomposition de la plante. L'une des hypothèses les plus communes concernant la séquestration du carbone *via* l'agriculture est que les plantes libèrent plus de carbone dans l'atmosphère lorsqu'elles se décomposent que ce qui est piégé dans les phytolithes. Par conséquent, les cultures en décomposition ne seraient pas un outil efficace de lutte contre le changement climatique. Mais Xinxin Zuo et Houyuan Lu, de l'Académie des sciences chinoise, ont testé les capacités de piégeage du millet commun (*Panicum miliaceum*) et du millet des oiseaux (*Setaria italica*) en milieu agricole sec et ont montré que cela n'est pas vrai. D'après leurs calculs, le millet commun comme celui des oiseaux peuvent séquestrer environ 0,020 tonnes de carbone par hectare. Ils estiment que, compte tenu de la superficie de millet commun cultivé aujourd'hui en Chine, cette céréale supprimerait plus de dioxyde de carbone de l'atmosphère qu'elle n'en a relâché, à raison de 2370 000 tonnes de dioxyde de carbone par an.

Séquestration de carbone

Jeff Parr et ses collègues en Australie ont quant à eux examiné la bioséquestration du carbone dans des espèces de bambou. Ils avancent que 15 600 000 tonnes de dioxyde de carbone seraient séquestrées dans le sol si le bambou était exclusivement cultivé sur les 22 millions d'hectares de forêt de bambou actuelle. En extrapolant ces données, Jeff Parr montre que l'augmentation actuelle des émissions globales de dioxyde de carbone serait réduite d'environ 11 % si le bambou, ou une autre plante à taux élevé de séquestration de carbone, était cultivé sur la totalité des 4,1 milliards d'hectares de terre arable dans le monde.

Il est clair que les phytolithes inspirent beaucoup les chercheurs et que de nombreuses pistes d'utilisation sont encore à explorer. Charles Darwin, lorsqu'il récupéra cette fine poussière à bord du *Beagle*, ne pouvait imaginer que ces minuscules bouts de silice seraient aussi riches d'information sur le passé et le présent, ou d'un fort potentiel pour les technologies futures et dans la lutte contre le réchauffement de la planète. Et ces roches végétales translucides ont encore beaucoup de choses à nous dire sur leur histoire – et sur la nôtre. ■

Phytolithes et police scientifique

Dans une affaire de meurtre à Spokane, aux États-Unis, les enquêteurs ont utilisé les phytolithes pour prouver qu'un suspect était bien sur le lieu du crime.

Les phytolithes retrouvés sur sa camionnette n'étaient pas de la même forme que ceux du site où le suspect affirmait être au moment des faits.

En revanche, ils correspondaient à ceux produits par les plantes où le corps de la victime a été retrouvé. Cette preuve fut l'un des éléments qui aidèrent les enquêteurs à comprendre ce qui s'était passé et à faire condamner le suspect.

■ BIBLIOGRAPHIE

A. G. Henry et al., The diet of *Australopithecus sediba*, *Nature*, vol. 487, pp. 90-93, 2012.

G. M. Santos et al., The phytolith ¹⁴C puzzle : A tale of background determinations and accuracy tests, *Radiocarbon*, vol. 52(1), pp. 113-128, 2010.

D. R. Piperno, *Phytoliths : A Comprehensive Guide for Archaeologists and Paleoeologists*, AltaMira Press, 2006.

Les extraterrestres de Churchill

Mario Livio

Sommes-nous seuls dans l'Univers ? La question a passionné Winston Churchill. Ses réflexions sur le sujet, récemment retrouvées, montrent que l'homme d'État britannique avait une solide culture scientifique et un raisonnement pertinent.

Winston Churchill est essentiellement connu comme chef de guerre, homme politique parmi les plus influents du XX^e siècle, historien lucide et orateur éloquent. C'était aussi un passionné de science et de technologie.

En 1896, à l'âge de 22 ans, alors qu'il était posté en Inde avec l'Armée britannique, Churchill lut l'ouvrage *De l'origine des espèces* de Darwin et un manuel d'introduction à la physique. Dans les années 1920 et 1930, il écrivit pour divers journaux et revues des essais de vulgarisation scientifique sur des sujets tels que l'évolution ou les cellules.

Dans un article datant de 1931, publié par *The Strand Magazine* et intitulé « Dans cinquante ans » (*Fifty years hence*), il décrit l'énergie de fusion nucléaire : « Si l'on parvenait à faire que les atomes d'hydrogène d'une livre d'eau se combinent pour former de l'hélium, l'énergie produite suffirait à alimenter un moteur de mille chevaux pendant une année entière. » Ces écrits tiraient probablement leurs informations de conversations avec un ami qui sera ensuite l'un de ses conseillers, le physicien Frederick Lindemann.

Durant la Seconde Guerre mondiale, Churchill a soutenu le développement du

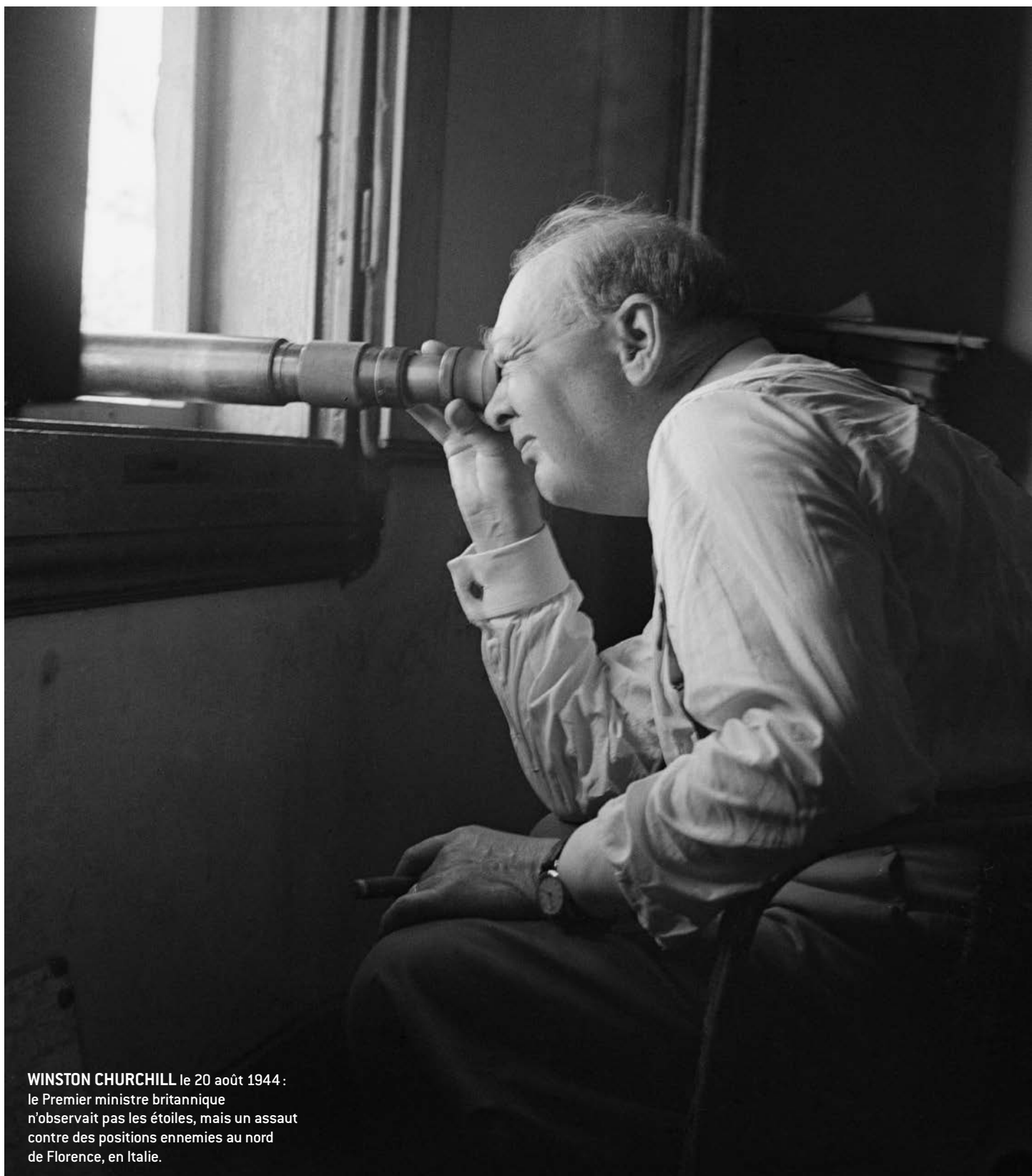
radar et le programme nucléaire britannique. Il rencontrait régulièrement des scientifiques tels que Bernard Lovell, le père de la radioastronomie. Un échange concernant l'utilisation des statistiques pour combattre les sous-marins allemands illustre bien son attitude : quand le général de l'armée de l'air Arthur « Bomber » Harris se plaignit : « Est-ce que nous livrons cette guerre avec des armes ou avec des règles à calcul ? », Churchill répondit : « Essayons la règle à calcul. »

En recrutant Lindemann au début des années 1940, Churchill fut le premier chef du gouvernement à employer un conseiller scientifique. L'environnement propice à la science qu'il créa grâce au financement public de laboratoires, de télescopes et développements technologiques s'est traduit par un après-guerre riche en découvertes et inventions dans des domaines allant de la génétique moléculaire à la radiocristallographie.

Malgré tout cela, ce fut une grande surprise quand, au cours d'une visite l'année dernière au musée américain Churchill de Fulton, dans le Missouri, le directeur Timothy Riley me mit entre les mains un essai dactylographié de Churchill. Dans cet article de 11 pages intitulé « Sommes-nous

L'ESSENTIEL

- Un texte de Winston Churchill écrit en 1939 a été redécouvert dans les archives du musée américain Churchill, dans le Missouri.
- Churchill livre dans cet article de 11 pages ses réflexions quant à la question « Sommes-nous seuls dans l'Univers ? ».
- Les arguments avancés par Churchill sont scientifiquement informés et sensés.
- L'exemple de Churchill, conscient de l'importance de la science, devrait inspirer nombre de personnalités politiques.



WINSTON CHURCHILL le 20 août 1944 :
le Premier ministre britannique
n'observait pas les étoiles, mais un assaut
contre des positions ennemies au nord
de Florence, en Italie.

© IWM/Getty Images / Contributeur



© NASA/JPL-Caltech/Univ. de l'Arizona

seuls dans l'Univers? », l'homme politique livrait ses réflexions prémonitoires sur la recherche de vie extraterrestre.

Il en rédigea le premier jet, peut-être pour l'édition dominicale du journal londonien *News of the World*, en 1939, alors que l'Europe était au seuil de la guerre. Il le révisa légèrement à la fin des années 1950, alors qu'il était en villégiature dans le sud de la France chez son éditeur, Emery Reves. Par exemple, il modifia le titre original « Sommes-nous seuls dans l'Espace ? » en « Sommes-nous seuls dans l'Univers ? » pour tenir compte des évolutions des connaissances et de la terminologie scientifiques. Wendy Reves, l'épouse de l'éditeur, confia le manuscrit aux archives du musée américain Churchill dans les années 1980.

Timothy Riley, qui a été nommé directeur du musée en mai 2016, venait de le redécouvrir. À sa connaissance, l'essai est resté dans la collection privée de Reves et n'a jamais été publié ni examiné par des scientifiques ou universitaires. Imaginez alors mon excitation d'être peut-être le premier scientifique à me pencher sur cet essai !

Je retrace ici les grandes lignes de la réflexion de Churchill. À une époque où

LA PLANÈTE MARS a sans doute eu de l'eau liquide à sa surface dans le passé. C'est l'une des conditions du développement de la vie, ce que savait très bien Churchill. Ce cliché a été pris par la sonde *Mars Reconnaissance Orbiter* en 2015.

beaucoup de politiciens se détournent de la science, il est très émouvant pour moi d'évoquer un dirigeant qui s'y est intéressé si profondément.

Une pensée moderne

On retrouve dans le raisonnement de Churchill de nombreux arguments modernes de l'astrobiologie. Pour l'essentiel, il embrasse le cadre du « principe copernicien » : l'idée selon laquelle, étant donné l'étendue de l'Univers, il est difficile de croire que les humains sur Terre représentent quelque chose d'unique. Il commence par définir ce qui est selon lui la caractéristique la plus importante de la vie, à savoir la capacité à « croître et se multiplier ». Après avoir noté que certains virus peuvent être cristallisés, ce qui les rend difficile à catégoriser, il décide de se concentrer sur la « vie relativement organisée », sans doute la vie multicellulaire.

Son premier argument est que « toutes les entités vivantes que nous connaissons ont besoin d'eau ». Les corps et les cellules en sont composés pour une grande part, note-t-il. Il n'est pas possible d'exclure d'autres liquides, mais « rien dans nos

connaissances actuelles ne nous permet de faire une telle hypothèse». La présence d'eau sous forme liquide oriente d'ailleurs toujours notre quête de vie extraterrestre, que ce soit sur Mars, sur les lunes de Saturne et de Jupiter ou sur les planètes extrasolaires (au-delà de notre Système solaire). Outre le fait d'être essentielle pour l'émergence de la vie sur Terre, l'eau est abondante dans le cosmos. Ce solvant merveilleusement universel (presque toutes les substances peuvent s'y dissoudre) peut acheminer des substances chimiques, telles que des phosphates, de l'extérieur vers l'intérieur des cellules, ou inversement.

Churchill définit ensuite ce qu'on appelle aujourd'hui la zone habitable, cette étroite région du juste milieu autour d'une étoile qui n'est ni trop chaude ni trop froide, de sorte que l'eau puisse rester à l'état liquide à la surface d'une planète rocheuse. Il écrit que la vie ne peut survivre que dans des régions «entre quelques degrés en dessous de zéro et le point d'ébullition de l'eau». Il explique comment la température de la Terre est déterminée par sa distance au Soleil. Churchill considère également la capacité d'une planète à retenir son atmosphère, expliquant que plus un gaz est chaud, plus ses molécules se déplacent vite et donc plus elles s'échappent facilement. Par conséquent, une gravité plus forte est nécessaire pour piéger le gaz autour d'une planète sur le long terme.

En réunissant tous ces éléments, il conclut que, hormis la Terre, Mars et Vénus sont les seuls endroits du Système solaire susceptibles d'abriter la vie. Il élimine les planètes externes (trop froides), Mercure (trop brûlant du côté ensoleillé et trop froid de l'autre), ainsi que la Lune et les astéroïdes (leur gravité est trop faible pour retenir une atmosphère).

Churchill coucha sur le papier les premiers mots de son essai peu de temps après la radiodiffusion, en 1938 aux États-Unis, de *La Guerre des mondes* (une adaptation du roman de H. G. Wells paru en 1898), qui a déclenché une «fièvre de Mars» dans les médias.

La spéculation sur l'existence de la vie sur la planète rouge allait en fait bon train depuis la fin du XIX^e siècle. En 1877, l'astronome italien Giovanni Schiaparelli

■ L'AUTEUR



Mario LIVIO est astrophysicien aux États-Unis et écrivain. Son prochain livre, intitulé *WHY?*

What Makes Us Curious, paraîtra en été 2017.

rapportait avoir observé des marques linéaires sur Mars (*canali*, traduit à tort en «canaux»), que l'on considérerait comme une œuvre d'une civilisation. Il s'avéra qu'il ne s'agissait que d'illusions d'optique, mais l'idée des Martiens est restée. Les récits de science-fiction ont proliféré, culminant avec les *Chroniques martiennes* de Ray Bradbury (Doubleday, 1950), publiées au Royaume-Uni sous le titre *The Silver Locusts*, les «Sauterelles d'argent» (Rupert Hart-Davis, 1951).

Perspective cosmique

L'essai de Churchill évalue ensuite la probabilité que d'autres étoiles abritent des planètes. Selon son raisonnement, «le Soleil n'est qu'une étoile parmi les milliards d'autres que contient notre galaxie». Churchill suppose que les planètes sont formées à partir du gaz qui est arraché à l'étoile quand une autre étoile passe à proximité, un modèle suggéré par l'astrophysicien James Jeans en 1917, et qui a depuis été écarté. Il en déduit que, ces rencontres étant rares, «notre soleil pourrait bien être exceptionnel, voire unique».

Et c'est là que Churchill brille par sa clairvoyance. Avec le scepticisme salutaire d'un scientifique, il écrit : «Mais cette spéculation dépend de l'hypothèse selon laquelle les planètes se sont formées ainsi. Ce n'est peut-être pas le cas.

Nous savons qu'il existe des millions d'étoiles doubles, et si elles ont pu se former, pourquoi pas des systèmes planétaires?»

Et en effet, la théorie actuelle de formation des planètes (la formation progressive du noyau des planètes rocheuses par accréation de nombreux corps de petite taille) est très différente de celle de Jeans. Churchill écrit : «Je ne suis pas assez vaniteux pour m'imaginer que mon soleil soit le seul à avoir une famille de planètes».

Ainsi, conclut-il, une grande part des planètes extrasolaires «seront de la bonne taille pour garder de l'eau en surface, et éventuellement une atmosphère d'un genre ou d'un autre», et certaines seront «à la bonne distance de leur étoile mère pour maintenir une température convenable».

Ces mots ont été écrits des décennies avant la découverte de milliers de planètes

« Je ne suis pas assez vaniteux pour m'imaginer que mon soleil soit le seul à avoir une famille de planètes »

extrasolaires, à partir des années 1990, et des années avant que l'astronome Frank Drake ne présente son argument probabiliste concernant la rareté des civilisations capables de communiquer dans le cosmos, en 1961. L'extrapolation de données de l'observatoire spatial *Kepler* suggère que la Voie lactée contient probablement plus d'un milliard de planètes de la taille de la Terre dans les zones habitables d'étoiles de la taille du Soleil, ou plus petites.

Conscient des distances

Enfin, après quelques considérations sur les immenses distances en jeu, Churchill conclut que nous ne saurons peut-être jamais si ces planètes « hébergent des créatures vivantes, ou même des plantes ».

Churchill voit une opportunité immense pour l'exploration du Système solaire. « Un jour, peut-être même dans un avenir pas si lointain, il pourrait être envisageable de voyager jusqu'à la Lune, voire Vénus ou Mars », écrit-il. En revanche, note-t-il, le voyage et la communication interstellaires sont intrinsèquement difficiles. Il fait valoir que la lumière elle-même mettrait environ cinq ans pour effectuer un aller-retour jusqu'à l'étoile la plus proche, ajoutant que la galaxie spirale la plus proche de la Voie lactée (Andromède, l'une des « nébuleuses spirales » comme il les appelle) est plusieurs centaines de milliers de fois plus distante que les étoiles les plus proches.

L'essai se conclut avec enthousiasme : « avec des centaines de milliers de nébuleuses, contenant chacune des milliers de millions de soleils, la probabilité est énorme qu'il y ait un nombre immense de planètes dont les circonstances ne rendraient pas la vie impossible. » Churchill montre ici qu'il est familier des recherches de l'astronome Edwin Hubble à la fin des années 1920 et au début des années 1930, qui a découvert qu'il y a de nombreuses galaxies au-delà de la Voie lactée (environ 2000 milliards selon une estimation récente).

Mais sur une note plus sombre qui est le reflet de son époque, Churchill ajoute : « En ce qui me concerne en tout cas, je ne suis pas impressionné par les succès de notre civilisation au point d'être prêt à penser que nous sommes le seul endroit de ce vaste univers qui contienne des créatures vivantes et pensantes, ni que nous représentions le plus haut degré de développement mental et physique à être

jamais apparu dans l'immensité de l'espace et du temps. »

Près de quatre-vingts ans plus tard, la question qui obsédait Churchill est l'un des sujets de recherche les plus brûlants. La recherche de signes d'une vie souterraine sur Mars est en cours. Les simulations du climat de Vénus suggèrent qu'il n'est pas complètement impossible qu'elle ait été autrefois habitable. Les astronomes pensent que, dans quelques décennies, nous découvrirons des signatures biologiques de la vie passée ou présente dans les atmosphères de planètes extrasolaires, ou au moins que nous serons en mesure de donner des limites sur sa rareté.

L'essai de Churchill témoigne de sa vision selon laquelle les fruits de la science et de la technologie sont essentiels au développement de la société. Quand il contribua à la fondation du Churchill College à l'université de Cambridge, au Royaume-Uni, en 1958, il écrivit : « C'est seulement en menant l'humanité à la découverte de nouveaux champs de la science et de l'ingénierie que nous maintiendrons notre position et que nous continuerons à gagner notre vie. »

Une vision humaniste de la science

Mais il craignait également que sans la compréhension des humanités, les scientifiques n'opèrent dans un vide moral. « Nous avons besoin de scientifiques dans le monde, mais pas d'un monde de scientifiques », déclara-t-il. Afin que la science soit là « pour servir l'homme et non pour le gouverner », il pensait qu'il faut mettre en place des mesures politiques appropriées, inspirées par les valeurs humanistes. Comme il le dit dans un discours prononcé en 1949 à une assemblée de l'Institut de technologie du Massachusetts : « Si, avec toutes les ressources de la science moderne, nous nous trouvons incapables d'éviter une famine mondiale, nous serons tous responsables. »

Churchill était un fervent partisan de la science, mais il plaçait aussi les questions scientifiques importantes dans le contexte des valeurs humaines. Plus que jamais dans le paysage politique d'aujourd'hui, les dirigeants élus devraient s'inspirer de l'exemple de Churchill : nommer des conseillers scientifiques permanents, et en faire bon usage. ■

Cet article a été publié initialement par *Nature* le 16 février 2017 sous le titre *Winston Churchill's essay on alien life found* (<http://go.nature.com/2lkoXID>). La traduction et son édition a été réalisée par *Pour la Science*.

■ BIBLIOGRAPHIE

M. Livio et J. Silk, *Where are they ?*, *Physics Today*, à paraître.

C. Conselice *et al.*, *The evolution of galaxy number density at $z < 8$ and its implications*, *Astrophys. J.*, vol. 830, p. 83, 2016.

R. V. Jones, dans *Churchill* (éd. R. Blake et W. R. Louis), p. 437, Clarendon Press, 1996.

J. C. Humes, *Churchill : The Prophetic Statesman*, p. 82, Regnery History, 2012.

W. Churchill, *Churchill College*, *The New Scientist*, 15 mai 1958.

W. Churchill, *Fifty years hence*, *The Strand Magazine*, décembre 1931.



Abonnez-vous à
POUR LA SCIENCE

OFFRE DÉCOUVERTE
12 n^{os} par an
4,90€
PAR MOIS
SEULEMENT

BULLETIN D'ABONNEMENT

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

PAS474

☒ **OUI**, je m'abonne à **Pour la Science** formule Découverte.
 Je règle par prélèvement automatique de 4,90€ par mois et
 je complète l'autorisation ci-contre. **J'économise 24% par mois.**
 (DPV4E90)

MES COORDONNÉES

Nom : _____

Prénom : _____

Adresse : _____

Code postal _____

Ville : _____

Tél. Pour le suivi client (facultatif) : _____

E-mail obligatoire : _____

@ _____

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

Délai de livraison: dans le mois suivant l'enregistrement de votre règlement. Offre réservée aux nouveaux abonnés, valable jusqu'au 31/07/2017 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*. Votre abonnement en prélèvement est reconduit automatiquement et peut être interrompu par simple lettre.

MANDAT DE PRÉLÈVEMENT SEPA En signant ce mandat SEPA, j'autorise *Pour la Science* à transmettre des instructions à ma banque pour le prélèvement de mon abonnement dès réception de mon bulletin. Je bénéficie d'un droit de rétractation dans la limite de 8 semaines suivant le premier prélèvement. Plus d'informations auprès de mon établissement bancaire.

TYPE DE PAIEMENT : PAIEMENT RÉCURRENT

Titulaire du compte

Nom : _____

Adresse : _____

Code postal _____ Ville : _____

Désignation du compte à débiter

BIC (Identification internationale de la banque) _____

IBAN _____
 (Numéro d'identification international du compte bancaire)

Établissement teneur du compte

Nom : _____

Adresse : _____

Code postal _____ Ville : _____

Date et signature

Organisme Créancier

Pour la Science - 8 rue Férou - 75006 Paris

N° ICS FR92ZZZ426900

N° de référence unique de mandat (RUM)

Joindre un RIB

Partie réservée au service abonnement. Ne rien inscrire