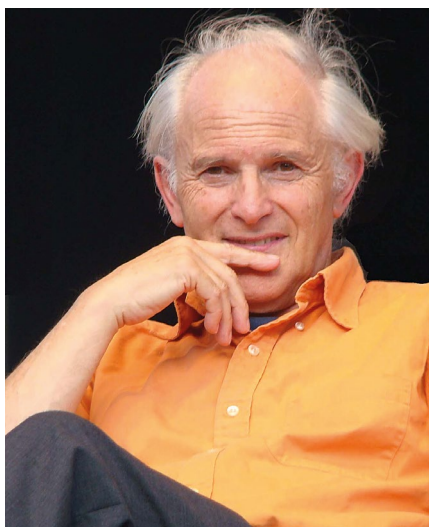


# C60 (carbone 60) : l'antioxydant qui rallonge la vie

Antioxydant, anticancéreux, antiviral, antibactérien : ces propriétés ne sont pas celles d'un médicament miracle sorti des laboratoires pharmaceutiques, mais celles d'une forme de carbone pure – comme le graphite ou le diamant – découverte relativement récemment. Le carbone 60 ouvre des perspectives inouïes dans le domaine médical.

**H**arry Kroto, spécialiste en chimie organique à l'université du Sussex, au Royaume-Uni, a les yeux rivés vers l'espace. Quel est l'objet de son attention ? Une longue molécule composée d'atomes de carbone qui ressemble à un serpent. Il en est convaincu : une structure de ce type n'a pu naître que dans l'atmosphère riche en carbone des géantes rouges, ces étoiles parvenues en fin de vie. Mais il peine à faire partager son enthousiasme pour en apprendre plus sur cet étrange composé : qu'y a-t-il de plus banal que du carbone, cet élément chimique commun sur Terre et dans l'univers ? Quelque temps après son observation, en 1984, l'homme fait une rencontre qui s'avérera décisive : au cours d'un congrès scientifique, il croise le chemin d'un confrère américain, Robert Curl, avec lequel il se lie d'amitié. Ce dernier lui présente alors Richard Smalley, l'un de ses collègues de l'université Rice de Houston, au Texas, où il travaille. Au cours d'une visite dans le laboratoire des deux hommes, Harry Kroto découvre un instrument très sophistiqué mis au point par Richard Smalley, l'AP2, qui permet d'étudier la matière de manière extrêmement précise. Le chimiste n'a qu'une envie : l'utiliser pour mener des expérimentations autour du carbone et comprendre la manière dont a pu se former la molécule serpent. Il doit cepen-



Harry Kroto

dant faire preuve de patience : ses collègues américains, investis dans leurs projets, ne sont pas en mesure d'accéder directement à sa requête. Mais le grand moment finit par arriver en septembre 1985. Les trois hommes sont réunis autour de l'AP2 et y insufflent du carbone sous forme de graphite, qui ne tarde pas à être vaporisé par le puissant laser de la machine. Pendant plusieurs jours, les scientifiques expérimentent et obtiennent deux résultats notables. Ils parviennent tout d'abord à recréer la molécule serpent qu'Harry avait observée dans l'espace ; mais leur attention se focalise sur un autre élément : la présence en abondance d'une molécule de carbone pure, composée de 60 atomes, qui n'a jamais été décrite auparavant.

## LES CHERCHEURS MARQUENT UN BUT

**L**es scientifiques s'attellent alors à une tâche ardue : tenter de déterminer la structure de cette molécule. À l'aide de papier, d'une paire de ciseaux et de scotch, Smalley finit par mettre au point un modèle qui décrit parfaitement leur découverte : un polygone présentant 60 sommets et 32 faces, 12 étant des pentagones et 20 des hexagones, ressemblant parfaitement à... un ballon de football ! Le carbone 60 – ou C60 pour faire plus court – fraîchement découvert n'a ainsi pas tardé à être surnommé « footballène » (*buckyball en anglais*)<sup>1</sup>. Grâce à ces travaux, les trois hommes ont mis à jour le premier membre d'une grande famille de composés chimiques, les fullerènes, constitués uniquement d'atomes de carbone en nombre variable, de forme sphérique, comme le C60, d'anneau, d'ellipse ou de tube, ce qui leur vaudra le prix Nobel de chimie en 1996. Ces composés, d'une structure si particulière et dotés de propriétés conductrices et lubrifiantes, sont d'intéressants nanomatériaux utilisés pour de nombreuses applications, dans le domaine de l'électronique, notamment. Mais pas seulement : ils possèdent également un potentiel thérapeutique considérable qui attire l'attention des chercheurs du monde entier.

1. Kroto HW et al. C-60 – Buckminsterfullerene. Nature. 1985;318:162-3

## UNE ÉPONGE À RADICAUX LIBRES

**L**es bienfaits pour la santé de cette molécule sont notamment liés à une caractéristique du C60 : il est en mesure de se lier avec des électrons, neutralisant ainsi les dangereux radicaux libres produits en permanence au sein de notre organisme, comme l'ion superoxyde ou le radical hydroxyle. S'ils participent au fonctionnement normal de nos cellules lorsqu'ils sont présents en quantités modérées, leur excès peut s'avérer néfaste pour notre santé. Ces espèces chimiques sont en effet très réactives – elles possèdent un ou plusieurs électrons libres qui cherchent à se lier à d'autres électrons – et elles endommagent les composants de l'organisme comme les protéines, les lipides ou l'ADN.

Ce stress oxydatif contribue au phénomène de vieillissement, mais également au développement de différentes maladies, comme le cancer, les affections neurodégénératives et cardiovasculaires ou l'arthrose. Les capacités antioxydantes du carbone 60 sont extrêmement puissantes, plusieurs centaines de fois supérieures à celles des vitamines C et E ou des caroténoïdes<sup>2</sup>. Cependant, le footballène a un gros défaut : il n'est pas soluble dans l'eau. Pour le rendre plus facilement assimilable par l'organisme, les scientifiques ont développé de nombreux produits dérivés, en accolant un ou plusieurs groupements chimiques à la molécule de base, comme les fullerénols ou les carboxyfullerènes, qui conservent les capacités antioxydantes de la molécule initiale.

## LE C60 ALLONGE L'ESPÉRANCE DE VIE DES ANIMAUX

**L**a manière dont un organisme répond au stress oxydatif contribue de façon essentielle à déterminer sa durée de vie. En neutralisant en partie les radicaux libres, le C60 pourrait-il augmenter la longévité des organismes ? Plusieurs équipes ont tenté de répondre à cette question, en étudiant les effets de son administration chez différentes espèces animales. Des chercheurs de l'université de Floride sont ainsi parvenus à augmenter la durée de vie d'un petit crustacé vivant en eau douce, *Ceriodaphnia dubia*, de 38 %<sup>3</sup>. Une équipe chinoise a quant à elle mis en évidence un ralentissement du vieillissement chez le ver *Caenorhabditis elegans*<sup>4</sup> et la capacité du C60 à activer des gènes clés impliqués dans la gestion du stress cellulaire, permettant aux animaux de mieux supporter des conditions extrêmes (comme l'exposition à une forte température, par exemple). Ces résultats, certes prometteurs, ont été obtenus chez des animaux bien éloignés de l'être humain ; mais certaines données laissent à penser que l'action du C60 sur la longévité concerne également les mammifères. Une étude menée chez la souris<sup>5</sup> a montré qu'il parvient à réduire les niveaux de stress oxydatif liés au vieillissement et à prolonger la durée de vie des animaux de 11 % ; et pour couronner le tout, à prévenir le déclin intellectuel des cobayes âgés. Mais les résultats les plus frappants ont été obtenus par une équipe de chercheurs de l'université de Paris Sud, dirigée par Fathi Moussa, en 2012<sup>6</sup>. Des rats ont été répartis en trois groupes, les uns recevant un

mélange de C60 et d'huile d'olive, les seconds seulement de l'huile d'olive et les troisièmes uniquement de l'eau. De grands écarts ont été observés dans leur durée de vie : les animaux ont vécu respectivement 42 mois, 26 mois et 22 mois en moyenne. Autrement dit, le C60 est pratiquement parvenu à doubler l'espérance de vie de ces rats de laboratoire ! Très spectaculaires, ces résultats ont suscité la controverse dans le milieu scientifique, notamment parce que le nombre d'animaux intégrés au protocole expérimental était faible. Dans cette même étude, les chercheurs ont par ailleurs montré la capacité du C60 à protéger les animaux contre les dommages provoqués par l'administration de tétrachlorure de carbone, un poison qui génère des radicaux libres. Les rats du groupe contrôle ont ainsi sans surprise présenté de graves lésions au niveau du foie, tandis que les rats ayant reçu du C60 n'ont présenté que de petites altérations du tissu hépatique, prouvant sa formidable capacité à neutraliser les radicaux libres.

## LE C60 POUR ÉTOUFFER LE CANCER

**L**e carbone 60 intéresse également les chercheurs spécialisés en oncologie. L'implication des radicaux libres dans le développement du cancer est bien connue : ils provoquent de l'instabilité au niveau des gènes, favorisent la prolifération des cellules cancéreuses et la formation de nouveaux vaisseaux sanguins destinés à alimenter les tumeurs<sup>7</sup>. L'une des pistes thérapeutiques pour contrôler la maladie est ainsi de recourir à des composés antioxydants et,

2. Krusic PJ et al. Radical reactions of c60. Science. 1991;254:1183-5

3. Gao J et al. Polyhydroxy fullererenes (fullerenols or fullererenols): beneficial effects on growth and lifespan in diverse biological models. PLoS One. 2011;6(5):e19976

4. Cong W et al. Evaluation of the influence of fullereneol on aging and stress resistance using *Caenorhabditis elegans*. Biomaterials 2015; 42:78-86

5. Quick KL et al. Carboxyfullerene SOD mimetic improves cognition and extends the lifespan of mice. Neurobiol Aging 2008; 29:117-28

6. Baatt T et al. The prolongation of the lifespan of rats by repeated oral administration of [60]fullerene. Biomaterials. 2012 Jun;33(19):4936-46

7. Morry J et al. Oxidative stress in cancer and fibrosis: Opportunity for therapeutic intervention with antioxidant compounds, enzymes, and nanoparticles. Redox Biol. 2017 Apr;11:240-253

au vu de ses formidables capacités, le C60 est un excellent candidat pour y parvenir. L'un de ses dérivés a par exemple montré une activité antitumorale, non pas en détruisant les cellules cancéreuses directement, mais en modifiant leur micro-environnement, le rendant défavorable à leur développement<sup>8</sup>. D'autres sont en mesure d'exercer un effet radioprotecteur, protégeant les cellules saines des dégâts provoqués par les hautes doses d'irradiation utilisées pour détruire les cellules cancéreuses<sup>9</sup>. Le carbone 60 pourrait également permettre de contourner un problème auquel les médecins font face de façon récurrente : la résistance des cellules cancéreuses à la chimiothérapie, qui compromet les chances de succès des traitements. Une équipe<sup>10</sup> a ainsi mis au point un médicament anticancéreux basé sur l'association de C60 et de cisplatine, une molécule couramment employée en chimiothérapie. Testé sur des cellules cancéreuses de leucémie résistantes à certaines chimiothérapies, la combinaison s'est avérée plus efficace pour détruire les cellules malades que la cisplatine seule. Les chercheurs l'ont ensuite administrée à des souris souffrant de cancer du poumon et ont constaté un ralentissement de la croissance de la tumeur, de manière plus marquée qu'avec l'un ou l'autre des composés employés individuellement. Le mécanisme qui explique ce succès a été mis en évidence : le C60 parvient à inactiver certaines protéines (la glycoprotéine P<sup>11</sup>, MRP1 et MRP2) qui contribuent à ce phénomène de résistance à la chimiothérapie. Enfin, dernier avantage et non des moindres, le C60 permet d'atténuer la toxicité de la cisplatine, qui peut

en effet provoquer des mutations dans le patrimoine génétique, augmentant le risque de développer un cancer secondaire quelques années après le traitement. Le C60 pourrait également améliorer les diagnostics dans le domaine de la cancérologie ; une équipe américaine a par exemple récemment mis au point un agent de contraste, utilisé dans le cadre des examens d'imagerie par résonance magnétique (IRM), capable non seulement de détecter avec une grande précision les tumeurs du sein, mais également d'apporter des précisions sur sa vitesse de croissance<sup>12</sup>. La structure creuse du C60 forme une cage qui peut accueillir du gadolinium, une molécule couramment utilisée pour visualiser les tissus au cours des IRM ; en surface est fixé un petit composé qui détecte une protéine spécifique associée au cancer. Cet assemblage permet d'améliorer la sensibilité de la technique et en garantit la sécurité, notamment parce que les doses utilisées sont plus faibles qu'avec les méthodes traditionnelles.

## LES PROPRIÉTÉS ANTIMICROBIENNES DU C60

**L**e carbone 60 possède également des propriétés antibactériennes, qui s'exercent d'une manière différente selon le type de bactéries<sup>13</sup>. Ces micro-organismes sont constitués d'une unique cellule et d'une paroi protectrice. La nature de cette dernière est variable et permet de distinguer deux grands groupes : les bactéries à gram positif (comme les staphylocoques, les streptocoques ou les entérocoques) et les bactéries à

gram négatif (*Escherichia coli*, par exemple). Chez les représentantes du premier groupe, le C60 est en mesure de s'intercaler directement entre les composés de la paroi ; ainsi déstructuré, le microbe ne peut survivre. S'il n'est pas en mesure de détruire directement les bactéries du second groupe, il s'avère néanmoins capable de contrôler l'infection qu'elles provoquent. *E. coli* est une bactérie naturellement présente dans l'intestin et généralement inoffensive. Elle peut toutefois devenir pathogène et entraîner différentes maladies : infection urinaire, gastro-entérite, etc., et même de redoutables méningites, notamment chez les nourrissons. Les méningites d'origine bactérienne s'accompagnent d'une augmentation de la perméabilité de la barrière protectrice du cerveau, qui contribue au développement d'un œdème cérébral, à l'origine d'une augmentation de pression à l'intérieur du crâne, qui prive certaines régions du cerveau de l'oxygène indispensable à la survie des cellules. Des chercheurs taïwanais ont montré, au cours d'une étude sur des souris, le potentiel d'un dérivé de C60 pour contrer ce phénomène et maintenir l'intégrité de cette barrière protectrice<sup>14</sup>. À ces propriétés antibactériennes s'ajoute sa capacité à lutter contre les virus. Il a fait la preuve de son efficacité contre le virus de la grippe<sup>15</sup> et de l'hépatite C<sup>16</sup>. Depuis les années 1990, son potentiel antiviral est également étudié sur un redoutable pathogène : le virus de l'immunodéficience humaine, responsable du SIDA. À cette époque, des chercheurs ont en effet découvert que des composés dérivés de carbone 60 possédaient une action antivirale contre le HIV1, la forme

8. YiYe Li et al. Antineoplastic activities of Gd@C82(OH)22 nanoparticles: tumor microenvironment regulation. *Science China Life Sciences*. October 2012, Volume 55, Issue 10, pp 884–890  
 9. Theriot CA et al. Dendro [C60] fullerene DF-1 provides radioprotection to radiosensitive mammalian cells. *Radiat Environ Biophys* 2010; 49:437–45  
 10. Svitlana Prylutska et al. C60 fullerene enhances cisplatin anticancer activity and overcomes tumor cell drug resistance. *Nano Research* February 2017, Volume 10, Issue 2, pp 652–671  
 11. [http://www.jpubli.inserm.fr/bitstream/handle/10608/2215/MS\\_1995\\_3\\_357.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.jpubli.inserm.fr/bitstream/handle/10608/2215/MS_1995_3_357.pdf?sequence=1&isAllowed=y)  
 12. Han Z et al. Targeted gadofullerene for sensitive magnetic resonance imaging and risk-stratification of breast cancer. *Nat Commun*. 2017 Sep 25;8(1):692  
 13. Tsao N et al. In vitro action of carboxyfullerene. *J Antimicrob Chemother*. 2002 Apr;49(4):641-9  
 14. Tsao et al. Inhibition of the increased permeability of blood-brain barrier in *Escherichia coli*-induced meningitis by carboxyfullerene. 2001. *Fullerene Science and Technology* 9,307–20  
 15. Shoji M et al. Anti-influenza Activity of C 60 Fullerene Derivatives. *PLoS One* 2013; 8:e66337  
 16. Xiao S-I et al. Conjugation of cyclodextrin with fullerene as a new class of HCV entry inhibitors. *Biorg Med Chem* 2012; 20:5616–22

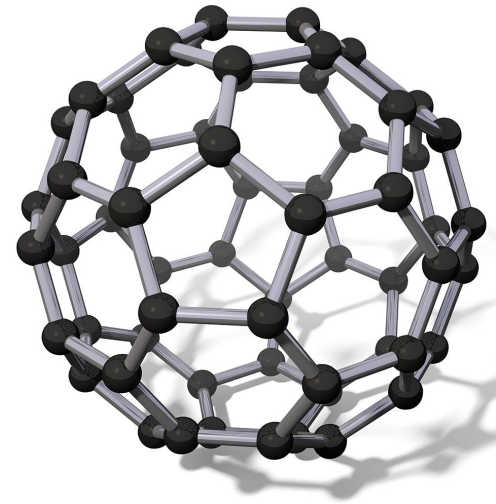
la plus courante du virus. Mais les mécanismes à l'œuvre n'ont pas été élucidés, ce qui a freiné le développement de thérapies. Récemment, en 2016, une équipe de l'université du Texas, aux États-Unis<sup>17</sup>, a levé une partie du mystère entourant son mode d'action. Il était auparavant admis que le C60 bloquait l'action des protéases produites par le virus pour découper des composés pré-curseurs et obtenir les molécules nécessaires à sa multiplication. Mais les scientifiques se sont rendu compte qu'il agissait en réalité d'une autre manière : il s'oppose à la maturation du virus. Ainsi, lorsque le virus se multiplie dans une cellule infectée, il reste sous une forme immature qui n'a aucun pouvoir infectieux. Une piste très intéressante pour développer une nouvelle approche de lutte contre le virus.

## LE C60 POUR LA SANTÉ DES OS ET ARTICULATIONS

**D'**autre part, le carbone 60 exerce une action protectrice sur notre squelette. Dès les années 1990, un groupe de chercheurs a montré qu'il était en mesure de promouvoir la fabrication des chondrocytes<sup>18</sup>, ces cellules qui assurent la régénération de cartilage, le tissu qui recouvre les extrémités osseuses au niveau des articulations. Pourrait-il donc lutter contre la dégénérescence de ce revêtement protecteur, observée notamment en cas d'arthrose ? Pour le déterminer, des chercheurs japonais<sup>19</sup> ont mené une double expérience. Ils ont tout d'abord étudié le comportement de chondrocytes humains soumis à un stress oxydant, en présence ou

non de C60. Les cellules soumises à ce stress cellulaire produisent des enzymes, des substances qui s'attaquent au tissu cartilagineux, mais ce phénomène est stoppé grâce à l'ajout du traitement. De plus, il permet d'augmenter la production de collagène de type II et de protéoglycanes, les composants de base du cartilage. Dans la seconde partie de leur étude, les scientifiques ont testé les effets du composé chez un modèle animal de la pathologie. Ils ont procédé à des injections de C60 au niveau des articulations de lapins et constaté un ralentissement de l'usure de leur cartilage.

Grâce à ses propriétés antioxydantes, le C60 prévient l'état inflammatoire qui contribue à la dégradation de ce tissu. Mais les radicaux libres ne sont pas seulement néfastes pour le cartilage, ils nuisent également au tissu osseux en favorisant la formation des ostéoclastes<sup>20</sup>, les cellules responsables de la dégradation de l'os. Et là encore, le C60 peut prévenir les dommages : injecté au niveau des articulations de rats souffrant d'arthrose, il réduit le nombre de ces cellules et ainsi la destruction du tissu osseux<sup>21</sup>. Des données complémentaires obtenues au cours de tests en laboratoire suggèrent qu'il est également en mesure de stimuler la formation de nouveaux tissus osseux, en activant certains gènes impliqués dans ce phénomène<sup>22</sup>. Il apparaît ainsi comme un candidat idéal pour lutter contre l'ostéoporose, cette affection qui concerne environ 40 % des femmes de 65 ans. D'autant qu'il permet de mieux cibler les médicaments classiquement utilisés pour lutter contre la maladie, comme les bisphosphonates, mal assimilés au niveau de l'intestin lorsqu'ils sont



La molécule C60 a une forme similaire à un ballon de football

administrés par voie orale. Des chercheurs ont travaillé à la mise au point de composés chimères, fabriqués à partir de C60 et de bisphosphonates, qui possèdent une forte affinité pour l'hydroxyapatite, la principale composante minérale des os. Ainsi, ce traitement cible spécifiquement le tissu osseux<sup>23</sup>. Les effets de dérivés de C60 sont également étudiés dans le cadre d'un autre trouble du squelette, l'usure des disques qui séparent les vertèbres<sup>24</sup>. En atténuant la production de composés inflammatoires, ils diminuent les douleurs qui y sont associées.

## LE C60 CONTRE LE VIEILLISSEMENT DE LA PEAU

**S**i les travaux évoqués précédemment ont donné des résultats encourageants, la plupart des projets de recherche n'en sont qu'au stade de l'expérimentation sur l'animal et peu d'essais cliniques ont été menés chez l'homme. Le seul domaine qui fait exception est celui de la cosmétique, la capacité du C60 à s'opposer à la

17. Zachary S. Martinez et al. Fullerene Derivatives Strongly Inhibit HIV-1 Replication by Affecting Virus Maturation without Impairing Protease Activity. *Antimicrob Agents Chemother.* 2016 Oct; 60(10): 5731-5741  
 18. Tsuchiya T et al. A novel promoting action of fullerene C60 on the chondrogenesis in rat embryonic limb bud cell culture system. *Biochem Biophys Res Commun.* 1995 Jan 26; 206(3):885-94  
 19. Yudooh K et al. Water-soluble C60 fullerene prevents degeneration of articular cartilage in osteoarthritis via down-regulation of chondrocyte catabolic activity and inhibition of cartilage degeneration during disease development. *Arthritis Rheum.* 2007 Oct; 56(10):3307-18  
 20. Lee NK et al. A crucial role for reactive oxygen species in RANKL-induced osteoclast differentiation. *Blood.* 2005 Aug 1; 106(3):852-9. Epub 2005 Apr 7  
 21. Kazuo Yudooh et al. Water-soluble fullerene (C60) inhibits the osteoclast differentiation and bone destruction in arthritis. *Int J Nanomedicine.* 2009; 4: 233-239  
 22. Liu H et al. Fullerol antagonizes dexamethasone-induced oxidative stress and adipogenesis while enhancing osteogenesis in a cloned bone marrow mesenchymal stem cell. *J Orthop Res.* 2012 Jul; 30(7):1051-7  
 23. Gonzalez KA et al. Synthesis and in vitro characterization of a tissue-selective fullerene: vectoring C(60)(OH)(16)AMBP to mineralized bone. *Bioorg Med Chem.* 2002 Jun; 10(6):1991-7  
 24. Jin L et al. Nanoparticle fullerol alleviates radiculopathy via NLRP3 inflammasome and neuropeptides. *Nanomedicine.* 2017 Aug; 13(6):2049-2059

destruction des fibres de collagène par les radicaux libres<sup>25</sup> en faisant un indéniable atout anti-âge. Ainsi, dans le cadre d'une étude menée auprès de 23 personnes, l'application d'une crème à base de C60 pendant deux mois a permis de réduire la profondeur des rides<sup>26</sup> ; un autre essai, d'une durée d'un mois, a quant à lui mis en évidence l'augmentation du contenu de la peau en collagène ainsi qu'une amélioration de son niveau d'hydratation<sup>27</sup>.

Les chercheurs ont de plus constaté l'absence de toxicité de ce traitement au cours de tests sur des fibroblastes, les cellules présentes au niveau de la peau. Des crèmes anti-âge à base de carbone 60 sont d'ores et déjà disponibles sur le marché. Par ailleurs, le C60 pourrait avoir d'autres applications en dermatologie : testé dans le cadre d'un petit essai contre l'acné, l'application d'un gel deux fois par jour pendant deux mois a permis une réduction des lésions, sans diminuer l'efficacité de la barrière cutanée. Son action passe notamment par une réduction de la production de sébum<sup>28</sup>.

## PEUT-ON PROFITER DES BIENFAITS DU CARBONE 60 ?

**D**es produits contenant du carbone 60 sont vendus sur différents sites Internet, mais n'ont ni le statut de médicament, ni celui de complément alimentaire. Ils se présentent

sous forme de poudre ou de solution où le produit est mélangé à de l'huile d'olive, d'avocat ou de coco. Le carbone 60 n'a pas été approuvé pour une utilisation chez l'homme, ce qui n'empêche pas certains usagers d'y recourir sans attendre le feu vert officiel, pour lutter contre diverses affections chroniques comme l'arthrose, l'ostéoporose, les maladies inflammatoires de l'intestin (maladie de Crohn, diverticulite, etc.) ou les allergies.

Certains patients souffrant de sclérose en plaques l'utilisent pour tenter de freiner l'évolution de cette maladie auto-immune : en atténuant les phénomènes inflammatoires, le carbone 60 pourrait ralentir la destruction de la gaine protectrice qui entoure le prolongement des neurones.

Le carbone 60 en lui-même ne présente pas de risque d'allergie<sup>29</sup> et ne semble pas exercer d'effet toxique<sup>30</sup>, même administré à des doses relativement élevées : chez des rats exposés à une dose de 2 000 mg/kg pendant une journée et à 250 mg/kg pendant 30 jours, aucun décès n'a été constaté et la structure des organes internes n'a pas été impactée par le traitement. Les quantités de carbone 60 détectées dans l'organisme étaient faibles, montrant qu'il était correctement éliminé. Les données sur les effets de son administration à long terme ne sont cependant pas disponibles.

Céline Sivault ■■■

## Rendu malade par son pommeau de douche

Rien de tel qu'une bonne douche pour se sentir mieux ! À condition toutefois que le pommeau n'héberge pas des mycobactéries non tuberculeuses... Des chercheurs américains ont étudié<sup>1</sup> à la loupe 650 pommeaux de douche, aux États-Unis et en Europe, et ont identifié la présence de ces microbes pathogènes – responsables notamment d'infections pulmonaires chez les personnes à l'immunité défaillante – sur certains d'entre eux, avec une présence plus fréquente Outre-Atlantique. Celle-ci varie non seulement en fonction de la zone géographique, de la source de l'eau mais aussi de ses traitements, le chlore s'avérant peu efficace pour les éliminer. Ces microbes colonisent plus volontiers les pommeaux en métal que ceux en plastique.

1. Matthew J. Gebert et al. Ecological Analyses of Mycobacteria in Showerhead Biofilms and Their Relevance to Human Health. *mBio*, 2018; 9 (5)

## Une bonne drogue à sniffer

Glisser un sachet de lavande sous son oreiller pour s'apaiser et trouver rapidement le sommeil... Cette astuce de grand-mère n'est pas sans fondement : cette plante médicinale possède des vertus anxiolytiques qui ne sont plus à démontrer. Des chercheurs<sup>2</sup> ont voulu percer son mécanisme d'action. En réalisant des tests chez la souris, ils ont tout d'abord confirmé la capacité du linalol, l'un des principaux composants de l'huile essentielle de lavande, à combattre l'anxiété aussi efficacement que les médicaments à base de benzodiazépines (le Valium® par exemple), les effets indésirables en moins. Ils ont ensuite découvert que cet effet tranquillisant passe par le sens de l'odorat, la perception du parfum conduisant à l'activation des mêmes zones du cerveau que celles ciblées par les médicaments.

2. Hiroki Harada et al. Linalool Odor-Induced Anxiolytic Effects in Mice. *Front Behav Neurosci*. 2018; 12: 241

25. Ngan CL et al. Skin intervention of fullerene-integrated nanoemulsion in structural and collagen regeneration against skin aging. *Eur J Pharm Sci* 2015; 70:22-8  
 26. Kato S et al. Clinical evaluation of fullerene-C60 dissolved in squalene for anti-wrinkle cosmetics. *J Nanosci Nanotechnol*. 2010 Oct;10(10):6769-74  
 27. Ngan CL et al. Skin intervention of fullerene-integrated nanoemulsion in structural and collagen regeneration against skin aging. *Eur J Pharm Sci*. 2015 Apr 5;70:22-8  
 28. Inui S et al. Improvement of acne vulgaris by topical fullerene application: unique impact on skin care. *Nanomedicine*. 2011 Apr;7(2):238-41  
 29. Andreev SM et al. Immunogenic and allergic properties of fullerene conjugates with amino acid and proteins. *Dokl Biochem*. 2000;370:4-7  
 30. Sergey Andreev et al. (2015) Study of Fullerene Aqueous Dispersion Prepared by Novel Dialysis Method: Simple Way to Fullerene Aqueous Solution. *Fullerenes, Nanotubes and Carbon Nanostructures* 23:9, pages 792-800