



## Revue *Hybrid*, n° 4

### « Malaise dans la représentation »

#### Malaise dans la représentation : existe-t-il des conditions d'adversité et de félicité culturelles (effet Theuth) ?

Joël Candau

Joël Candau, anthropologue, est professeur à l'Université Côte d'Azur (LAPCOS, EA 7278). Il est l'auteur de deux cents communications et de plus de cent publications, notamment les ouvrages suivants (dont plusieurs traduits à l'étranger) : codirigé avec Le Gonidec M.-B., *Paysages sensoriels. Essai d'anthropologie de la construction et de la perception de l'environnement sonore* (CTHS, 2013) ; codirigé avec Barthélemy T., *Mémoire familiale, objets et économies affectives* (CTHS, 2012) ; *Anthropologie de la mémoire* (Armand Colin, 2005) ; *Mémoire et expériences olfactives. Anthropologie d'un savoir-faire sensoriel* (PUF, 2000) ; *Mémoire et identité* (PUF, 1998) ; *Anthropologie de la mémoire* (PUF, 1996).

La notion de « malaise » dans la représentation est définie ici comme le sentiment d'une inadéquation fonctionnelle et récurrente entre la chose représentée et l'entité mentale qui lui correspond, que celle-ci reste privée ou soit rendue publique. Cette inadéquation se manifeste par la difficulté, et parfois l'incapacité, d'élaborer des représentations permettant d'une part la meilleure communication possible entre individus, d'autre part la compréhension optimale des conséquences de notre activité. Les causes de cette inadéquation peuvent être pathologiques, sociales, ou encore culturelles, et ce sont ces dernières qui nourrissent mon propos. Dans la première partie de l'article, je rappelle quels sont les principaux piliers cognitifs de la représentation. Je soutiens ensuite que le malaise touche moins à la représentation elle-même qu'à l'ébranlement de ces piliers, notamment le principal qu'est la faculté d'attention. Enfin, dans la troisième et dernière partie, j'envisage l'hypothèse d'une variabilité culturelle du malaise, en avançant les notions d'adversité et de félicité culturelles.

Mise en ligne : 21 décembre 2017

## Texte intégral (format PDF)

### Introduction

Définissons la notion de « malaise » appliquée à la représentation comme le sentiment d'une inadéquation fonctionnelle et récurrente entre la chose représentée et l'entité mentale qui lui correspond, que celle-ci reste privée, comme c'est le cas pour la plupart de nos représentations, ou bien qu'elle soit publique, sous forme orale, écrite ou tout autre moyen d'externaliser nos états mentaux. Cette inadéquation ne doit pas être confondue avec l'existence d'un écart, ou d'un décalage entre la représentation et ce qu'elle représente. Cet écart est en effet normal, il est intrinsèque à la représentation dont le propre est d'être autre chose que la chose représentée. Il y a de nombreuses raisons à cela, mais il suffit d'en donner une seule : nos états mentaux sont des *qualia*, toujours vécues à la première personne, et puisque nous ne sommes pas des clones, on déduit logiquement de leur caractère irréductiblement phénoménologique que les images du monde que chacun-e de nous fabrique sont i) toutes légèrement différentes et ii) ne peuvent être absolument identiques à la chose représentée puisque, ontologiquement, cette chose est la même pour tous au moment où elle est perçue, excepté toutefois dans les nombreux cas de métareprésentations.

L'inadéquation dont il est ici question est la difficulté, et parfois l'incapacité, d'élaborer des représentations permettant d'une part la meilleure communication possible entre individus, d'autre part la meilleure compréhension possible des conséquences de notre activité. Les causes peuvent être pathologiques. Par exemple, une personne atteinte de la maladie d'Alzheimer pourra utiliser à tort la représentation publique « framboises » pour parler de fraises, phénomène classique de paraphrasie sémantique chez ce type de patient. La communication avec autrui sera alors altérée, tout comme les activités éventuellement engagées. Les causes de cette inadéquation peuvent également être sociales, ou encore culturelles, et ce sera ici mon propos. Dans la première partie de l'article, je rappelle les principaux piliers cognitifs de la représentation. Je soutiens ensuite que le malaise touche moins à la représentation elle-même qu'à ces piliers qui la rendent possible, notamment le principal qu'est la faculté d'attention. Enfin, dans la troisième et dernière partie, j'envisage l'hypothèse d'une variabilité culturelle du malaise, en avançant les notions d'adversité et de félicité culturelles.

### Les piliers cognitifs de la représentation

L'aptitude à représenter le monde est un processus dont tous les êtres humains sont naturellement capables. À chaque instant, par l'intermédiaire de nos sens et de processus cognitifs de haut niveau – les trois piliers cognitifs de la représentation que sont l'attention, la mémoire et l'imagination –, nous construisons des images de notre environnement. Ces entités mentales, donc internes, ont vocation à représenter les réalités externes dont nous faisons immédiatement l'expérience et auxquelles nous sommes attentifs, ou au minimum portent des informations sur ces réalités. Elles peuvent également représenter une expérience antérieure que nous avons gardée en mémoire. Enfin, rien ne nous empêche de nous représenter le paysage d'une exoplanète extragalactique, sans en avoir la moindre expérience empirique ni évidemment un souvenir particulier : cette faculté d'imagination est elle-même plus ou moins nourrie par nos actions et/ou par le souvenir d'expériences passées. Nous construisons par conséquent des représentations selon

trois modalités : grâce à l'attention que nous portons à notre immersion et à nos actions dans le flux du monde, en prenant appui sur des représentations déjà en mémoire (y compris pendant le sommeil sous forme onirique), et à l'aide de notre imagination.

Le degré d'adéquation des représentations avec le monde tel qu'il est varie, selon la modalité considérée. Dans le premier cas, celui de l'attention portée à nos expériences mondaines ordinaires et quotidiennes, on peut s'attendre à la plus grande fidélité de nos représentations, même si celle-ci varie en fonction du degré d'attention. Cette fidélité probable tient à une raison simple. Dans la longue durée de notre phylogenèse, les représentations les plus aberrantes du monde physique ont été balayées par l'évolution, et ceux qui les portaient avec. S'il a existé, au Paléolithique moyen, une espèce d'hominidés dont les membres se représentaient comme des êtres capables de s'envoler sans l'aide d'artefacts depuis le haut d'une falaise, cette espèce s'est forcément éteinte sous la pression sélective de la loi de la gravitation. Par cet exemple, je défends la thèse de l'objectivisme représentationnel. Le monde physique est constitué d'objets qui possèdent des propriétés indépendantes des individus qui les perçoivent, et si tous les êtres humains arrivent souvent à se représenter *scientifiquement* ces propriétés (à l'aide de catégories et de concepts et de ce que je propose d'appeler la « pensée sachante »), c'est parce qu'ils s'exercent à cela depuis des centaines de milliers d'années. La sélection naturelle de nos modes de représentation contribue à rendre objective notre représentation du monde physique.

Dans une certaine mesure, il en va de même des représentations immédiates du monde social, c'est-à-dire la manière dont nous nous représentons les individus avec lesquels nous interagissons *hic et nunc*. Par exemple, sauf cas pathologiques, les êtres humains sont pour la plupart très compétents pour se représenter les états mentaux d'autrui à partir de micro-expressions faciales, notamment les émotions dites de base (colère, peur, dégoût, joie, tristesse, surprise). Ici encore, si nous imaginons un petit groupe d'hominidés qui, lors de la rencontre d'autres groupes, se représentait systématiquement les expressions de colère comme des expressions de joie, on a tout lieu de penser que la postérité de ce groupe a été rapidement compromise. Avec cette première modalité, il semble bien, par conséquent, qu'il y ait peu de place pour une inadéquation de la représentation. Il est en effet vital que celle-ci soit aussi fiable et opératoire que possible.

L'arbre, cependant, ne doit pas cacher la forêt. Les représentations liées à notre économie attentionnelle sont loin de toutes avoir un enjeu adaptatif pour la continuité de l'espèce. Tout en restant adaptativement performant dans la représentation des stimuli physiques et sociaux, dangereux ou bénéfiques, je peux avoir ou pas des pensées poétiques au vu d'un beau coucher de soleil, ressentir ou pas de la compassion en voyant une autre personne souffrir, être ému ou pas en lisant *La Recherche*, etc. En fait, d'innombrables représentations induites par notre attention lors de nos expériences mondaines ordinaires et quotidiennes sont neutres du point de vue de la sélection naturelle et sont de ce fait très vulnérables à l'inadéquation. Je reviendrai sur ce point dans la deuxième partie.

Avec la deuxième modalité, et plus encore avec la troisième, les contraintes sélectives sur le degré d'adéquation entre la représentation et la réalité sont plus faibles, voire inexistantes. Considérons les représentations construites à partir de traces mnésiques. Bien sûr, si depuis mon bureau au dixième étage d'un immeuble,

je me souviens, à tort, que je peux voler – après tout, les faux souvenirs existent<sup>1</sup> –, et saute aussitôt par la fenêtre pour aller à un rendez-vous, ma représentation erronée sera sanctionnée et sans doute définitivement éliminée. Mais on est là dans un registre pathologique, saturé de représentations aberrantes, comme on peut par exemple l’observer dans des délires psychotiques. En revanche, quand, dans *La Recherche*, le narrateur se souvient du grain de beauté d’Albertine « tantôt sur la joue, tantôt sur le menton » puis, en fin de compte, prend conscience qu’il était sur la lèvre supérieure au-dessous du nez<sup>2</sup>, ces errements représentationnels sont sans grande conséquence. Hors registre pathologique, les représentations relevant de cette deuxième modalité peuvent donc plus ou moins jouer avec la réalité – et se jouer d’elle – sans que cela ait le moindre effet sélectif sur les porteurs de ces représentations.

Cela est encore plus vrai de la troisième modalité. Là, et toujours hors de toute pathologie, les libertés quasi infinies que peut prendre mon imagination avec la réalité semblent ne pas avoir de conséquences adaptatives. Peindre *Le Jardin des délices*, écrire *Anna Karénine* ou composer *Organ<sup>2</sup>/ASLSP* n’a aucune influence sur la *fitness* de notre espèce. Ces libertés fondent d’ailleurs l’activité créatrice<sup>3</sup>, signature majeure de l’identité humaine.

En résumé, le malaise dans la représentation tel que je l’ai défini en termes d’inadéquation fonctionnelle et récurrente n’est impossible que dans la première modalité, et dans ce cas uniquement lorsque notre économie attentionnelle doit traiter (représenter) des stimuli mondains présentant un enjeu adaptatif pour l’espèce. Dans tous les autres cas de la première modalité, et dans tous ceux des modalités numéro 2 et 3, le malaise est possible. On notera toutefois que la deuxième et la troisième modalités ne peuvent exister sans qu’au niveau du substrat neuronal des traces expérientielles leur servent d’appui ou de tremplin. On peut donc faire l’hypothèse que des biais représentationnels dans la première modalité renforcent, en cascade, l’apparition de représentations inadéquates en modalité 2 et 3. La modalité numéro 1 est donc la clé pour comprendre les altérations fonctionnelles de notre système représentationnel.

## Des piliers ébranlés ?

À mon sens, le malaise dans la représentation est en fait un malaise de l’attention lorsque celle-ci doit traiter les innombrables stimuli mondains qui ne représentent pas un enjeu adaptatif pour l’espèce. Ce malaise altère notre faculté représentationnelle et, par contrecoup, provoque la production de représentations inadéquates par notre mémoire et notre imagination. Pour figurer le « réel », le monde, l’environnement, comme on voudra, il faut lui être attentif. Or nous sommes aujourd’hui engagés dans de si nombreuses activités, nous sommes à chaque instant sollicités par une telle profusion de stimuli, que nous glissons de plus en plus et de plus en plus vite sur le monde, sans lui prêter l’attention nécessaire. Parce que nous vivons dans des sociétés de l’inattention, nous sommes

---

1 Elizabeth F. Loftus, « Planting misinformation in the human mind : A 30-year investigation of the malleability of memory », *Learning & Memory*, vol. 12.4, 2005, p. 361-366.

2 Marcel Proust, *À l’ombre des jeunes filles en fleurs*, Paris, Robert Laffont, 1987, p. 712.

3 Wenfu Li, Xueting Li, Lijie Huang, Xiangzhen Kong, Wenjing Yang, Dongtao Wei, Jingguang Li, Cheng, Zhang Hongsheng, Qinglin, Jiang Qiu et Jia Liu, « Brain Structure Links Trait Creativity to Openness to Experience », *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, vol. 10.2, 2015, p. 191-198.

désormais enclins à représenter davantage la surface des choses que leur profondeur.

Un exemple topique est l'iconorrhée contemporaine<sup>4</sup>, c'est-à-dire les flux et les flots d'images qui nous assaillent sans répit, *via* les médias, la publicité, le cinéma, Internet ou la réalité augmentée. Cette iconorrhée semble transformer notre rapport au présent, la diffusion toujours plus rapide d'images à la croissance exponentielle contribuant tout à la fois à un engluement dans l'immédiat et à une déréalisation de ce que ces images sont censées représenter, phénomène constaté lors de l'usage excessif d'Internet ou de certains jeux vidéo<sup>5</sup>. L'iconorrhée contribuerait ainsi à une agnosie de l'événement – ou, en termes arrendtiens (1961), à une dissociation entre pensée et savoir-faire – masqué sous une succession de plans perçus sans durée et indépendamment les uns des autres. Il est possible également qu'elle change notre rapport au passé, la densification de la mémoire iconique rendant plus difficile le développement d'une mémoire sémantique<sup>6</sup>.

Cette hypothèse d'un dysfonctionnement attentionnel lié à la surcharge d'informations<sup>7</sup> est aujourd'hui régulièrement évoquée à propos du « *Cyber Effect*<sup>8</sup> ». Au sein de la technosphère informationnelle contemporaine, circule une masse d'information gigantesque dont une grande partie est supposée être accessible à tous les habitants de la planète, sous réserve de l'infrastructure et des équipements adéquats (réseau électrique, accès Internet, ordinateurs ou smartphones, etc.). Si la plupart des chercheurs reconnaissent que ces techniques numériques modifient profondément l'expérience humaine<sup>9</sup>, ils divergent à propos de la nature de cette modification. Certains la jugent positive<sup>10</sup>, plaçant leurs espoirs dans l'émergence d'une immense intelligence collective, mais beaucoup d'autres mettent l'accent sur des effets néfastes de cette révolution de l'information.

Ophir, Nass et Wagner<sup>11</sup>, par exemple, ont montré que les individus fortement engagés dans les activités multitâches caractéristiques de l'usage des nouveaux médias étaient davantage exposés à des interférences de stimuli environnementaux non pertinents et à des représentations mémorielles inadéquates, que des individus moins impliqués dans ce type d'activités, avec comme corollaire un déclin des compétences cognitives. Selon Carr<sup>12</sup>, nous traitons l'immense flux d'information

---

4 Joël Candau, *Anthropologie de la mémoire*, Paris, Presses Universitaires de France (PUF), 1996.

5 Fatih Canan, Ahmet Ataoglu, Adnan Ozcetin et Celalettin Icmeli, « The Association Between Internet Addiction and Dissociation among Turkish College Students », *Comprehensive Psychiatry*, n° 53.5, 2012, p. 422-426.

6 Joël Candau, *Mémoire et identité*, Paris, Presses Universitaires de France (PUF), 1998.

7 Joël Candau, « Du mythe de Theuth à l'iconorrhée contemporaine : la mémoire, la trace et la perte », *Revue européenne des sciences sociales*, t. 36, n° 111, 1998, p. 47-60.

8 Mary Aiken, *The Cyber Effect*, New York, Spiegel & Grau, 2016.

9 John Brockman (dir.), *Is the Internet Changing the Way You Think ? The Net's Impact on Our Minds and Future*, New York, Harper Perennial, 2011 ; Sheila Jasanoff, *The Ethics of Invention Technology and the Human Future*, New York, Norton & Company, 2016 ; Laurence Scott, *The Four-Dimensional. Human Ways of Being in the Digital World*, New York, Norton & Company, 2016.

10 Len Fisher, *The Perfect Swarm: The Science of Complexity in Everyday Life*, Philadelphia, Basic Books, 2009 ; Benjamin C. Storm et Sean M. Stone, « Saving-Enhanced Memory : The Benefits of Saving on the Learning and Remembering of New Information », *Psychological Science*, vol. 26.2, 2015, p. 182-188.

11 Eyal Ophir, Clifford Nass et Anthony D. Wagner, « Cognitive Control in Media Multitaskers », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 106.37, 2009, p. 15583-15587.

12 Nicholas Carr, *The Shallows. What the Internet Is Doing to Our Brains*, New York, Norton, 2010.

d'Internet d'une manière incroyablement superficielle, avec des effets négatifs sur l'attention et la mémoire<sup>13</sup>. Bakshy, Messing et Adamic<sup>14</sup> font l'hypothèse que Facebook agit comme un « *bubble filter* », limitant l'exposition des individus à des perspectives transversales aux frontières idéologiques, Internet dans son ensemble pouvant d'ailleurs avoir le même effet, dans une certaine mesure, puisque le réseau est discriminatoire à l'endroit des groupes ethniques marginaux<sup>15</sup>. Cette bulle de l'entre-soi, des « *likes* », de ce qui est identique à soi-même, réduirait l'expérience de la diversité humaine et, du même coup, l'aptitude à se la représenter.

Selon Dunbar<sup>16</sup>, la qualité des relations et de la cognition sociale sur les réseaux sociaux est relativement faible en regard des interactions face à face. L'addiction de certains parents aux téléphones mobiles (nomophobie), soutient Aiken<sup>17</sup>, les empêche de consacrer à leurs enfants le temps d'interaction nécessaire au développement des aptitudes à la communication non verbale. De nombreux chercheurs considèrent qu'un nouveau trouble psychiatrique dénommé *hikikomori*, et dont la manifestation est un retrait total des jeunes Japonais de toute vie sociale, est le produit de la prolifération technologique et des modes de vie qu'elle a induits au Japon<sup>18</sup>. Selon Fisher, Goddu et Keil<sup>19</sup>, la possibilité de chercher toute information en ligne conduit les individus à surestimer leurs connaissances (et donc à biaiser leurs représentations du monde), estimant leur cerveau comme étant bien plus actif que ce que révèlent les techniques d'imagerie cérébrale. Le tout numérique à l'école pourrait altérer les contenus transmis aux enfants<sup>20</sup>. Enfin, ces technologies numériques sont propices à toutes les manipulations des représentations. Par exemple, le simple fait de modifier la vitesse des images peut changer la représentation d'une scène de la vie quotidienne. Ainsi, Caruso *et al.*<sup>21</sup> ont récemment montré que regarder à vitesse lente une vidéo montrant le tir d'un coup de feu lors d'une tentative de vol à main armée accroît l'impression que le tireur a eu l'intention de tirer pour tuer par rapport au même film présenté à une vitesse normale.

Bref, nous ne saurions plus représenter le monde, où nous le représenterions moins bien, du fait du passage d'une connaissance des profondeurs, qui demande du temps et qui est nécessairement sélective, à une connaissance de surface, ouverte à tous les vents et donc bien souvent emportée par eux, notamment parce que le

---

13 Manfred Spitzer, *Digitale Demenz: Wie wir uns und unsere Kinder um den Verstand bringen*, Munich, Droemer Knaur, 2012.

14 Eytan Bakshy, Solomon Messing et Lada Adamic, « Exposure to Ideologically Diverse News and Opinion on Facebook », *Science*, vol. 348, 2015, p. 1130-1132.

15 Nils B. Weidmann, Suso Benitez-Baleato, Philipp Hunziker, Eduard Glatz et Xenofontas Dimitropoulos, « Digital Discrimination: Political Bias in Internet Service Provision Across Ethnic Groups », *Science*, vol. 353, 2016, p. 1151-1155.

16 Robin Dunbar, « Social Cognition on the Internet: Testing Constraints on Social Network Size », *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, vol. 367, 2012, p. 2192-2201.

17 Mary Aiken, *The Cyber Effect*, New York, Spiegel & Grau, 2016.

18 Jonathan Watts, « Tokyo Public Health Experts Concerned About "Hikikomori" », *The Lancet*, vol. 359, 2002, p. 1131.

19 Matthew Fisher, Mariel K. Goddu et Frank C. Keil, « Searching for Explanations: How the Internet Inflates Estimates of Internal Knowledge », *Journal of Experimental Psychology: General*, 2015. [En ligne] doi: <http://dx.doi.org/10.1037/xge0000070> [consulté le 27 juillet 2017].

20 Philippe Bihouix et Karine Mauvilly, *Le Désastre de l'école numérique*, Paris, Seuil, 2016.

21 Eugene M. Caruso, Zachary C. Burns et Benjamin A. Converse, « Slow Motion Increases Perceived Intent », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 113.33, 2016, p. 9250-9255.

processus attentionnel passe par un goulot d'étranglement<sup>22</sup>. Si de futures recherches confirment ces hypothèses pessimistes, alors il faudra donner raison à Platon qui, déjà, dans le mythe de Theuth, reprochait à ses contemporains d'être des « savants d'illusion », parce qu'ils cherchaient « au-dehors, grâce à des caractères étrangers, non point au-dedans et grâce à eux-mêmes, le moyen de se ressouvenir » (*Phèdre* 274b-275b). »

## Représentation, adversité et félicité culturelles (effet Theuth)

Même s'il est attesté, il est peu probable que le phénomène que je viens de décrire dans la deuxième partie soit universel car, comme toujours chez l'être humain, cette aptitude naturelle qu'est l'attention est modulée par la nature intrinsèquement culturelle de notre espèce<sup>23</sup>. Dans *Phèdre*, Platon posait d'ailleurs explicitement l'effet d'une invention culturelle – en l'occurrence l'écriture – sur nos facultés cognitives, effet que j'ai appelé l'effet Theuth<sup>24</sup>. On peut donc faire l'hypothèse que selon la matrice culturelle<sup>25</sup> considérée, la prolifération des représentations de surface aux dépens des représentations des profondeurs sera plus ou moins marquée. Du point de vue de nos aptitudes représentationnelles, il y aurait donc des conditions d'adversité et de félicité culturelles.

Cette hypothèse ne va pas de soi dans ma discipline. Elle constitue une rupture avec le préjugé anthropologique (dans le sens : un préjugé des anthropologues) selon lequel les matrices culturelles sont incommensurables, nonobstant le fait d'être souvent l'objet d'une démarche comparative. Peu de chercheurs nieront que le développement d'un individu – développement entendu ici dans toutes ses dimensions : anatomo-physiologiques, motrices, cognitives, émotionnelles et sensorielles – dépend de l'interaction d'un donné biologique (son patrimoine génétique) avec un milieu. De même, peu de chercheurs contesteront l'idée que ce milieu peut favoriser un développement optimal (conditions de félicité) ou, au contraire, le ralentir ou l'entraver (conditions d'adversité). Enfin, une majorité de chercheurs acceptera l'idée que la félicité ou l'adversité peuvent revêtir diverses formes : physiologique, physico-environnementale, socio-environnementale,

22 Michael N. Tombu, Christopher L. Dux, Paul E. Asplund, Douglass Godwin, Justin W. Martin et René Marois, « A Unified Attentional Bottleneck in the Human Brain », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 108.33, 2011, p. 13426-13431.

23 Trey Hedden, Sarah Ketay, Arthur Aron, Markus, Rose Hazel et John D. E. Gabrieli, « Cultural Influences on Neural Substrates of Attentional Control », *Psychological Science*, vol. 19.1, 2008, p. 12-17 ; Sarah Ketay, Arthur Aron et Trey Hedden, « Culture and Attention : Evidence from Brain and Behavior », *Progress in Brain Research*, vol. 178, 2009, p. 79-92 ; Sawa Senzaki, Takahiko Masuda, Akira Takada et Hiroyuki Okada, « The Communication of Culturally Dominant Modes of Attention from Parents to Children: A Comparison of Canadian and Japanese Parent-Child Conversations during a Joint Scene Description Task », *PLoS ONE*, vol. 11.1, 2016. [En ligne] doi [e0147199] : <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0147199> [consulté le 27 juillet 2017].

24 Joël Candau, « The Theuth Effect. What Does Culture Do to Our Brains? », *Unesco Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*, 2017 (à paraître).

25 J'utilise ce terme pour signifier l'aspect processuel, dynamique, multiscalaire de la culture et de ses effets sur le développement des compétences des individus. Une matrice culturelle est une configuration socio-écologique génératrice d'un partage profond (c.-à-d. de pratiques et de représentations) temporairement stable entre les individus pris dans la matrice. Ce que l'on appelle communément une « société » ou une « culture » est souvent une mosaïque de matrices culturelles qui peuvent être fortement contrastées.

sociale. Par exemple, à ma naissance, j'aurais pu naître frappé d'ostéogenèse imparfaite (adversité physiologique) ou dans le corps de Marilyn Monroe ou du champion de monde de boxe Muhammad Ali (félicité physiologique). J'aurais pu naître dans les régions les plus arides du Sahel (adversité physico-environnementale) ou au milieu des prairies de tchernoziom en Amérique du Nord (félicité physico-environnementale). J'aurais pu grandir dans les années 1980 près de Bohpal en Inde (adversité socio-environnementale) ou dans une ferme de Dordogne (félicité socio-environnementale). Enfin, ma socialisation primaire aurait pu avoir lieu dans le bidonville de Kibera au Kenya (adversité sociale), ou dans l'Upper East Side à Manhattan (félicité sociale).

Bref, l'idée que l'adversité et la félicité physiologiques, physico-environnementales, socio-environnementales et sociales constituent des variables pertinentes quand on considère les facteurs qui influencent le développement anatomo-physiologique, moteur, cognitif, émotionnel et sensoriel d'un individu fait l'objet d'un large consensus dans la communauté scientifique. Toutefois, une forme possible d'adversité ou de félicité n'est quasiment jamais envisagée : la forme culturelle. Bien plus, le fait de poser la question d'une possible adversité culturelle et, en miroir, d'une possible félicité culturelle, provoque des réactions véhémentes car dans la plupart des sciences sociales, notamment en anthropologie, la « culture » est l'objet d'un syllabus : toutes les matrices culturelles se valent, question tranchée pour l'éternité. C'est la pierre angulaire de la discipline même si certains, comme Nettle<sup>26</sup>, se demandent si les traditions culturelles profitent ou oppriment les individus, et si d'autres débattent des « pratiques culturelles nocives<sup>27</sup> ». La plupart des anthropologues adoptent le principe de neutralité axiologique, souvent à juste titre, mais il en résulte l'impossibilité de considérer les effets éventuellement négatifs de la culture sur notre ontogenèse, par exemple – pour la question qui nous occupe ici –, sur le développement de cette faculté cognitive qu'est notre système représentationnel. L'opinion dominante parmi les anthropologues est d'autant plus robuste que, quelle que soit la matrice culturelle considérée, elle est souvent congruente avec celle des personnes vivant dans cette matrice. D'une manière générale, ces personnes considèrent que leur culture est globalement « bonne », et souvent supérieure aux autres. Pour les anthropologues, la pensée qui prévaut est que la culture ne peut être « mauvaise ».

Pourtant, la question de savoir si toute matrice culturelle nous permet d'utiliser de manière optimale notre faculté représentationnelle est fondée empiriquement. De nombreuses données laissent penser qu'elle est modulée en étendue et en intensité par l'environnement, notamment familial, et le niveau d'éducation. Sur un diagramme cartésien, on pourrait résumer cette modulation par une droite positive qui, dans sa partie basse, regrouperait les matrices culturelles où notre capacité représentationnelle serait faiblement sollicitée et dont la partie supérieure regrouperait les matrices culturelles favorisant soit de manière volontariste, soit de manière « évoquée » le développement de cette capacité chez tous les individus pris

---

26 Daniel Nettle, « Beyond Nature Versus Culture: Cultural Variation as an Evolved Characteristic », *Journal of the Royal Anthropological Institute*, vol. 15, 2009, p. 223-240.

27 David W. Lawson, Susan James, Esther Ngadaya, Bernard Ngowi, Sayoki G. M. Mfinanga et Monique Borgerhoff Mulder, « No Evidence that Polygynous Marriage is a Harmful Cultural Practice in Northern Tanzania », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 112.45, 2015, p. 13827-13832 ; Matthias Rieger et Natascha Wagner, « Polygyny and Child Health Revisited », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 113.13, 2016, p. E1769-E1770.



dans ces matrices. Entre ces deux extrêmes, se situeraient les matrices culturelles favorisant des formes de développement intermédiaires, dont le gradient pourrait varier aussi bien en étendue qu'en intensité. Suivant cette hypothèse, un nouveau-né dans une des matrices culturelles situées dans la partie basse de la pente aurait infiniment moins de chances, tout au long de sa socialisation, d'avoir une capacité représentationnelle optimale qu'un nouveau-né dans une des matrices culturelles situées dans la partie supérieure. La valence développementale (VD) de cette capacité représentationnelle pourrait donc varier sur un axe -/+.

En faisant cette hypothèse, je ne transige pas avec le principe de neutralité axiologique consistant à se garder de tout jugement *a priori* sur ce que les matrices culturelles valent en dignité<sup>28</sup>. La question posée est tout autre. Elle est celle de la VD d'une matrice culturelle en regard du développement optimal, dans un contexte donné, des compétences représentationnelles des individus. Quand la matrice favorise ce développement optimal, la VD est positive. Quand elle l'entrave, la VD est négative. D'un point de vue programmatique, ce qu'il s'agit d'évaluer est l'efficacité développementale d'une matrice culturelle et aucunement, bien entendu, sa dignité. Considérons quelques exemples de la variabilité de cette VD, avec deux cas d'adversité culturelle et deux autres de félicité culturelle.

Quels peuvent être les effets sur nos représentations d'une matrice culturelle totalitaire ou imprégnée de misologie, jouant davantage du registre des affects que celui de la raison et de l'attention ? Des travaux récents permettent de répondre à cette question. Voigtländer et Voth<sup>29</sup> ont montré que les Allemands nés dans les années 1920 et 1930 manifestent un degré d'antisémitisme deux à trois fois plus élevé que leurs compatriotes nés avant ou après cette période. Par exemple, bien plus souvent que d'autres Allemands, ils se représentent les Juifs comme « une population qui a trop d'influence dans le monde » ou « qui est responsable de sa propre persécution ». Cela est évidemment la conséquence de l'endoctrinement nazi – un cas prototypique d'adversité culturelle – qu'ils ont subi durant toute leur enfance, notamment à l'école.

En évoquant les matrices culturelles totalitaires, on peut se demander lesquelles des sociétés ouvertes ou fermées – pour utiliser une distinction bergsonienne puis poppérienne – offrent les meilleures chances d'un développement optimal de nos facultés représentationnelles. On sait que les groupes de grande taille et très ouverts ont plus de chances d'innover<sup>30</sup> que les groupes fermés qui semblent entraver l'évolution culturelle adaptative<sup>31</sup>, la prise de risques cognitifs et la tolérance au doute. Selon le rapport de 2003 sur le développement dans les pays arabes<sup>32</sup>, 4,4 traductions de livres par million de personnes ont été publiées dans ces pays pendant les cinq premières années 1980 (moins d'un livre par million de personnes et par an), alors que les chiffres correspondants pour la même période en Hongrie et

---

28 La question de la dignité des matrices culturelles est néanmoins légitime *a posteriori*. Cela prête peu à discussion si on considère les matrices culturelles totalitaires.

29 Nico Voigtländer et Hans-Joachim Voth, « Nazi Indoctrination and Anti-Semitic Beliefs in Germany », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 112.26, 2015, p. 7931-7936.

30 Michael Muthukrishna, Ben W. Shulman, Vlad Vasilescu et Joseph Henrich, « Sociality Influences Cultural Complexity », *Proceedings of the Royal Society B*, vol. 281, 2014, 2013.2511.

31 Jared Diamond, « The Tasmanians : the Longest Isolation, the Simplest Technology », *Nature*, vol. 273, 1978, p. 185-186 ; Joseph Henrich, « Demography and Cultural Evolution : How Adaptive Cultural Processes Can Produce Maladaptive Losses : the Tasmanian Case », *American Antiquity*, vol. 69.2, 2004, p. 197-214.

32 UNDP & RBAS, *Arab Human Development. Report 2003. Building A Knowledge Society*, New York, United Nations Publications, 2003.

en Espagne étaient respectivement de 519 et de 920 ouvrages par million de personnes. Si l'on admet que la traduction d'ouvrages est un moyen efficace de s'exposer à de nouvelles connaissances et à de nouvelles représentations, un manque d'ouverture dans ce domaine n'est-il pas un critère d'adversité culturelle ?

Selon plusieurs travaux expérimentaux<sup>33</sup>, la lecture d'ouvrages de fiction améliore notre capacité de nous représenter les états mentaux d'autrui ainsi que les nôtres, faculté appelée « théorie de l'esprit<sup>34</sup> ». Elle accroît la conscience des autres et de nous-mêmes, aussi bien chez les enfants que les adultes. Le fait de s'engager dans la lecture d'un récit, dès lors que les personnages sont complexes et que les circonstances diffèrent des routines quotidiennes, amène les individus à faire des inférences sur ce que pensent et vont faire les protagonistes de l'histoire et à s'impliquer émotionnellement. La lecture améliore ainsi la théorie de l'esprit explicite (celle qui est acquise culturellement, distincte de la théorie de l'esprit implicite, considérée comme « pré-câblée ») des lecteurs, tant d'un point de vue cognitif qu'affectif. On peut donc considérer qu'une matrice culturelle qui promeut ce type d'activité offre, pour cette faculté-là, des conditions favorables à son développement, c'est-à-dire des conditions de félicité culturelle.

Considérons un dernier exemple. L'écoute musicale précoce améliore l'aptitude des enfants à se représenter la structure temporelle d'une information et les événements futurs, non seulement dans le domaine de la musique mais aussi lors du traitement de la parole<sup>35</sup>, ce qui est confirmé par d'autres travaux<sup>36</sup>. Des environnements sonores enrichis améliorent par conséquent les aptitudes représentationnelles des individus. On peut dès lors estimer qu'une matrice culturelle où tous les individus pris dans la matrice bénéficient d'un programme ambitieux d'éducation musicale satisfait, par ce fait même, à un critère de félicité culturelle.

Le lecteur intéressé pourra trouver ailleurs<sup>37</sup> de nombreux exemples similaires. Tous montrent, de manière robuste, que les matrices culturelles peuvent avoir un effet négatif ou positif sur le développement de nos capacités représentationnelles et, plus largement, sur l'ensemble de nos facultés cognitives, émotionnelles, sensorielles et motrices.

---

33 Cecilia M. Heyes et Chris D. Frith, « The Cultural Evolution of Mind Reading », *Science*, vol. 344, 2014, p. 1357 ; David Comer Kidd et Emanuele Castano, « Reading Literary Fiction Improves Theory of Mind », *Science*, vol. 342, 2013, p. 377-380 ; Keith Oatley, « Fiction : Simulation of Social Worlds », *Trends in Cognitive Sciences*, vol. 20.8, 2016, p. 618-628.

34 David Premack et Guy Woodruff, « Does the Chimpanzee Have a Theory of Mind ? », *Behavioral and Brain Sciences*, vol. 1.4, 1978, p. 515-526.

35 Christina T. Zhao et Patricia K. Kuhl, « Musical Intervention Enhances Infants' Neural Processing of Temporal Structure in Music and Speech », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 113.19, 2016, p. 5212-5217.

36 Nina Kraus, Jessica Slater, Elaine C. Thompson, Jane Hornickel, Dana L. Strait, Trent Nicol et Travis White-Schwoch, « Music Enrichment Programs Improve the Neural Encoding of Speech in At-Risk Children », *The Journal of Neuroscience*, vol. 34.36, 2014, p. 11913-11918 ; Travis White-Schwoch, Kali Woodruff Carr, Samira Anderson, Dana L. Strait et Kraus Nina, « Older Adults Benefit from Music Training Early in Life : Biological Evidence for Long-Term Training-Driven Plasticity », *The Journal of Neuroscience*, vol. 33.45, 2013, p. 17667-17674.

37 Joël Candau, « What Does Culture Do to Our Brains ? The Theuth Effect : Cultural Adversity and Cultural Felicity ». [En ligne] <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01326773/> [consulté le 7 juin 2017].

## Conclusion

Selon Berry *et al.*<sup>38</sup>, les mots utilisés par les Indiens Cree pour définir l'intelligence peuvent être traduits en anglais par : *wise, respects, respectful, listens, pays attention, thinks hard, thinks carefully*. Ces mots constituent le cœur de ce que les Cree appellent « bien penser ». En 2004, Patrick Le Lay, président de la chaîne TF1, a déclaré : « Ce que nous vendons à Coca-Cola, c'est du temps de cerveau humain disponible ». Une « mission » que ce média, comme beaucoup d'autres, remplit notamment grâce à ce que Martin-Juchat et Staii<sup>39</sup> ont appelé l'industrialisation des émotions. Que devient notre activité représentationnelle quand notre attention est favorisée par la manière de penser Cree qui, sur ce point précis, semble offrir des conditions de félicité culturelle ? Et quand elle est captée par la télévision au profit d'un marchand de boissons gazeuses, ce qui semble plutôt relever de l'adversité culturelle ? Autrement dit, que fait la culture de nos cerveaux ?

La science doit s'emparer de cette question. Négliger l'effet Theuth est dommageable à l'anthropologie car son étude offre une perspective nouvelle sur la diversité culturelle, appréhendée en termes de félicité ou d'adversité. Plus grave, cette négligence peut avoir des effets néfastes sur les sociétés contemporaines. Là où la VD est négative, nous ne pouvons pas agir pour l'améliorer. Là où elle se dégrade, nous ne savons pas intervenir pour inverser le processus. Là où elle est positive, nous ne pouvons pas veiller à son maintien, ni nous inspirer d'un modèle pour tenter de l'appliquer ailleurs. En outre, nous avons tendance à réduire systématiquement à un problème strictement individuel (orientations dispositionnelles) des questions qui, à des degrés divers, sont aussi des questions collectives, parce qu'elles sont liées à la VD des matrices culturelles. Si certaines personnes ont des dysfonctionnements représentationnels, ou d'autres biais cognitifs, les causes peuvent être individuelles, mais elles peuvent être également environnementales. Ce réductionnisme nous empêche d'apporter les meilleures réponses possibles. Il nous empêche de faire les choix politiques et culturels qui pourraient améliorer le développement des aptitudes des individus. En revanche, l'étude approfondie de la VD des matrices culturelles devrait être féconde. De nombreuses données historiques et anthropologiques confortent l'idée que, lorsque dans une société donnée des efforts significatifs sont consentis pour améliorer les capacités cognitives, émotionnelles, sensorielles, etc., des individus, le risque d'effondrement de cette société est moins élevé que là où on observe une tendance inverse. Dans un contexte global d'accroissement des échanges culturels, identifier et évaluer ce qui, dans nos matrices culturelles, illumine ou obscurcit nos esprits est scientifiquement pertinent. En appréhendant simultanément la puissance extraordinaire de la culture humaine et l'immense plasticité de notre cerveau, nous vérifierons certainement que notre héritage génétique n'est pas tout notre destin.

AIKEN Mary, *The Cyber Effect*, New York, Spiegel & Grau, 2016.

ARRENDT Hannah, *Condition de l'homme moderne*, Paris, Calmann-Lévy, 1961.

BAKSHY Eytan, MESSING Solomon et ADAMIC Lada, « Exposure to Ideologically Diverse News and Opinion on Facebook », *Science*, vol. 348, 2015, p. 1130-1132.

---

38 John W. Berry, Ype H. Poortinga, Marshall H. Segall et Pierre R. Dasen, *Cross-Cultural Psychology. Research and Applications*, Cambridge, Cambridge University Press, 2002.

39 Fabienne Martin-Juchat et Adrian Staii (dir.), *L'Industrialisation des émotions. Vers une radicalisation de la modernité ?*, Paris, L'Harmattan, 2016.

BERRY John W., POORTINGA Ype H., SEGALL Marshall H. et DASEN Pierre R., *Cross-Cultural Psychology. Research and Applications*, Cambridge, Cambridge University Press, 2002.

BIHOUIX Philippe et MAUVILLY Karine, *Le Désastre de l'école numérique*, Paris, Seuil, 2016.

BROCKMAN John (dir.), *Is the Internet Changing the Way You Think ? The Net's Impact on Our Minds and Future*, New York, Harper Perennial, 2011.

CANAN Fatih, ATAOGU Ahmet, OZCETIN Adnan et ICMELI Celalettin, « The Association Between Internet Addiction and Dissociation Among Turkish College Students », *Comprehensive Psychiatry*, n° 53.5, 2012, p. 422-426.

CANDAU Joël, *Anthropologie de la mémoire*, Paris, Presses Universitaires de France (PUF), 1996.

CANDAU Joël, *Mémoire et identité*, Paris, Presses Universitaires de France (PUF), 1998.

CANDAU Joël, « Du mythe de Theuth à l'iconorrhée contemporaine : la mémoire, la trace et la perte », *Revue européenne des sciences sociales*, t. 36, n° 111, 1998, p. 47-60.

CANDAU Joël, « The Theuth Effect. What Does Culture Do to Our Brains ? », *Unesco Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*, 2017 (à paraître).

CANDAU Joël, « What Does Culture Do to Our Brains ? The Theuth Effect : Cultural Adversity and Cultural Felicity ». [En ligne] <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01326773/> [consulté le 7 juin 2017].

CARR Nicholas, *The Shallows. What the Internet Is Doing to Our Brains*, New York, Norton, 2010.

CARUSO Eugene M., BURNS Zachary C. et CONVERSE Benjamin A., « Slow motion Increases Perceived Intent », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 113.33, 2016, p. 9250-9255.

DIAMOND Jared, « The Tasmanians : the Longest Isolation, the Simplest Technology », *Nature*, vol. 273, 1978, p. 185-186.

DUNBAR Robin, « Social Cognition on the Internet : Testing Constraints on Social Network Size », *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, vol. 367, 2012, p. 2192-2201.

FISHER Len, *The Perfect Swarm : The Science of Complexity in Everyday Life*, Philadelphia, Basic Books, 2009.

FISHER Matthew, GODDU Mariel K. et KEIL Frank C., « Searching for Explanations : How the Internet Inflates Estimates of Internal Knowledge », *Journal of Experimental Psychology : General*, 2015. [En ligne] DOI : <http://dx.doi.org/10.1037/xge0000070> [consulté le 27 juillet 2007].

HEDDEN Trey, KETAY Sarah, ARON Arthur, MARKUS HAZEL Rose et GABRIELI John D. E., « Cultural Influences on Neural Substrates of Attentional Control », *Psychological Science*, vol. 19.1, 2008, p. 12-17.

HENRICH Joseph, « Demography and Cultural Evolution : How Adaptive Cultural Processes Can Produce Maladaptive Losses : the Tasmanian Case », *American Antiquity*, vol. 69.2, 2004, p. 197-214.

HEYES Cecilia M. et FRITH Chris D., « The Cultural Evolution of Mind Reading », *Science*, vol. 344, 2014, p. 1357.

JASANOFF Sheila, *The Ethics of Invention Technology and the Human Future*, New York, Norton & Company, 2016.

KETAY Sarah, ARON Arthur et HEDDEN Trey, « Culture and Attention : Evidence from Brain and Behavior », *Progress in Brain Research*, vol. 178, 2009, p. 79-92.

KIDD David Comer et CASTANO Emanuele, « Reading Literary Fiction Improves Theory of Mind », *Science*, vol. 342, 2013, p. 377-380.

KRAUS Nina, SLATER Jessica, THOMPSON Elaine C., HORNICKEL Jane, STRAIT Dana L., NICOL Trent et WHITE-SCHWOCH Travis, « Music Enrichment Programs Improve the Neural Encoding of Speech in At-Risk Children », *The Journal of Neuroscience*, vol. 34.36, 2014, p. 11913-11918.

LAWSON David W., JAMES Susan, NGADAYA Esther, NGOWI Bernard, MFINANGA Sayoki G. M. et BORGERHOFF MULDER Monique, « No Evidence that Polygynous Marriage is a Harmful Cultural Practice in Northern Tanzania », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 112.45, 2015, p. 13827-13832.

LI Wenfu, LI Xueting, HUANG Lijie, KONG Xiangzhen, YANG Wenjing, WEI Dongtao, LI Jingguang, CHENG Hongsheng, ZHANG Qinglin, QIU Jiang et LIU Jia, « Brain Structure Links Trait Creativity to Openness to Experience », *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, vol. 10.2, 2015, p. 191-198.

LOFTUS Elizabeth F., « Planting Misinformation in the Human Mind : A 30-year Investigation of the Malleability of Memory », *Learning & Memory*, vol. 12.4, 2005, p. 361-366.

MARTIN-JUCHAT Fabienne et STAII Adrian (dir.), *L'Industrialisation des émotions. Vers une radicalisation de la modernité ?*, Paris, L'Harmattan, 2016.

MUTHUKRISHNA Michael, SHULMAN Ben W., Vasilescu Vlad et Henrich Joseph, « Sociality influences cultural complexity », *Proceedings of the Royal Society B*, vol. 281, 2014, 2013.2511.

NETTLE Daniel, « Beyond Nature Versus Culture : Cultural Variation as an Evolved Characteristic », *Journal of the Royal Anthropological Institute*, vol. 15, 2009, p. 223-240.

OATLEY Keith, « Fiction : Simulation of Social Worlds », *Trends in Cognitive Sciences*, vol. 20.8, 2016, p. 618-628.

OPHIR Eyal, NASS Clifford et WAGNER Anthony D., « Cognitive Control in Media Multitaskers », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 106.37, 2009, p. 15583-15587.

PREMACK David et WOODRUFF Guy, « Does the Chimpanzee Have a Theory of Mind ? », *Behavioral and Brain Sciences*, vol. 1.4, 1978, p. 515-526.

PROUST Marcel, *À l'ombre des jeunes filles en fleurs*, Paris, Robert Laffont, 1987.

RIEGER Matthias et WAGNER Natascha, « Polygyny and Child Health Revisited », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 113.13, 2016, p. E1769-E1770.

SCOTT Laurence, *The Four-Dimensional. Human Ways of Being in the Digital World*, New York, Norton & Company, 2016.

SENZAKI Sawa, MASUDA Takahiko, TAKADA Akira et OKADA Hiroyuki, « The Communication of Culturally Dominant Modes of Attention from Parents to Children : A Comparison of Canadian and Japanese Parent-Child Conversations During a Joint Scene Description Task », *PLoS ONE*, vol. 11.1, 2016, DOI : e0147199.

SPITZER Manfred, *Digitale Demenz : Wie wir uns und unsere Kinder um den Verstand bringen*, Munich, Droemer Knauer, 2012.

STORM Benjamin C. et STONE Sean M., « Saving-Enhanced Memory : The Benefits of Saving on the Learning and Remembering of New Information », *Psychological Science*, vol. 26.2, 2015, p. 182-188.

TOMBU Michael N., ASPLUND Christopher L., DUX Paul E., GODWIN Douglass, MARTIN Justin W. et MAROIS René, « A Unified Attentional Bottleneck in the Human Brain », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 108.33, 2011, p. 13426-13431.

UNDP & RBAS, *Arab Human Development. Report 2003. Building A Knowledge Society*, New York, United Nations Publications, 2003.

VOIGTLÄNDER Nico et VOTH Hans-Joachim, « Nazi Indoctrination and Anti-Semitic Beliefs in Germany », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 112.26, 2015, p. 7931-7936.

WATTS Jonathan, « Tokyo Public Health Experts Concerned About “Hikikomori” », *The Lancet*, vol. 359, 2002, p. 1131.

WEIDMANN Nils B., BENITEZ-BALEATO Suso, HUNZIKER Philipp, GLATZ Eduard et DIMITROPOULOS Xenofontas, « Digital Discrimination : Political Bias in Internet Service Provision Across Ethnic Groups », *Science*, vol. 353, 2016, p. 1151-1155.

WHITE-SCHWOCH Travis, CARR Kali Woodruff, ANDERSON Samira, STRAIT Dana L. et KRAUS Nina, « Older Adults Benefit from Music Training Early in Life : Biological Evidence for Long-Term Training-Driven Plasticity », *The Journal of Neuroscience*, vol. 33.45, 2013, p. 17667-17674.

ZHAO T. Christina et KUHL Patricia K., « Musical Intervention Enhances Infants’ Neural Processing of Temporal Structure in Music and Speech », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 113.19, 2016, p. 5212-5217.

