

Les nanotechnologies à l'assaut du corps humain – Perspectives médicales et questions d'éthique

Les soins de santé sont au cœur des recherches sur les nanotechnologies. Au carrefour entre les nanosciences, la biologie moléculaire et cellulaire et la médecine, elles peuvent apporter de grandes améliorations à notre santé et à notre qualité de vie. Leurs perspectives sont prometteuses mais, comme toutes les nouvelles technologies, elles posent des problèmes tant éthiques que de santé et de sécurité. Surtout lorsqu'elles sont appliquées à l'organisme humain.

Aída Maria Ponce Del Castillo

Chargée de recherche, ETUI

Les nanotechnologies peuvent être considérées comme une "boîte à outils" qui permet à différentes sciences de la vie de travailler ensemble pour créer de nouveaux outils diagnostiques et thérapeutiques.

Leur essor rapide laisse augurer d'importants progrès dans la compréhension du corps humain, de ses mécanismes et de ses dysfonctionnements et de nouveaux moyens de les guérir.

Une application possible sera la personnalisation du traitement médical et de la distribution des médicaments, par laquelle le patient recevra en temps voulu la dose précise et contrôlée de la substance qui lui est spécifique. Les nanotechnologies permettront de développer des nanostructures capables d'apporter directement aux cellules les molécules des médicaments : telles des chevaux de Troie, elles les véhiculeront dans le corps sous une forme encapsulée pour les distribuer au patient en temps voulu et aux doses requises¹.

D'autres techniques peuvent donner lieu à la création de nanomatériaux capables de stimuler la régénération des tissus et, notamment, de restaurer la fonction cartilagineuse pour combattre l'arthrite ou encore de cultiver *in vitro* des organes ou de produire des biomatériaux favorisant la régénération osseuse. Les nanotechnologies peuvent aussi apporter leur contribution à la lutte contre le cancer en permettant de développer des nanomatériaux capables d'attaquer et de détruire les tumeurs.

Toutes ces propriétés ouvrent de nombreuses perspectives d'applications médicales des nanomatériaux. Certains, par leur activité biocide, peuvent constituer des

revêtements autonettoyants. Des recherches récentes ont montré les propriétés antivirales des composés à base de fullerènes² et l'intérêt de leur utilisation en remplacement des traitements antibiotiques au long cours³.

Des "nano-outils" sont en cours de développement, ils utiliseront des nanorobots capables de contrôler l'état de santé d'un patient ou d'agir au niveau subcellulaire en cas d'apparition d'une maladie. Les nanorobots pourraient être introduits dans le système vasculaire puis programmés et guidés par un chirurgien pour mettre en évidence les origines moléculaires de maladies graves comme Alzheimer ou Parkinson ou pour pratiquer des interventions intracellulaires⁴.

Ces retombées prometteuses ne peuvent gommer les habituels problèmes d'éthique, de santé et de sécurité que suscitent toutes les nouvelles technologies.

Sur les questions d'éthique, un vaste débat a cours sur les risques potentiels des nanomatériaux et des nanotechnologies pour l'homme. Ce débat est rendu nécessaire par le manque actuel de connaissances sur les interactions des nanomatériaux avec l'organisme humain ainsi que sur leur toxicité et leur cancérogénicité. Cette méconnaissance rend nécessaire des réglementations spécifiques visant à contrôler leur utilisation.

Les applications des nanomatériaux chez l'homme devraient avoir un effet positif sur la qualité de vie et la santé mais elles comportent les risques inhérents à toutes les nouvelles technologies. Il est impératif d'en étudier les aspects éthiques pour avoir une vue plus claire sur leurs conséquences et sur la manière dont la société peut y faire face.

1. National Nanotechnology Initiative 2003, *Workshop Report on Nanobiotechnology*, Virginia, p. 39.

Des liposomes chargés du transport de médicaments dans le traitement de certains cancers, des particules nanomagnétiques d'imagerie par résonance magnétique et des nanomatériaux de remplissage et de restauration dentaire ont été récemment autorisés aux États-Unis.

Engineering and Physical Sciences Research Council 2008, *Nanotechnology for Healthcare*, p. 3.

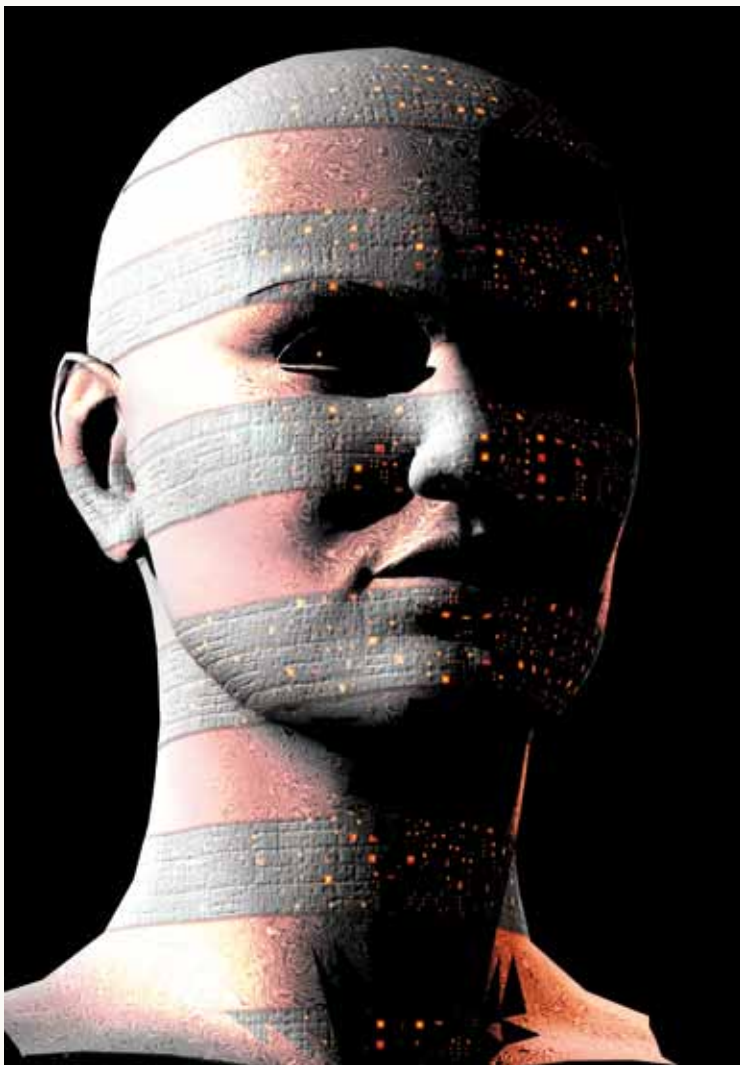
2. Les fullerènes sont l'une des quatre formes naturelles du carbone. Leur architecture ressemble à celle d'un ballon de foot ou des dômes géodésiques conçus par l'architecte et philosophe R. Buckminster Fuller. Le carbone 60 en est la forme la plus courante. Il est composé de 60 atomes de carbone. Les fullerènes n'ont été découverts que récemment, en 1985, et leurs propriétés les plus frappantes – leur forte symétrie, leur stabilité et leur universalité – permettent de les mettre en œuvre dans de nombreuses applications.

Qu'est-ce qu'un nanodispositif?

Des objets minuscules pourraient être produits et insérés dans les organes humains à des fins spécifiques. Ils seraient suffisamment petits pour pénétrer dans l'organisme, y circuler et passer les barrières cellulaires pour interagir avec l'ADN et les protéines. Parmi les applications attendues, on peut citer les "pilules intelligentes", les greffes d'organes, les interfaces neuronales et les implants cervicaux.

Ces dispositifs permettraient de traiter efficacement les dysfonctionnements neurologiques, les cancers ainsi que d'autres maladies ou handicaps.

Les nanodispositifs pourraient aider à guérir certaines maladies et permettre l'application de traitements, la distribution de médicaments, la mise en œuvre de thérapies photodynamiques, la lecture du code génétique et la détection d'erreurs dans celui-ci. Ils pourraient également prendre la forme de micro-aiguilles de titane capables de contrôler la distribution de médicaments, de nanotubes de carbone capables de cartographier l'ADN.



La nanomédecine ouvre des perspectives inouïes mais à quel prix pour l'intégrité de l'espèce humaine, l'autonomie de l'homme et le respect de la vie privée?

Image: © Belga, NSP

Sur le plan des soins de santé, notamment, l'implantation de nanodispositifs et les possibilités de perfectionnement de l'être humain que ces technologies pourraient apporter appellent à une telle réflexion.

Des nano-implants dans l'organisme humain

Les nanotechnologies pourraient transformer la médecine des implants. En réduisant encore la taille et en améliorant leur biocompatibilité et leur intégration dans les tissus humains, des implants miniaturisés pourraient être insérés dans l'organisme humain afin de réparer les cellules endommagées.

Grâce à leur capacité à passer la barrière des membranes cellulaires, certaines nanoparticules pénètrent dans l'organisme humain, y circulent facilement en empruntant la voie sanguine et se déposent dans les organes. La peau, les poumons et l'intestin devraient être la première voie d'entrée dans le corps humain pour les nanomatériaux médicaux.

Les nano-applications, quant à elles, sont de minuscules dispositifs délibérément introduits dans le corps humain pour y assurer le traçage, le diagnostic ou la distribution d'un médicament sans manipulation ou exposition du patient.

Un objectif majeur est le développement d'un nanodispositif unique et universel permettant d'aider l'imagerie médicale, de reconnaître les cellules précancéreuses ou cancéreuses, de libérer un médicament ne ciblant que de telles cellules et d'évaluer l'efficacité du traitement.

Deux importantes réflexions doivent présider au développement de nanodispositifs. L'une concerne le consentement exprès de la personne ou du patient qui reçoit l'implant. L'autre porte sur la manière dont le nanodispositif lui-même réagira dans l'organisme.

Les risques et les conséquences négatives qu'encourt une personne en donnant son consentement à la pose d'un nano-implant soulèvent la question de son autonomie, du contrôle de son propre corps, de la confidentialité et de la protection de ses données ainsi que de la nature de son consentement. Une telle intervention a aussi des implications sociales plus larges qui touchent aux principes de prudence et de justice distributive.

3. Freitas, RA 2005, "What is nanomedicine?" *Nanomedicine: Nanotech. Biol. Med.* vol. 1, p. 2-9.

4. Freitas, RA 2005, "Nanotechnology, nanomedicine and nanosurgery", *International Journal of Surgery*, Vol. 3, Issue 4, p. 243-246.

"Un laboratoire sur puce" présent dans la tenue de combat du soldat

Les hôpitaux de campagne ne sont pas faciles à monter, aussi l'ISN (l'Institut des nanotechnologies pour le soldat), établi aux États-Unis dans le Massachusetts, cherche les moyens d'augmenter le taux de survie des soldats au combat. Son exploration de l'utilisation des nanomatériaux a mené au développement de laboratoires incorporés dans des puces qui seront introduites dans les tenues de combat des soldats.

Ces "laboratoires sur puces" consistent en nanodispositifs capables d'assurer un suivi médical rapide et en temps réel des soldats exposés à des agents toxiques et à des risques biologiques par un prélèvement d'une de leurs cellules. Les résultats pourraient être disponibles en dix minutes.

Un autre projet de tenue de combat permettrait de prodiguer des soins à distance afin, par exemple, de maintenir des blessures fermées, d'interdire tout mouvement fatal sur un sujet blessé à la tête ou au cou, ou d'assurer une distribution contrôlée de médicaments.

5. Harris, J 2007, *Enhancing Evolution. The ethical case of making better people*, Oxfordshire, Princeton University Press. Le Professeur John Harris, philosophe anglais enseignant à l'Université de Manchester, défend une position libertaire en matière de bioéthique.

Sur le plan technique, la petite taille et la complexité des nanodispositifs ont pour conséquence une éventuelle imprévisibilité et incontrôlabilité de leur comportement dans le corps humain, comportement qui peut avoir des effets non connus susceptibles de nuire à la santé. Les nanomatériaux destinés à de futures applications biomédicales doivent être biocompatibles et pouvoir agir dans les liquides et les tissus biologiques en y offrant toutes les garanties de sécurité, et ce surtout parce que certains d'entre eux peuvent ne pas être reconnus par le système immunitaire.

La mise en place des nanotechnologies dans les systèmes de soins de santé sera très compliquée, la raison principale étant qu'elles requièrent une expertise et des équipements biomédicaux coûteux. Si les traitements fondés sur ces technologies sont mis à disposition à des fins curatives ou thérapeutiques, combien de personnes pourront-elles en bénéficier?, seront-ils accessibles à tout un chacun?, combien de pays souhaiteront les introduire dans leur système de santé et leurs centres médicaux?

Ces technologies trouveront de vastes applications thérapeutiques très positives mais le risque est bien réel de voir rapidement

franchir la frontière séparant le traitement de pathologies ou de handicaps d'un scénario d'une nature toute différente, celui de la transformation de l'être humain.

L'homme "augmenté"

L'idée du perfectionnement de l'homme, c'est-à-dire d'une "augmentation" de ses caractéristiques et de ses capacités, est un vaste sujet qui nous engage à une réflexion éthique sur la santé, la vie et l'essence même de l'humain. Les nouvelles technologies capables d'agir dans l'organisme humain sont susceptibles de le modifier puis de le transformer au fil du temps de multiples manières.

Le désir de dépasser les limites de l'humain pour devenir un surhomme, né dans le cerveau des chercheurs, est passé à la sphère littéraire et même au cinéma. Des écrivains modernes comme Mary Shelley avec *Frankenstein* (1818), Aldous Huxley avec *Le meilleur des mondes* (1932), George Orwell avec *1984* (1949) et Isaac Asimov avec sa série *Les robots* ont amené la conscience collective à l'idée de sociétés parfaites ou d'individus rendus plus performants. Sur le grand écran, des films comme *Ces garçons qui venaient du*

Brésil (1978), *Gattaca* (1997) et *The island* (2005) ont également fortement attiré l'attention du public sur des sujets touchant à l'eugénisme.

L'amélioration des capacités physiques et mentales pourrait être considérée comme le but ultime de l'être humain. L'un des principaux promoteurs du perfectionnement humain, le très controversé philosophe britannique John Harris, avance que l'idée d'améliorer l'être humain n'est pas seulement prometteuse mais qu'elle doit être considérée comme un devoir. Il estime que l'être humain a la capacité de déterminer les techniques de perfectionnement qui lui sont les plus appropriées et souligne qu'"il n'y a pas de raison morale de retarder l'accès aux traitements ou aux technologies bénéfiques à la santé en attendant qu'un accès équitable et universel puisse en être assuré. Plus une technologie est bénéfique, qu'elle soit thérapeutique ou amélioratrice, plus un accès large et équitable s'impose en tant qu'impératif moral⁵".

La complexité de cette question réside dans la nécessité d'assurer, entre autres problèmes à traiter pour justifier ces améliorations, l'innocuité des traitements et de leurs effets ainsi que leur accès universel.

Le perfectionnement humain peut se définir comme l'amélioration, l'enrichissement, l'acquisition ou l'accroissement en nombre de fonctions humaines ou de performances sensorielles (bonne condition physique et excellence des performances), la modification de l'apparence physique (recherche de la beauté parfaite), le renforcement du potentiel de la mémoire ou de l'intelligence (enrichissement cognitif) ou l'amélioration de l'humeur et de la personnalité (recherche d'un plus grand épanouissement).

Il peut aussi impliquer l'introduction dans le corps humain de dispositifs ou

Il n'est pas impensable qu'à long terme les modifications de l'ADN soient transmises aux générations futures.

d'interfaces homme-machine, l'augmentation de la longévité, la prolongation de la vie professionnelle et le ralentissement de la baisse des facultés liée à l'âge.

Si la technique appropriée est mise en œuvre et si les problèmes scientifiques complexes qui surgissent sont résolus, le perfectionnement de l'être humain peut être une réelle possibilité. Le meilleur exemple en est le soin médical. En général, le but d'un soin médical est la guérison ou le traitement d'une pathologie donnée alors que le but du perfectionnement de l'être humain est le dépassement des capacités normales d'un organisme (généralement) sain. Un soin médical peut aller au-delà de son simple but qui est de guérir une maladie et viser à une amélioration de la

condition physique par un renforcement des capacités habituelles d'un individu et de sa santé. Il serait par exemple possible de passer d'une correction de la vision à une amélioration qui l'amènerait au-delà de ses caractéristiques normales.

Les courants de pensée actuels se penchent sur les perspectives de développement de la mémoire, de l'attention, de la force musculaire, de la vitesse et de la vue. D'autres scénarios pourraient consister à renforcer les capacités physiques à des fins d'amélioration des performances, dans les sports de compétition ou, plus généralement, à doter l'individu de nouvelles capacités en introduisant dans son code génétique de nouveaux gènes ou en y détruisant des gènes qui seraient déclarés "mauvais".

Une des craintes suscitées par un perfectionnement humain fondé sur les nanotechnologies est la possibilité qu'il offrirait de changer l'ADN en imprimant au code génétique des modifications qui subsisteraient dans l'ADN. Ces changements pourraient avoir un impact sur la variabilité génétique de l'évolution humaine.

Il est encore trop tôt pour connaître avec certitude les effets de ces interventions mais il n'est pas impensable qu'à long terme les modifications de l'ADN soient transmises aux générations futures. Les conséquences de cette transmission sur la santé de la descen-

dance des "individus perfectionnés" restent une inconnue scientifique. Quel que soit le résultat de l'intervention, sera-t-il possible de maîtriser les effets non désirés ou encore de réparer les erreurs? Il convient de se préoccuper du risque majeur lié à une modification des caractères génétiques humains et donc de la nature humaine elle-même. Ce pas ne devrait être franchi qu'avec la plus grande prudence.

Une modification des paramètres biologiques de l'être humain pourrait également nous amener à revoir notre compréhension de ce qui doit être humain et, finalement, à nous forger une nouvelle représentation du corps humain, de la santé et de la maladie et en définitive du sens même de la vie. Il pourrait en résulter un remodelage progressif de la condition humaine. L'apparition de nouveaux paramètres sociaux impliquerait très probablement des changements sociétaux, législatifs, culturels et moraux qui entraîneraient une réorganisation poussée de la société.

Dans un scénario qui verrait certains individus changés alors que d'autres resteraient "naturels", la société pourrait se voir divisée en classes d'humains opposant les "améliorés" aux "non améliorés", ou encore les "contrôleurs" aux "contrôlés". Ainsi le perfectionnement humain soulève le problème du pouvoir et de l'équilibre entre les nouvelles technologies, les choix individuels et la variabilité génétique naturelle.

En effet, un projet planifié qui prévoirait de prendre la relève de la loterie génétique ou des caractères naturels pourrait permettre de maîtriser certaines valeurs humaines considérées comme devant être préservées, telles le sens des responsabilités, de l'identité humaine et de la solidarité, et de renforcer ainsi le tissu social.

Le débat éthique

Le débat éthique a pour but d'encourager nos sociétés à adopter une attitude responsable face à leur avenir et à celui de l'humanité et de laisser un environnement global meilleur en héritage aux générations qui nous suivront.

L'idée d'un avenir responsable a été largement développée par Hans Jonas, un philosophe allemand, dans des écrits théoriques critiques explorant la responsabilité éthique

Un robot nanomarcheur à base d'ADN

L'université de New York et l'université chinoise de Nanjing ont développé un nanorobot constitué de brins d'ADN. Ce robot marche sur deux jambes dont chacune mesure 10 nanomètres. Il est décrit comme ayant la capacité de modifier et d'échanger des éléments du code génétique puisque sa petite taille lui permet d'opérer à l'échelle moléculaire.

Il mesure environ 150 x 150 x 8 nanomètres, ses jambes sont formées de 36 bases chacune et sont reliées l'une à l'autre par de l'ADN. Pour que le pied puisse se positionner sur le chemin, les chercheurs ont ajouté aux deux brins un "brin d'attache" complémentaire qui fixe le pied à son ancrage. Pour que le robot marche, ils ont ajouté un "brin libérateur" qui dégage le pied. Le pied ainsi dégage saisit ensuite un autre brin d'attache pour avancer.

Les jambes, appelées cassettes, stockent différents éléments d'information. Alors que de l'ADN a rempli auparavant cette niche, d'autres types d'éléments, notamment des protéines ou des composants chimiques, pourraient théoriquement y être placés. La niche pourrait servir d'usine d'assemblage de modules destinés à la construction de nouveaux matériaux.

Cette technique offre la possibilité de mettre au point de nouvelles fibres synthétiques, de faire progresser l'encryptage de données et d'améliorer l'assemblage d'ordinateurs à ADN. Mais les chercheurs doivent d'abord trouver comment apprendre à leur minuscule robot à transporter un élément aussi petit qu'un atome.

liée à l'introduction de nouvelles technologies dans la société et la relation que l'homme entretient avec elles. Dans son œuvre, il tente d'anticiper les conséquences des choix technologiques faits par la société, ce qu'il appelle l'"éthique du futur"⁶.

Nous venons de présenter les nombreuses applications possibles des nanotechnologies aux soins de santé. La puissance et la complexité de ces technologies justifient la nécessité d'en évaluer les éventuelles conséquences pour éviter tout dommage et empêcher toute utilisation abusive.

L'application des nanotechnologies peut poser de nombreux problèmes éthiques et les projets fondés sur leur utilisation doivent faire une large part à ces questions ainsi qu'aux questions de santé. La sécurité en est certainement la plus importante. Les risques sont-ils mesurables? De toutes parts, des craintes sont émises sur la sécurité d'utilisation de ces technologies, leurs risques potentiels, leurs effets non voulus et les mesures à prendre pour empêcher toute utilisation abusive.

Il ne suffit pas de susciter une prise de conscience des patients, il faut également se préoccuper du personnel infirmier et hospitalier qui applique différentes procédures impliquant, par exemple, une exposition à des niveaux élevés de rayonnements ou un contact avec des déchets médicaux. Une partie du personnel hospitalier est exposée quotidiennement à des rayonnements. Il convient donc de mettre à sa disposition des règles d'exposition spécifiques ainsi qu'une information et une formation appropriées sur les nouveaux traitements faisant appel aux nanotechnologies.

De même, les connaissances sur les risques chimiques sont insuffisantes parce que les phénomènes physiques qui se produisent au niveau nanoscopique ne sont pas encore totalement compris. La recherche sur les nanodéveloppements et les techniques qui en découlent doivent prendre en compte l'impératif de sécurité lorsque des nanomatériaux sont appliqués à l'homme. Il est nécessaire d'en savoir plus sur leurs interactions avec l'organisme humain, sur leur biocompatibilité et leur éventuelle toxicité.

Des recherches publiées sur la possibilité d'une pénétration de certaines nanoparticules dans les organes ont amené certains scientifiques à proposer la constitution d'une banque de données sur les risques des nanotechnologies pour la santé ainsi que sur les interactions, les impacts et les effets qu'elles sont susceptibles d'entretenir ou d'exercer au niveau des cellules, des tissus ou des organes.

Si ces technologies doivent être appliquées à des systèmes de santé, des réformes structurelles des programmes de soins seront à entreprendre pour mettre celles-ci à la disposition de la population. Les nanotechnologies devraient permettre d'offrir de meilleurs soins de santé. Elles nécessitent une réflexion sur le coût de leurs applications, le financement de la recherche publique et privée et l'évaluation des risques qu'elles comportent.

Les pays ou régions en développement qui n'ont pas accès aux nanotechnologies

6. Jonas, H 1984, *The Imperative of responsibility. In search of an ethics for the technological age*, Chicago, The University of Chicago.

7. Habermas, J 2003, *The future of human nature*, Cambridge.

Pour en savoir plus

- Berger, F et al. 2008, Ethical, legal and social aspects of brain-implants using nano-scale materials and techniques, *Nanoethics*, 2.
- HM Hoet, P, Brühke-Hohlfeld, I et al. 2004, Nanoparticles- known and unknown health risks, *Journal of Nanobiotechnology*, 2 (12).
- National Cancer Institute 2005, *Understanding cancer series: nanodevices*, <www.cancer.gov>.
- Shrader-Frechette, K 2007, Nanotoxicology and ethical conditions for informed consent, *Nanoethics*, 1.
- Roco, MD, Sims Bainbridge, W (Eds.) 2002, *Converging technologies for improving human performance. Nanotechnology, biotechnology, information technology and cognitive science*, National Science foundation, Arlington.
- Kass, LR 1985, *Towards a more natural science. Biology and human affairs*, New York, The Free Press.
- Bhattachary, D et al. 2008, *Nanotechnology for healthcare*, Engineering and Physical Sciences Research Council, London.

pourraient avoir besoin d'une aide pour en bénéficier des bienfaits. Mais il serait sage de soumettre cet accès à une certaine réglementation.

Un autre problème éthique actuellement débattu concerne l'impact économique de ces technologies et l'éventualité d'un élargissement du fossé social et économique créé par leur mise à disposition. L'hypothèse d'une différenciation entre deux catégories humaines, les "possédants" et les "non-possédants", a déjà été évoquée plus haut.

Il est impératif de s'atteler sérieusement aux problèmes de justice distributive, de probité et d'autonomie. La prise en considération de l'individu est un sujet complexe, qui touche à la protection de l'identité, à l'autodétermination, à l'appartenance et aux relations, qui sont des droits humains fondamentaux.

Sur la question de l'identité, chaque être humain a le droit de posséder ses propres caractéristiques, ce qui signifie que personne n'a le pouvoir de déterminer la manière d'être d'autrui et de lui imposer des traits de caractère. Toute intervention irréversible qui modifie les caractères humains porte en fait atteinte à la liberté humaine⁷ – la liberté que chaque être humain a d'être lui-même et de ne pas dépendre des décisions d'autrui.

La préservation du genre humain soulève visiblement les problèmes de l'authenticité et de la dignité individuelles et de la survie de l'espèce. L'homme doit se demander quel droit il a de toucher aux mécanismes de l'évolution naturelle, jusqu'où il peut avancer sur cette voie et de quoi il est capable.

Toutes nos actions et omissions ont des conséquences sur notre devenir. Bon nombre

de déclarations et d'accords internationaux reconnaissent la nécessité de préserver les générations futures. Nos actions peuvent ne pas avoir pour but direct de leur nuire mais elles ont le potentiel de les affecter. Ceci signifie que nous devons endosser la responsabilité de nos actions présentes et ne pas laisser à nos descendants le soin d'en payer le prix.

Une évaluation éthique des questions soulevées par les applications des nanotechnologies permettra à la société de disposer d'informations, de connaissances et d'outils lui permettant de parer à leurs dangers possibles. Elle pourra aussi contribuer à mettre en place un cadre d'évaluation de ces technologies ainsi que de l'ensemble des nanosciences.

Par ailleurs, la pratique d'actions préventives pourrait permettre à la population de gérer elle-même ses problèmes de santé et sa qualité de vie. Le meilleur moyen pour un être humain de mener une vie saine est de prendre en charge sa propre éducation en matière de bien-être et de style de vie. Le développement des nanotechnologies et l'éducation du public doivent donc aller de pair.

Le but de l'analyse des questions d'éthique posées par les nanotechnologies est de développer une conscience et une approche critique des risques et des bénéfices de leurs applications possibles. La première des missions est d'apprendre à la population à donner son consentement pleinement éclairé aux nano-applications lorsque celles-ci sont susceptibles d'affecter sa santé. La société doit être capable d'appréhender le corps humain dans sa globalité pour pouvoir opérer des choix dès lors que sa santé et sa vie sont en jeu. ●