

# L'ÊTRE HUMAIN FACE AUX DÉFIS DES TECHNOSCIENCES

*Pour rester acteur de sa vie*

## COLLOQUE

5, 6 et 7 avril 2018

## HÔPITAL PURPAN

Centre d'enseignement et de congrès  
Allée Jean Dausset, 31300 Toulouse



**La technologie peut augmenter les capacités physiques et mentales de l'être humain, et le pourra de plus en plus. Mais le doit-elle ?**

Par Audrey Vilas, Eleazar R. Etongo Mbock, Laure Emin et Sébastien Casteres

Sous la tutelle de Pierre Duffau et Jean-Pierre Madier

## Résumé

Les progrès des NBIC\*, couplés à leurs applications technologiques, bouleversent la vision de ce que l'être humain pouvait penser réalisable. Des possibles que seul l'imaginaire aurait permis de concevoir, se voient progressivement cristallisés par des acteurs dont le projet est l'amélioration individuelle des capacités physiques et mentales de l'être humain. Tout cela s'inscrit dans un contexte de rupture majeure, du positionnement de l'homme dans la nature et son influence sur celle-ci et sur lui-même. S'ajoutent les tensions sociales, exacerbées par les mouvements de populations fuyant la guerre, la misère, les pressions environnementales imposées par le changement climatique, et l'épuisement des ressources de la biosphère.

Les NBIC pourraient être l'étincelle dans cette poudrière, plongeant l'Humanité dans un chaos bien plus grand que celui qu'a connus le milieu du siècle dernier, brisant l'union des Hommes, jusque dans leur descendance par la génétique.

Si par ces technologies nous sommes soumis dans la chair, l'humanité a également su montrer qu'elle pouvait, par l'esprit, révéler toute sa grandeur. L'Homme face aux défis des technosciences, est un moteur qui nous pousse tous à comprendre le sens de ces technologies, en quoi elles peuvent être une bonne ou mauvaise chose pour la pérennité de l'humanité. Ces technologies portent aussi en elles le projet d'un avenir meilleur pour tout le peuple de la Terre et dans une acceptation plus large pour l'ensemble du vivant.

Armatya Sen, prix Nobel en économie, disait *“If you Want to Go Fast, Go Alone. If you Want to Go Far, Go Together !”*

## Introduction

En guise d'amorce, nous pouvons interroger les termes du sujet que nous allons traiter. La notion d'amélioration recoupe ici une acception si large qu'il semble nécessaire de l'interroger pour mieux la cerner.

Nous considérons l'augmentation de l'Homme comme l'utilisation de moyens technologiques pour sélectionner ou modifier les caractéristiques et les capacités humaines, et cette notion peut renvoyer à plusieurs cas de figure.

Nous pouvons faire émerger deux grandes catégories, la première ayant pour but de manipuler les capacités et caractéristiques humaines pour leur faire respecter une norme basée sur l'image idéale de l'humain moyen ; s'y rangeraient tous les outils médicaux employés en vue de « réparer » ou de pallier au corps humain traumatisé, détérioré ou « malformé » notamment. Par exemple des méthodes telles que la stimulation cérébrale profonde dans le cadre thérapeutique visant à traiter certaines pathologies telles que Parkinson, permettent d'améliorer les conditions de vie des patients et de ralentir la progression de la maladie.

Et la deuxième répertorierait les outils technologiques développés dans le but de permettre à l'être humain de « dépasser » les capacités physiques et mentales à sa disposition. Par exemple, à travers le développement et l'usage d'exosquelette à dessein d'amplifier la force ou de diminuer l'énergie déployée par le corps dans la réalisation d'efforts. De façon plus répandue, les médicaments peuvent également être détournés de leur stricte visée curative dans une perspective d'amélioration des capacités de l'être humain, comme certains médicaments afférents au traitement de la dépression ou des troubles du sommeil, usinés pour améliorer chimiquement la coopération entre les individus au sein d'un groupe, ou augmenter

les périodes d'éveil en maintenant les capacités d'attention et de concentration (Larrieu Peggy, §2).

Mais nous observons rapidement la limite de cette classification idéale typique, alors qu'il est également légitime de s'interroger sur la place de nos objets quotidiens. Téléphones portables comme ordinateurs pourraient en effet être considérés comme une extension de notre mémoire et de nos capacités. L'humain augmenté se situe en cela au carrefour de plusieurs disciplines, entre nanotechnologies, biotechnologies, informatique et sciences cognitives.

Courant de cet exercice nous tâcherons de nous en tenir à un registre de pure augmentation ; c'est à dire de dépassement et non pas de retour aux caractères attribués à un homme moyen. Nous laisserons en effet l'idée de réparation au prisme des soins de santé.

## **I. L'amélioration de l'être humain, un enjeu individuel ou sociétal ?**

### **A. Notions de pathologie, de « normalité », et d'augmentation, le flou des frontières chez l'être humain**

La question de la limite entre normal et pathologique se pose en premier lieu chez l'Homme non amélioré. Georges Canguilhem, dans son ouvrage *Le normal et le pathologique*, modernise la notion de norme appliquée à l'Homme malade. Il s'oppose à ce que le normal soit synonyme de bonne santé et l'anormal de maladie. Ce qui est normal est conforme à une règle, est ordinaire, ou ne présente pas de trouble pathologique. Cette définition est recevable mais réfutable puisque la normalité est relative, elle dépend de la période, de la culture, des conditions de vie. Canguilhem définit alors le concept de normativité du vivant : "état de ce qui est régulier, conforme à une norme en un temps et un lieu donné". Ainsi, la santé et la maladie sont deux pôles d'un même équilibre vital, le pathologique a une part de normatif, il ne peut être radicalement opposé au normal vis à vis duquel il se construit en symétrie. Normal et pathologique incarnent deux construits sociaux. Cependant, et c'est ce qui a des conséquences en matière d'Homme augmenté, le réductionnisme biologique du vivant par le progrès scientifique renvoie au dualisme cartésien. On perd de vue le sujet dans sa globalité, on fait abstraction de la complexité et de la singularité des individus.

Ainsi, ce concept extrapolé à l'Homme augmenté, laisse penser que la limite entre Homme normal et Homme augmenté n'est elle aussi qu'un continuum. C'est au moment où le sujet en aura la perception qu'il sera augmenté. Par exemple, nous ne sortons pas de chez le médecin après avoir été vacciné avec la sensation d'être augmenté. Cette limite entre pathologique, normal, puis augmenté relève particulièrement de la subjectivité, du jugement de valeur que porte l'individu à son égard, et que les autres individus porteront à son égard. Nous pourrions penser que l'amélioration sera lisible par des mécaniques d'identification, de démarcation. D'autre part, la norme en santé mentale relève d'une dimension ethno-civilisationnelle et est extrêmement relative.

En résumé, le modèle actuel bio-psycho-social est variable et évolue d'une culture à l'autre et dans le temps.

Le risque avancé par les bioconservateurs serait que ces modifications de l'être humain amènent à de nouvelles normes issues de l'utilisation de ces nouveaux outils. (Missa Jean-Noël, §6) Les normes s'adapteraient par rapport à ces augmentations via consensus scientifiques et il serait possible de voir apparaître un repoussement de l'Homme moyen, sans parler de la discrimination plausible envers les individus manifestant des signes de vieillesse ou en situation de handicap. La nomination même du handicap serait possiblement soumise à des redéfinitions successives.

## **B. Interrogations sur le droit à l'amélioration**

La technologie peut augmenter les capacités physiques et mentales de l'être humain, et le pourra de plus en plus. Mais le dit-elle ? Et à qui le doit-on si tel est le cas ?

Le doit-on à la société ; pour se prémunir de maladies, découvrir de nouveaux potentiels et augmenter l'humain dans un but évolutionniste ? Le doit-on pour le bien-être des individus, leur permettant de gérer des émotions (comme des « pulsions de violences ») ou de développer plus encore leurs capacités d'apprentissage et la fiabilité de leurs mémoires ? Dans ces cas, une des réserves à émettre pourrait s'articuler autour d'un hypothétique glissement entre amélioration et dressage du corps selon une volonté eugéniste.

Ou encore le doit-on à la science et son caractère endogène ? Arguant que la science est neutre et développe des outils qui seront alors mobilisés à bon ou mauvais escient par les politiques, qu'il serait de son devoir de « découvrir » de nouvelles connaissances passant par ces innovations. Cette désresponsabilisation est parfois usée comme argument, seulement cela serait nier que la science porte un projet et qu'elle est le fruit de mécanismes portés par des collectifs invisibles (Dupuy Jean-Pierre, §2.) Considérer la science comme détachée de toute idéologie et purement positiviste aurait pour conséquence de fermer les yeux sur le contexte et les acteurs impliqués dans les recherches.

## **C. La question du bien-être des individus**

L'augmentation cérébrale a pour but de tenter d'améliorer les performances ou le bien-être de l'être humain au moyen de l'apprentissage, de l'alimentation, de l'activité physique... (Larrieu Peggy, §1) Alors que les nouvelles technologies furent dans un premier temps allouées à un but thérapeutique, il y a aujourd'hui une forte demande provenant d'usagers en bonne santé, cela dans le but d'augmenter leur « bien-être. » Il vint alors à penser que le bien-être de l'individu se place par-delà l'absence de maladie ou d'infirmité. Cela n'est pas sans rappeler la définition de l'OMS disant que « *La santé est un état de complet bien-être physique, mental et social, et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité.* » Le « *dopage cérébral* » (Larrieu Peggy, §1) et les médicaments détournés (Larrieu Peggy, §2) sont donc disjoints de leurs usages curatifs dans un objectif de bien-être visant aux capacités augmentées, ambitionnant un contrôle total du corps. En effet, certains médicaments antidépresseurs, pris par des usagers n'ayant pas de pathologie, permettent de réguler l'humeur.

## **D. L'Homme augmenté à l'épreuve des réalités de classe**

Alors que les inégalités sociales de santé pèsent sur la société, l'accès au soin est profondément différencié selon les populations. Les strates les plus modestes que nous identifierons schématiquement comme celles ayant accès à la CMU (Couverture Médicale Universelle) et la CMU-C (L'équivalent d'une complémentaire) – rencontrent des difficultés d'accès face aux soins coûteux tels que ceux dentaires ou encore oculaires. Dans les tranches d'âge de 25 à 74 ans, les bénéficiaires de la CMU-C avaient significativement plus de dents absentes (G. Borgès Da Silva et al., §31.) En ne retenant que ce fait, il est d'ores et déjà possible de questionner une mise en œuvre univoque de l'amélioration des capacités et caractéristiques humaines. Nous pouvons observer que malgré les idéaux promettant pour tous l'augmentation desdites compétences et caractéristiques humaines, l'égalité d'accès aux soins curatifs et aux techniques de « réparation » (lunettes, prothèses... etc) en France est loin d'incarner une réalité.

De plus, même s'il s'avérait envisageable que tous aient accès à ces améliorations, il serait envisageable qu'une fraction de la population s'y refuse, amenant potentiellement une discrimination et une hiérarchisation entre humains « augmentés » et humains « non-augmentés. »

En considérant le transhumanisme comme fortement lié à l'idéologie capitaliste, les nouvelles technologies d'amélioration auraient pour objectif de permettre à l'humain d'être parfaitement adapté aux normes de la compétition contemporaine (Le Dévédéc Nicolas, §26). Selon Céline LaFontaine, émerge la notion de corps-marché qui « *représente la phase la plus achevée du capitalisme où chaque individu est conçu comme un entrepreneur devant investir dans son capital biologique* » (Le Dévédéc Nicolas, §26). Toujours selon elle, le corps est victime de nouvelles logiques d'appropriation économique : il s'agit de la bioéconomie. Elle est le lieu d'un marché mondial d'éléments du corps humain permis par la généralisation des techniques de conservation in vitro.

## **E. Le bio-pouvoir, de nouveaux mécanismes d'assignation des places**

Le bio-pouvoir est une notion soulevée par M.Foucault avant d'être reprise par Agamben. Selon Foucault, le bio-pouvoir vient remplacer dans notre société le pouvoir souverain, celui donnant le droit de vie ou de mort sur un individu assujéti. Ce bio-pouvoir est donc son remplacement, il s'agit d'une redéfinition du pouvoir, où la vie est « gérée » notamment à travers la science et la médecine. « *Le pouvoir est de moins en moins pouvoir faire mourir, de plus en plus droit d'intervenir pour faire vivre* » mais pour cela « *[le] pouvoir, pour prendre en charge la vie, a besoin de nouveaux procédés, de nouvelles technologies qui agissent en-deçà du pouvoir de la souveraineté* » (§7).

Le bio-pouvoir engagerait ainsi des mécanismes permettant d'assigner des places et d'instituer une hiérarchie par son action sur la vie et, par exemple, son allongement. A ce moment-là, les nouvelles technologies d'augmentation pourraient incarner l'outil d'une élite à même d'asseoir sa domination ou sa pérennité sans condition par son monopôle.

Le film *Time Out* de Andrew Nicol sorti en 2011 met en scène une des voies dans laquelle la technologie dirigée par le capitalisme pourrait engager l'humanité. Dans ce film, « l'être humain a été génétiquement modifié afin de ne plus vieillir après l'âge de 25 ans; à partir de cet âge, un compteur intégré à l'avant-bras, crédité d'une année, se met en marche : s'il tombe à zéro, l'individu meurt. »

Ce film pointe clairement le risque qu'une minorité puisse s'arroger le pouvoir de vie ou de mort sur tout un pan de l'humanité, et comment cette différence d'espérance de vie accentue les inégalités sociales.

Ce nouveau pouvoir médical est loin d'être consulté dans un cadre citoyen et démocratique. On observe une hiérarchisation des personnes à même de donner leur avis sur la mise en œuvre des avancées scientifiques ; celle-ci étant confiée aux « experts » notamment au travers des instances d'expertises. Le Pr Denis Zmirou-Navier, chercheur à l'Inserm ayant siégé au sein de nombreuses de ces instances et ayant occupé la fonction de directeur scientifique de l'Agence française de sécurité sanitaire environnementale de 2002 à 2005, réaffirmait notamment cette volonté du seul pouvoir de l'expertise. Selon lui " *l'espace de la production scientifique n'est pas un espace pur et désincarné. C'est un "construit social". Mais il a ses règles propres et ses critères de jugement qui ne relèvent pas de la démocratie* " et qu'il est nécessaire de « *savoir résister aux attraits de la "science démocratique" et "distinguer les objets, moments et lieux de l'expertise"* ».

Ce point de vue a tendance à écarter le regard citoyen de toutes les questions de santé et scientifiques. Les volontés politiques d'asseoir les avis des experts comme socle pour les prises de décisions se traduisent par l'émergence d'une *technocratie*. En plus de dénier toute tentative d'implications d'individus ou d'organismes ne faisant pas partie de ces instances d'expertises, cet environnement de contrôle aveugle est à même de nourrir les conflits d'intérêt.

Dans le cas des technologies visant à augmenter les capacités humaines, ces conflits d'intérêts pourraient entrer en opposition avec le principe de précaution.

## **F. Finalités d'une augmentation humaine**

La sélection naturelle favorise la survie des individus, les plus adaptés à l'environnement. Cela conduit à une amélioration des organismes qui s'améliorent au cours du temps. Selon Darwin, toutes les espèces animales, dont l'Homme, possèdent la faculté « machinale » d'adapter leur organisme à leur environnement. Cependant, à la différence des autres espèces, l'Homme peut passer du machinal au volontaire, soit d'une évolution naturelle à une évolution « consciente ». Evoluer et progresser sont dans la nature de l'homme. Cela s'observe aussi bien au niveau d'une vie humaine qu'à celui d'une civilisation, ou même de l'humanité.

Depuis plusieurs décennies, l'environnement se modifie sous la pression des activités humaines. Paradoxalement, les changements induits ne sont pas propices à la survie de l'espèce humaine à long terme. Ainsi, si suite au hasard des mutations l'évolution est trop lente à sélectionner les individus, l'espèce risque l'extinction. L'évolution consciente, et donc l'augmentation de l'Homme, ne se posera plus comme une éventualité mais comme une nécessité à la perpétuation de l'espèce. Donc oui, la technologie devra augmenter les capacités humaines afin de pallier l'inertie évolutive et éviter l'extinction de l'espèce humaine.

D'autre part, il n'est pas difficile d'envisager que d'autres intentions moins anthropophiles puissent motiver l'augmentation de l'être humain. La richesse obtenue par le marché des améliorations ou la productivité accrue qui découlera de leur utilisation, pourrait sans aucun doute être une raison majeure. De plus, la possession de telles technologies remettrait potentiellement en cause le pouvoir des institutions gouvernementales et le fonctionnement démocratique même de nos sociétés. Ainsi, le pouvoir semble être une possible finalité. D'autre part, l'Homme augmenté poussé à son extrême pourrait permettre d'atteindre un des rêves les plus anciens de l'humanité : l'immortalité. Cette simple promesse pourrait suffire à plus d'un individu à vouloir être augmenté.

On peut également considérer une augmentation de l'Homme à des desseins militaires. De nombreuses recherches en cours, notamment américaines, telles que la vision thermique, révèlent la place éminemment prépondérante tenue par l'armée dans le domaine de la recherche sur l'Homme augmenté. L'exemple d'Internet émergeant au sein de la DARPA\* nous rappelle le caractère précurseur en matière de technologie du monde militaire. Si toutefois Internet est un outil auquel nous adhérons massivement, n'oublions pas que l'armée sert la guerre, et que celle-ci est un fléau, responsable de destruction massive.

## **II. L'homme augmenté, technologie d'actualité et de proche avenir**

### **A. Au niveau des gènes**

L'être humain augmenté peut également se concevoir autour de son génome et de la génétique plus généralement. L'ADN porte l'information génétique sous la forme d'un code composé de 4 bases : A, T, C et G. Ces bases fonctionnent par complémentarité, Adénine avec Thymines et Cytosine avec Guanine. Une suite de bases forme un gène. Le gène code une protéine, c'est à dire qu'une fois transcrit en ARN puis traduit, il donne une séquence d'acides aminés à l'origine de la protéine. Après maturation, la protéine est fonctionnelle et peut exercer son action dans l'organisme.

Ainsi, l'ensemble de l'information biologique est stockée et transmise depuis des milliards d'années par ce code génétique disposant de 4 lettres. Autrement dit, 4 lettres suffisent pour exprimer l'ensemble des fonctions réalisables par le vivant.

Ajouter des paires de bases pour coder de nouvelles fonctions pourrait être une des prouesses à l'origine de capacités augmentées. La science n'en parle pas encore au présent, cependant, l'équipe américaine dirigée par Floyd Romesberg (Scripps Research Institute, La Jolla, Californie) a réussi à intégrer deux nouvelles bases, d5SICS et dNaM, et à les faire répliquer au sein d'une bactérie sur plusieurs générations. Pour parvenir à ce résultat, les bases ont été intégrées dans un plasmide, un anneau d'ADN capable de se répliquer mais non indispensable à la bactérie. De plus, des précurseurs de ces nouvelles bases ont dû être ajoutés dans le milieu de culture.

Au cours des générations successives de bactéries, les nouvelles bases ont été conservées par le plasmide. L'équipe de Floyd Romesberg est parvenue à rendre un organisme tolérant à des bases différentes de celles qui portent son information génétique.

Prochainement, l'enjeu serait de parvenir à ce que ces bases portent réellement une information. Les messages génétiques ainsi introduits pourraient être lus par l'organisme receveur et moduler l'expression des gènes ou être à l'origine d'une protéine nouvelle octroyant à l'hôte des capacités supplémentaires. L'ajout de paires de bases offrirait un lexique de protéines infini. Associé à l'apport de nouveaux acides aminés, cet alphabet pourrait coder de nouvelles protéines. L'Homme augmenté peut se dessiner comme un organisme aux capacités démultipliées par l'apport d'une information extraordinaire codée par des paires de bases artificielles.

Un autre point peut être soulevé par ce progrès. Aux balbutiements actuels, les précurseurs des bases doivent être apportés de façon exogène à l'organisme. Permettre à l'organisme hôte de produire lui-même les nouvelles bases, et donc d'acquérir son indépendance vis-à-vis du milieu, semble être primordial. Cependant, garder le contrôle d'un tel système peut présenter des avantages tels qu'une garantie de sécurité. Contrôler l'entrée des précurseurs, c'est contrôler l'expression des bases et les fonctions des protéines qui en découlent. Ainsi, dans un monde régi par la loi du marché, le contrôle de l'apport en bases artificielles pourrait être un enjeu de la fidélisation du client.

Au final, en conservant la même machinerie cellulaire, des substrats artificiels sont créés pour octroyer une capacité recherchée, soit le contrôle des entrées détermine la sortie. Cette xénobiologie\* appliquée à l'Homme pourrait s'émanciper de ses substrats naturels ou être une emprise sur l'expression de ses capacités augmentées.

## B. Par transgénèse et mutagenèse

Une mutation est une modification stable et irréversible du patrimoine génétique (ADN ou ARN (virus)), elle peut être spontanée ou artificielle\*. Elles sont dans tous les cas transmissibles lors des divisions cellulaires. Les scientifiques se sont inspirés des mutations naturelles afin de pouvoir modifier les gènes de manière artificielle, on peut ainsi étudier l'effet de l'inactivation d'un gène ou de l'intégration d'un nouveau gène.

La mutagenèse est un procédé, naturel ou artificiel, induisant l'apparition d'une ou plusieurs mutations dans un génome, elle peut être aléatoire ou dirigée. Les intérêts de la mutagenèse sont nombreux : étude de la fonction des gènes, agroalimentaire, thérapie génique, production de diversité génétique, nouveaux génotypes d'intérêt (amélioration des plantes, sélection animale, bactéries)

La découverte du séquençage de l'ADN a été une révolution dans l'avènement de nouvelles techniques. La mutagenèse dirigée, comprenant des techniques comme la recombinaison homologue qui permet l'échange de fragments d'ADN, entre des doubles brins possédant des séquences identiques, est mise en jeu dans l'intégration d'un gène ou d'une portion de gène dans une cellule animale.

En utilisant des particularités de biologie moléculaire (enzyme de restriction\*), il est possible de sélectionner les cellules ES\* dans lesquelles le transgène\* est venu s'intégrer dans un endroit précis (à la base près). Les cellules ES sont des cellules totipotentes, c'est-à-dire capables de donner naissance à tous les types de tissus. Cela a une forte implication dans la fabrication d'organes biologiques ex-vivo dans le but de pallier à la détérioration des tissus lié au vieillissement ou aux traumatismes de la vie.

D'autres techniques permettent, quoique difficilement, de créer des lignées d'animaux transgéniques par recombinaison homologue, à condition que la recombinaison soit vraiment « fidèle ». Une semblable approche pourrait déboucher sur une microchirurgie du gène dont certaines mutations délétères pourraient être corrigées. Parmi les techniques actuelles, on peut aussi évoquer le système Cre LoxP\*, qui permet de contrôler le moment de l'activation d'une mutation(2). Bien qu'utilisées en laboratoire, ces techniques présentent des limites, telles que la rareté de la recombinaison homologue.

Certains des problèmes techniques ont trouvé des réponses grâce aux nucléases et à de nouvelles techniques révolutionnaires. Dans la technique des doigts de zinc, chaque doigt est responsable de la reconnaissance spécifique d'une séquence d'ADN. Il est également possible de fusionner les doigts de zinc avec une endonucléase\* afin de provoquer une cassure ciblée de l'ADN, et d'utiliser ces protéines comme outils d'ingénierie des génomes.

Les nucléases à doigts de zinc permettent l'ingénierie génétique des cellules souches et la modification de cellules immunitaires à des fins thérapeutiques contre le virus du sida(1).

Avec cette technique, on peut contrôler l'expression d'un gène spécifique, sans affecter le reste du génome, et sans risquer notamment de perturber un oncogène\*. Corriger de façon parfaitement ciblée la version indésirable d'un gène, on peut imaginer des individus capables d'induire de l'angiogenèse\*, de façon transitoire pour augmenter leur récupérations physique après un effort, ou tout autre adaptation ponctuel lié à une pression environnementale.

Les désavantages sont l'apparition de coupures parasites du génome fréquente. Peu de spécificité du domaine nucléase. Nécessité de beaucoup de motif à doigts de zinc pour avoir des séquences spécifiques.



La technique qui fait le plus parler d'elle ces derniers temps a été découverte par la Française Emmanuelle Charpentier et l'Américaine Jennifer Doudna en 2012, elle porte le nom de Crisper Cas9. Cette technique se compose de trois agents, un ARN guide, un ARN qui reconnaît la séquence cible et une enzyme Cas9.

Les avantages sont, plus de spécificité, coût moindre, réduction du temps de préparation.

Est-ce que cette technique nous épargne tous les inconvénients précédents ?

Non il existe des insertions non désirées, il s'agit d'un effet « off target ».

Éditer la séquence d'un gène peut modifier l'expression ou l'activité d'un autre gène. De même, la modification d'un même gène dans le cerveau et dans le cœur peut avoir des effets différents, par exemple acétylcholine\* rentre en jeu dans les mécanismes d'apprentissage dans le cerveau alors que au niveau du cœur elle permet un ralentissement de la fréquence de battement cardiaque. Ainsi, puisque tous les effets de l'édition génétique ne sont encore ni connus ni maîtrisés, tenter de guérir une maladie grâce à cette technologie pourrait en faire apparaître une nouvelle.

### **C. Au niveau épigénétique**

L'épigénétique est la régulation de l'expression des gènes n'impliquant pas de modifications dans la séquence d'ADN et pouvant être transmis lors des divisions cellulaires. Ces modifications épigénétiques sont réversibles.

Les modifications épigénétiques sont induites par l'environnement, que ce soit le comportement alimentaire, le stress ou les liens affectifs. De multiples signaux informent la cellule sur son environnement, celle-ci peut alors se spécialiser au cours du développement ou adapter son activité. Ces signaux sont capables d'induire des modifications de l'expression des gènes, sans affecter leur séquence.

Les marques épigénétiques sont potentiellement transmises lors des divisions cellulaires. Une partie des modifications épigénétiques pourrait parvenir à la descendance, on parle de transmission intergénérationnelle.

Concernant la pathologie, des erreurs épigénétiques contribuent au développement et à la progression de maladies. Les anomalies épigénétiques sont notamment responsables de l'activation d'oncogènes ou de l'inhibition de gènes suppresseurs de tumeurs dans le cas des cancers, mais sont aussi impliquées dans les maladies neurodégénératives ou métaboliques.

Depuis quelques décennies, l'Homme est amélioré par les vaccins assurant une immunisation face aux maladies infectieuses. De même, l'épigénétique pourrait s'apparenter à une prophylaxie face aux maladies dégénératives, et ainsi participer à l'allongement de la durée de vie.

De façon plus utopiste, l'épigénétique pourrait être utilisée pour réguler la télomérase. Cette enzyme occupe le rôle de l'horloge biologique présente dans les cellules. Contrôler la télomérase, c'est contrôler le vieillissement intrinsèque de l'individu. La régulation épigénétique de cette enzyme pourrait ouvrir les portes de l'immortalité.

### **D. Chez les individus**

Le passage de malade à sain est l'objectif principal de la médecine. Néanmoins, après ce passage, il paraît envisageable de poursuivre vers un individu augmenté. Une entité chimique est en cours de recherche pour son effet mnésique : les agonistes inverses des benzodiazépines.

Les neurones sont des cellules excitables (plus négatives en intracellulaire par rapport au milieu extracellulaire) qui peuvent être activées ou inhibées. Les neurones forment des synapses entre eux et des neurotransmetteurs\* relaient un message activateur ou inhibiteur pour le neurone suivant.

Le GABA est le principal neurotransmetteur inhibiteur, donc inhibant l'activité neuronale. Un pore est présent au centre du récepteur au GABA situé sur le neurone. Lors d'une stimulation par le GABA, ce canal s'ouvre et permet l'entrée de l'ion chlore (Cl<sup>-</sup>). Cela inhibe l'activité du neurone.

Les benzodiazépines (BZD) sont des médicaments largement utilisés dans les pays développés. Les BZD présentent systématiquement un effet amnésiant. Ces propriétés s'expliquent par la liaison des BZD au niveau du canal du récepteur au GABA. Ainsi, en présence du médicament, l'effet du GABA est potentialisé, les BZD sont des modulateurs allostériques (positifs).

Un des principaux effets indésirables des BZD est de diminuer les capacités mnésiques. A partir de ce constat, il serait intéressant de créer des médicaments pro-mnésiants basés sur le fonctionnement inverse du mécanisme d'action des BZD. En pharmacologie expérimentale, il existe des agonistes inverses\* de BZD avec donc des propriétés pro-mnésiantes. Cependant, ceux-ci ne sont pas sur le marché car affectés de nombreux effets latéraux attendus (épilepsie, insomnie...).

## **E. Face aux contraintes environnementales**

Dans le contexte actuel du changement climatique, il est envisageable que l'Homme doive s'adapter à un nouvel environnement. Des enjeux tels que l'augmentation de la température, la pollution atmosphérique, ou la surpopulation, pourront ou devront amener à concevoir un Homme augmenté apte à évoluer avec de nouvelles normes physiologiques. Ainsi, si la sélection naturelle est trop lente à faire évoluer l'Homme, il devra lui-même acquérir certaines compétences. Par exemple, il devrait améliorer sa résistance à la chaleur ou pouvoir filtrer un air pollué pour en extraire l'oxygène. Également, dans le but de subvenir à la totalité des besoins alimentaires d'une surpopulation dans des contraintes de production limitée, il serait primordial que l'Homme augmenté ait une alimentation lui permettant de survivre avec des apports nutritionnels et énergétiques concentrés. De même, ces améliorations pourraient se concevoir autour d'un métabolisme amélioré produisant une activité physique plus intense à partir d'apports restreints.

Dans l'éventualité où l'espèce humaine pourrait, ou devrait, envisager une colonisation extra-terrestre pour subsister, SpaceX prévoit un vol dès 2024 ; la NASA vise les années 2030 ; et Mars one est prêt pour un départ en 2031. Tous visent Mars. Les défis techniques que sont les lanceurs, l'alimentation, le retour sur Terre, sont presque tous relevés. L'Homme reste la dernière frontière, la vie dans l'espace infligeant un stress important au corps. Du fait de l'apesanteur, on observe notamment une fragilisation osseuse, une atrophie musculaire, un métabolisme dérégulé et une perte de champ visuel. Les radiations cosmiques se rajoutent à cela, augmentant le risque notamment de cancer, de cassure des brins ADN. Enfin, le stress de l'isolement ajoute des troubles de la personnalité et le corps somatise (3). Pour pallier à toutes ces contraintes, la société américaine SpaceWorks prévoit, avec le support de la NASA, le développement de caisson de stase, plongeant l'équipage dans un état de léthargie contrôlé, grâce à une combinaison d'hyperthermie thérapeutique et de nutrition par

voie intraveineuse. Le métabolisme étant au ralenti, la dépense énergétique est réduite ainsi que les atteintes physiques liées au mal de l'espace (4).

## **F. Dans les conflits**

La question de l'augmentation des forces militaires est fortement d'actualité, les bénéfices attendus de ces nouvelles médecines concernent notamment l'amélioration des performances physiques et, à terme, des performances de combat. Son application concrète est le plus fréquemment adossée à la consommation de substances médicamenteuses telles que le Modafinil (autorisée au sein de l'armée Française) une alternative à l'amphétamine. Son effet serait de limiter la fatigue durant certaines missions. Le chercheur demeure le seul à pouvoir répondre aux questions du commandement concernant ces substances médicamenteuses, tandis que le commandement est le seul à même de donner accès à l'aide pharmacologique aux soldats (Colin Agnès, p30).

Dans un avenir proche, peut-être les exosquelettes formeront ils une amélioration fréquente sur les champs de bataille, portant avec eux les questions éthiques que cela suppose, comme l'asymétrie de la guerre et l'usage critiquable qui pourrait potentiellement en résulter.

La série Black Mirror offre de nombreux exemples de technologies futuristes aux conséquences sociales et humaines. Un des épisodes se concentre notamment sur des Hommes augmentés dans le milieu militaire. Les membres d'une unité d'élite reçoivent des implants cérébraux leur offrant aide tactique à la visée, communication, mais surtout une vision déformée de la réalité. En effet, ce commando est chargé de tuer des individus porteurs de gènes facteurs de risque de maladie. Cependant, pour éviter les traumatismes de guerre et les cas de syndrome de stress post-traumatique, l'implant donne une apparence monstrueuse aux humains considérés comme indésirables. Ainsi, cette technologie permet la manipulation des militaires en leur faisant accomplir des tueries dans un objectif d'eugénisme.

Les questions posées par le dopage dépassent très largement le monde sportif. Les militaires, soumis à des exigences de préparation physique et de réussite, peuvent être tentés de consommer des aides pharmacologiques. Le dopage correspond à l'emploi de substances excitantes. La notion de dopage est très bien définie dans le monde sportif, et repose entre autres sur l'utilisation de substances et/ou de méthodes interdites. Les critères d'inscription de substances ou de méthodes dans la liste réglementaire sont actuellement parfaitement spécifiés. Une substance devient interdite lorsqu'elle remplit deux des trois critères suivants : augmentation des performances sportives, risque potentiel pour la santé, contrariété à l'éthique du sport. On perçoit clairement que cette caractérisation ne concerne que le monde sportif.

En milieu militaire, on peut facilement concevoir que l'utilisation de substances dopantes sera motivée par d'autres motifs que ceux des sportifs professionnels. Les objectifs à terme sont les mêmes ; être plus performant que l'adversaire, mais dans un contexte bien différent, celui du combat. A l'instar de multiples autres professions, il n'existe pas en milieu militaire, de définition de substances ergogéniques interdites.

Est-il envisageable de s'appuyer sur la liste des substances interdites pour sportifs, afin d'envisager un contrôle et une réglementation spécifique de lutte contre l'utilisation de substances dopantes en milieu militaire ? Répondre à cette question suppose de prendre en considération les critères retenus afin de définir les substances interdites pour les sportifs. Le premier de ces critères, est d'améliorer les performances physiques. Dans le contexte de la préparation au combat, on peut être logiquement à la recherche de tous les moyens permettant

d'être supérieur à l'ennemi. Le second élément qui permettrait d'interdire une substance repose sur la notion de risque potentiel pour la santé, et celui-ci doit absolument être pris en considération. La troisième condition est que son utilisation serait contraire à l'éthique du sport ; ce critère est hors sujet en milieu militaire.

Au final, le seul critère à prendre en considération afin d'envisager une éventuelle réglementation est celui de l'absence d'effets secondaires sur la santé.

### **III- L'augmentation de l'être humain, une question éthique**

#### **A. Se prémunir du risque, une simple question d'équilibrage ?**

Pour pouvoir se prémunir des risques liés à la médecine d'amélioration, il semblerait sage d'étudier au cas par cas chaque nouvelle technique afin d'en baliser les bienfaits mais aussi les risques potentiels. Cependant, cette analyse froide et rationnelle occulterait les dangers de ces nouvelles technologies en faisant valoir une balance qui, si elle venait à avoir un nombre d'effets positifs plus importants que ceux négatifs, serait alors le gage d'un bilan réussi.

#### **B. Les textes juridiques autour de la « médecine d'amélioration »**

La question que l'on pourrait se poser est la suivante ; disposons-nous du cadre législatif nécessaire à l'arrivée de ces nouvelles technologies de l'augmentation ? Malheureusement, la place du juridique adossée à ces questions semble avoir été délaissée. Subsistent cependant quelques rapports et communiqués autorisant une focalisation.

En 2002, le *Converging Technologies for Improving Human Performance* considérait « l'amélioration des capacités physiques et intellectuelles de l'être humain comme un but légitime de recherche ». En 2003, un article donne une légitimité à la médecine non-curative ou « médecine d'amélioration » ; ce rapport, intitulé *Beyond therapy : Biotechnology and the pursuit of happiness*, fut rédigé par le président du comité de bioéthique des Etats-unis (President's Council on Bioethics.) En 2004, la Commission Européenne s'exprima également pour mettre en avant la nécessité de disposer un cadre éthique autour de ces nouvelles technologies sans pour autant nier l'intérêt de telles recherches.

Actuellement il n'y a pour l'heure en France, aucun cadre normatif prenant en compte l'amélioration des individus. En effet, l'éthique des nouvelles technologies n'a été pensée que dans le cadre d'une utilisation thérapeutique dans la refonte de la loi bioéthique de 2004 (Colin Agnès, p7).

Cependant, la PMA et les tests génétiques ont une législation. On peut considérer que toucher à l'embryon ou procréer in vitro peut amener à des améliorations. Pour éviter les dérives, des textes encadrent ces pratiques et essayent déjà de proscrire toute tentative d'amélioration. La PMA est une pratique clinique et biologique permettant la conception in vitro, le transfert d'embryons et l'insémination artificielle, ainsi que toute technique d'effet équivalent permettant la procréation en dehors du processus naturel. Elle est destinée à répondre à la demande parentale d'un couple pour remédier à l'infertilité dont le caractère pathologique a été médicalement constaté ou éviter la transmission à l'enfant ou à un des membres du couple d'une maladie d'une particulière gravité. Cette définition exclut les couples fertiles, les femmes ménopausées, les couples homosexuels. Les tests génétiques sur embryons ne peuvent être réalisés qu'en cas d'une pathologie grave héréditaire constatée dans la famille ou dans le cadre de l'exploration d'anomalies de la grossesse.

### C. La question éthique et philosophique de l'augmentation de l'être humain

L'Homme augmenté constitue un vaste champ de recherches liées au développement des nouvelles technologies. Ainsi, les enjeux de l'amélioration artificielle des capacités humaines posent des problématiques concernant le monde militaire. Pour la défense, ces nouvelles techniques ouvrent en effet des perspectives pour le combattant qui peut améliorer ses capacités d'adaptation à l'environnement militaire, augmenter ses performances et son efficacité dans des contextes d'opérations difficiles. Du point de vue éthique, l'utilisation des nouvelles technologies à des fins non thérapeutiques pose de nouvelles interrogations sur le respect des valeurs morales et sur la santé du personnel. Le militaire doit respecter les mêmes lois de bioéthique que le civil ; force est de constater qu'il n'existe pas actuellement de cadre législatif particulier ni réglementaire pour traiter de ce sujet. Certes, le droit positif et certains codes de bonnes pratiques des instituts de recherche apportent des éclairages sur ces questions. A l'heure actuelle, le Service de santé des Armées s'oppose à tout comportement ou à toute action susceptible de nuire à la santé du militaire.

Alors que le but de l'augmentation est d'améliorer la force et de réduire les risques pour l'individu, il faut également prendre en compte la sensation d'invulnérabilité qu'il serait à même de ressentir grâce à cette technologie ; sentiment qu'il convient de garder à l'esprit lors de l'analyse des risques.

Les conséquences de l'augmentation de l'Homme motivé par la richesse, le pouvoir et la quête de l'immortalité sont notamment mises en scène dans la série *Altered Carbon*. La conscience humaine est numérisée et les humains peuvent transférer leur esprit d'un corps à l'autre par le biais d'une simple puce insérée dans la nuque. On retrouve une élite rendue immortelle, centralisant l'ensemble des richesses, vivant la tête dans les nuages, au-dessus des lois et de la morale humaine. Parallèlement, la majorité de la population ne quitte pas le sol et est à la merci des envies de divertissements des puissants. Dans ce décor, on se rend rapidement compte que notre humanité est conditionnée par notre mortalité.

Dans un registre plus métaphysique, l'Homme augmenté peut également s'envisager face aux trois blessures narcissiques successives qui ont été infligées par la science à l'humanité (Freud : « Le narcissisme universel, l'amour-propre de l'humanité, a subi jusqu'à présent trois graves démentis de la part de la recherche scientifique »). Tout d'abord, Copernic a démontré que la Terre n'est pas au centre de l'Univers. Ensuite, Darwin a théorisé que l'Homme résulte de l'évolution, il est donc un animal parmi les autres. Finalement, Freud explique que l'Homme n'est pas maître de ses pulsions, il est maître de son destin.

L'Homme augmenté peut être vu comme la réponse ultime de l'espèce humaine face à ces désillusions. Il est le moyen d'atteindre cette toute-puissance dont les découvertes scientifiques l'ont déchu. Après avoir permis à l'Homme de prendre conscience de la réalité de son humanité, la science permet à l'Homme de s'élever au-dessus de celle-ci.

## Conclusion

La thématique des technologies d'augmentation et des médecines d'amélioration est aujourd'hui un enjeu économique et social. Mais alors que les découvertes peuvent alimenter un projet de l'humain augmenté, les pouvoirs législatifs n'ont pas encore démarqué de cadre bioéthique pour mieux préparer l'arrivée de ces nouveaux outils. Nous pourrions supposer qu'il serait compliqué de ne pas avoir quelques réserves face à ces « améliorations » dites pour tous mais qui, si elles répondent à la logique capitaliste de notre système économique, incarneront un clivage entre les tranches de populations les plus modestes et les plus aisées. Dans une société où l'humain peut être déjà vu comme hybride, rattaché à des outils technologiques tels que les smartphones (qui eux-mêmes peuvent déjà opérer une distinction, l'hyperconnectivité n'enrôlant pas tous les individus de la même manière), l'arrivée de ces « améliorations » pose aussi la question du libre arbitre. Sera-t-il possible de refuser une augmentation ayant formé un possible nouvel humain hégémonique ? Si ce n'est même un nouveau modèle d'humanité et de sociabilité. L'amélioration incarnera-t-elle un impératif pour répondre aux sollicitations du néo-libéralisme, pour être toujours plus compétitif ? L'éthique située autour de l'humain augmenté devra très certainement être questionnée d'ici les prochaines années. Il s'agit surtout d'un défi collectif, qui tiendra aussi dans l'augmentation des valeurs humaines qui évolueront avec le temps.

## Bibliographie

-Borgès Da Silva Georges, Minguet-Fabbri J, Orgebin J.Y. et al., « Inégalités sociales de santé dentaire : la mesure du risque et des besoins sanitaires », Santé Publique, 2003/3 (Vol. 15), p. 347-358.

[En ligne] URL: <https://www-cairn-info.scd-rproxy.u-strasbg.fr/revue-sante-publique-2003-3-page-347.htm?1=1&DocId=178575&hits=6250+6249+6248+6247+> Consulté le 11/12/2017 et le 05/01/2018.

-Colin Agnès (dir.), « L'Homme augmenté, réflexions sociologiques pour le militaire », Études de l'IRSEM n°42, mars 2016, 77pp.

[PDF] URL : [https://iatranshumanisme.com/wp-content/uploads/2016/07/etude\\_irsem\\_n42.pdf](https://iatranshumanisme.com/wp-content/uploads/2016/07/etude_irsem_n42.pdf) Consulté le 11/12/2017 et le 05/01/2018.

-Dupuy Jean-Pierre, « Le problème théologico-scientifique et la responsabilité de la science », Le Débat, 2004/2 (n° 129), p. 175-192.

[En ligne] URL : <https://www-cairn.info/revue-le-debat-2004-2-p-175.htm> Consulté le 11/12/2017 et le 05/01/2018.

-Larrieu Peggy, « Recours aux techniques biomédicales en vue de « neuro-amélioration » chez la personne non malade : enjeux éthiques. Comité Consultatif National d'Éthique, avis n° 122 », Droit, Santé et Société, 2016/2 (N° 2), p. 13-24.

[En ligne]URL: <https://www-cairn-info.scd-rproxy.u-strasbg.fr/revue-droit-sante-et-societe-2016-2-page-13.htm> Consulté le 11/12/2017 et le 05/01/2018.

-Les grandes avancées - La stimulation cérébrale profonde : une petite révolution, Histoire de l'Inserm.

[Site]URL: <http://histoire.inserm.fr/de-l-inh-a-l-inserm/50-ans-de-l-inserm/les-grandes-avancees/la-stimulation-cerebrale-profonde-une-petite-revolution> Consulté le 11/12/2017 et le 05/01/2018.

-Lombrail Pierre, Pascal Jean, « Inégalités sociales de santé et accès aux soins », Les Tribunes de la santé, 2005/3 (no 8), p. 31-39.

[En ligne] URL :

<https://www.cairn.info/revue-les-tribunes-de-la-sante-2005-3-page-31.htm>.

-Missa Jean-Noël, « Prolongation de la vie et médecine d'amélioration. Commentaire », Sciences sociales et santé, 2015/2 (Vol. 33), p. 31-39. [En ligne] URL : <https://www-cairn-info.scd-rproxy.u-strasbg.fr/revue-sciences-sociales-et-sante-2015-2-page-31.html> Consulté le 07/01/2018

-Organisation mondiale de la Santé, Vos questions les plus fréquentes

[En ligne] URL :

<http://www.who.int/suggestions/faq/fr/> Consulté le 07/01/2018

-Postel-Vinay, Grégoire. « Santé et innovation », Revue française des affaires sociales, no. 1, 2016, pp. 309-322.

[En ligne] URL:

<https://www-cairn-info.scd-rproxy.u-strasbg.fr/revue-francaise-des-affaires-sociales-2016-1-page-309.htm?1=1&DocId=158748&hits=4035+4034+> Consulté le 11/12/2017 et le 05/01/2018.

- Cours Prof. Mailheul "le normal et le pathologique" issu d'un cours de SHS de la faculté de médecine de maraicher.
- étude de l'IRSEM L'homme augmenté, réflexions sociologiques pour le militaire, sous la direction d'Agnès COLIN

(1) Rice, W. G. *et al.* Inhibitors of HIV Nucleocapsid Protein Zinc Fingers as Candidates for the Treatment of AIDS. *Science* **270**, 1194–1197 (1995).

(2) [publi.inserm.fr/mec/medecine/sciences/1995 ; JI : 735-46](http://publi.inserm.fr/mec/medecine/sciences/1995/JI:735-46)

(3) *science et vie* n°1196 mai 2017

(4) Schaffer, M., Bradford, J., Talk, D., "A Feasible, Near-Term Approach to Human Stasis for Long-Duration Deep Space Missions", IAC-16-B3.7.10, International Astronautical Congress 2016, Guadalajara, Mexico, Sept. 26-30 2016

- International Journal of Emerging Technology in Computer Science & Electronics (IJETCSE) ISSN: 0976-1353 Volume 8 Issue 1 –APRIL 2014.

- [mailonline](http://www.ijetcse.com) 28 November 2017

-Focus stratégique n°30 pierre Chareyron ifri laboratoire de recherche sur la défense

*Le normal et le pathologique*, G. Canguilhem

[http://www.lemonde.fr/sciences/article/2014/05/07/l-alphabet-de-la-vie-s-enrichit\\_4412957\\_1650684.html](http://www.lemonde.fr/sciences/article/2014/05/07/l-alphabet-de-la-vie-s-enrichit_4412957_1650684.html)

<https://www.nature.com/articles/nature13314>

<https://www.inserm.fr/information-en-sante/dossiers-information/epigenetique>

<http://www.college-de-france.fr/site/edith-heard/course-2013-02-11-14h30.htm>

- séries Altered Carbon, Black Mirror
- film Time Out

\* xénobiologie : discipline visant à mettre au point des formes de vie étrangères, du point de vue chimique et du codage informationnel, à celles connues sur Terre

\* neurotransmetteur : entité chimique endogène libérée dans la fente synaptique

\* agoniste inverse : agent produisant l'effet opposé à celui de l'agoniste après sa liaison sur le même récepteur

\*DARPA : Defense Advanced Research Projects Agency

\*artificielle : par voie physique rayon X, UV ou chimique agents alkylants, intercalants.

\*enzyme de restriction: protéine pouvant catalyser une réaction de coupure d'un fragment ADN.

\*transgène : séquence d'un gène transféré d'un organisme à un autre lors de la transgénèse

- \*cellule ES: cellules souches embryonnaires
- \*Cre LoXP: système de recombinaison de fragment ADN
- \*chromatine « silencieuse »: région du génome non exprimé
- \*insertion multiple ou off target: 'introduction dans d'autres zone du génome que celle voulue puisqu'ils existent plusieurs zones qui se ressemblent dans le génome
- \*endonucléase: enzyme de restriction pouvant couper au milieu d'un double brin ADN
- \*angiogénèse: mécanisme à partir duquel de nouveaux vaisseaux voient le jour
- \*NBIC: Nanotechnologie, Biotechnologie, Informatique, Sciences Cognitives
- \*oncogène: Qui favorise le développement de tumeurs

## **Remerciements**

Merci au GREP de donner la parole aux étudiants en nous permettant de participer au projet Student Ex machina.

Merci à Yves Duthen, chercheur à l'Institut de Recherche Informatique de Toulouse, pour nous avoir enrichis de données à la pointe de la technologie.

Merci au Enseignants de l'université Paul Sabatier de nous avoir permis un aménagement de notre temps, pour participer à cette aventure, et également à ceux de la Toulouse Business School, de nous avoir reçu au sein de leurs locaux pour l'exercice de présentation de nos travaux.

Un grand merci à Pierre Duffau, pour nous avoir épaulés et guidés tout au long du projet.