

George Lucas Prophète du transhumanisme ?

Bettina Couderc^{1,2}

► La *Guerre des étoiles*, saga cinématographique « grand public », permet de se questionner sur la nature humaine et sur le transhumanisme. Elle met en effet en scène différents personnages qui ne sont ni de « vrais » humains, ni des robots, des créatures pouvant être assimilées à des humains évolués (des *cyborgs*, des chimères ou des humains génétiquement modifiés). À partir de cette approche cinématographique, nous aborderons certains moyens de modification de la personne humaine à la fois dans son corps et dans sa conscience, et nous nous interrogerons sur l'homme de demain, en se demandant si George Lucas (réalisateur du premier film) n'était pas un visionnaire des hommes de demain. ◀



¹Institut Claudius Regaud - Institut universitaire du cancer de Toulouse (IUCT), Oncopole, Université de Toulouse, 31000 Toulouse, France.

²Inserm UMR1027, Département d'épidémiologie et de santé publique, Faculté de médecine, 37 allées Jules Guesde, 31000 Toulouse Cedex 9, France. bettina.couderc@inserm.fr

relations interpersonnelles et possède un corps. Quatre-vingt-quinze pour cent des sondés pensaient donc que c'est bien une personne humaine. J'ai alors demandé si D2-R2 et Z-6PO, les gentils robots de la série, étaient des personnes humaines : 100 % de réponses négatives m'ont été retournées. J'ai enfin demandé si maître Yoda et Chewbacca étaient également des personnes humaines et, là aussi, 100 % de réponses négatives. Et pourtant... Maître Yoda, comme Chewbacca, ont un esprit (une conscience du bien et du mal), ils pensent et ils communiquent (langage), ils sont capables d'abstraction et ont une conscience de la vie après la mort. Dans la saga, George Lucas se permet même de les faire interagir avec les humains après leur mort, suggérant qu'ils aient une « âme » immortelle (Maître Yoda). Ce qui gênerait pour les qualifier de personnes humaines serait l'aspect particulier (différent) de leurs corps (et bien sûr, l'impossibilité probable d'avoir une descendance avec des humains plus « standards »). George Lucas n'aurait-il pas eu la préscience d'humains issus du transhumanisme ? Dark Vador est issu d'une fécondation sans père et est largement reconstruit et augmenté, Chewbacca pourrait très bien provenir d'une expérience de chimérisme, et Maître Yoda et tous ses camarades, d'édition du génome utilisant le « *gene drive* » mal maîtrisé. Ce sont ces possibilités que nous allons explorer dans ce forum.

Homme créé

Notre premier exemple de transhumanisme est le personnage central de « la guerre des étoiles » : Anakim Skywalker qui deviendra par la suite Dark Vador.

Dans l'épisode I, il est dit qu'il est né d'une mère mais qu'il n'a pas de père. Il aurait été conçu par « *la Force* ». Certains y verront une analogie avec le Christ, mais je ne m'aventurerai pas dans cette voie. Donc, Anakim n'a pas de père. Comment a-t-il été conçu ? Est-ce qu'une telle genèse de personne humaine est possible à plus ou moins court terme ? Il semblerait que oui.

Il y a 42 ans, en 1977, j'assistais au premier épisode d'un film qui allait devenir culte : *la Guerre des étoiles* de George Lucas. Aujourd'hui, en 2019, nous en sommes au 9^e épisode, réalisé par Jeffrey J. Abrams. Il n'a pas pris une ride. Ce film de science-fiction montre le combat entre le bien et le mal, avec certaines notes religieuses ou philosophiques, et la recherche d'une unité dans le bien pour le bonheur de tous. On y retrouve donc des valeurs éthiques (la recherche du bien pour le plus grand nombre). Il permet également de s'interroger sur ce qu'est l'homme à l'aube de sa transformation (transhumanisme) et quelle sera sa nature dans les prochains siècles.

En utilisant les réseaux sociaux, j'ai demandé à « mes amis » s'ils pensaient que Dark Vador, personnage central de l'épopée (un cyborg, ou *cybernetic organism*) était « une personne humaine ». Il n'était pas question de faire un discours philosophique sur « qu'est-ce que l'homme ? » mais d'aborder la notion de « personne humaine » de façon simple. Une discussion s'est engagée. Dark Vador est à l'origine un humain qui a été détruit physiquement (son corps) et psychologiquement (sa conscience) avant d'être reconstruit et *augmenté*. Il a donc un esprit (une conscience du bien et du mal), il est libre (volonté de choisir telle ou telle action), il pense et communique (langage, abstraction), il a des

En 2012, Shinya Yamanaka recevait le prix Nobel de physiologie ou médecine, avec John B. Gurdon¹, pour ses travaux sur la reprogrammation de cellules adultes. Il avait montré qu'en modifiant génétiquement des cellules de peau de souris adultes (des fibroblastes) [1,2], puis de cellules humaines [3], avec un vecteur viral codant 4 facteurs (Oct3/4, Sox2, Klf4, c-Myc), il était possible de les rendre pluripotentes. Pour rappel, une cellule pluripotente est une cellule capable de se différencier en n'importe quelle cellule du corps humain ; la cellule pluripotente la plus connue est la cellule souche embryonnaire (ou cellule ES) [4]. Depuis les travaux de Yamanaka, l'ensemble de la communauté scientifique s'est attaché à perfectionner la méthode de déprogrammation des cellules adultes et leur re-différenciation en cellules de différents organes [5]. Les applications principes de ses recherches sont la création de modèles d'étude du développement embryonnaire ou des différents organes humains [6], la genèse de modèles des principales pathologies humaines, et la thérapie cellulaire.

Un autre axe de recherche concerne la genèse, à partir de cellules pluripotentes reprogrammées, de gamètes afin de proposer des fécondations *in vitro* à des couples souffrant d'infertilité (cette dernière ayant pu pour un membre du couple être due à une chimiothérapie). Il a en effet été montré qu'il est possible de générer des ovocytes ou des spermatozoïdes à partir de fibroblastes murins [7]. Le groupe de Ryuhei Hayashi, *Department of Anatomy and Cell Biology, Kyoto University*, au Japon, a fait la démonstration de la faisabilité de la conversion de fibroblastes murins en cellules souches pluripotentes induites (ou iPS) puis de la conversion de ces iPS en cellules progénitrices germinales, puis en gamètes [8]. À partir d'une souris de genre masculin, il est même possible de générer à la fois des ovocytes (porteur du chromosome X) et des spermatozoïdes (porteur du chromosome X ou Y) [9]. Une fécondation entre des gamètes (ovocyte et spermatozoïde) tous deux issus d'un individu mâle est donc possible. Cela a été montré chez la souris [10]... On peut donc imaginer que ce qui a été décrit, il y a 42 ans, par George Lucas, soit la génération d'une personne à partir d'un individu unique, est effectivement envisageable. Nous parlons ici d'une génération d'un individu par fécondation avec des gamètes. Bien entendu, le clonage (génération d'un individu à partir d'un noyau prélevé sur une cellule adulte et inséré dans un ovocyte énucléé) ou la complémentation tétraploïde sont également envisageables [11]. L'individu obtenu par fécondation à partir de gamètes d'un individu unique, ou de deux hommes distincts, ou par clonage, serait bien sûr une personne humaine. Le fait d'appartenir à l'espèce humaine ne dépend pas de la façon dont la conception a été réalisée (clonage ou auto-fécondation). En 2020, il n'a pas encore été possible, à ma connaissance, de générer des gamètes humains pouvant donner une fécondation à partir d'un individu unique. Ceci est dû, entre autres, qu'à la différence des gamètes murins, les gamètes humains obtenus à partir d'iPS gardent une empreinte épigénétique identique à celle



Figure 1. Dark Vader. Homme augmenté (© Render by Jonathan Rey).

de la cellule adulte ayant permis l'obtention de l'iPS. Toutefois de très nombreuses équipes de recherche travaillent sur ce sujet [12].

Homme augmenté dans son corps

Anakim subira une première blessure dans l'épisode numéro II de la saga et on lui greffera un nouvel avant-bras. On parle donc ici d'un homme soigné. Il livrera ensuite une bataille impressionnante à la fin de l'épisode III où il tombera dans un volcan en irruption et sera sauvé de la mort *in extremis*. Il sera reconstruit à plus de 80 % (tout le bas du corps à partir de la taille, un bras et la moitié de la tête). Il ne respirera que grâce à son casque et deviendra alors le célèbre Dark vader (Figure 1). Peut-on ici parler d'homme augmenté ? de transhumanisme ? oui et non. La reconstruction n'est pas une augmentation. Elle s'apparente à un soin. Le fait d'utiliser une canne pour se déplacer, des lentilles de contact pour voir, des prothèses auditives ou un cœur artificiel n'est pas une augmentation de l'homme. Ce sont des soins. De très nombreuses personnes portent des prothèses plus ou moins élaborées pour pallier un déficit moteur². On parle de personnes *cyborg* lorsque la prothèse est reliée non seulement aux nerfs et aux muscles du patient, mais qu'elle peut également être commandées par sa pensée³ [13]. Les patients greffés parlent de leurs prothèses comme d'un élément de leur corps, et elles sont vraiment, pour eux, partie intégrante de leur corps.

¹ The Nobel Assembly at Karolinska Institutet has today decided to award The Nobel Prize in Physiology or Medicine 2012 jointly to John B. Gurdon and Shinya Yamanaka for the discovery that mature cells can be reprogrammed to become pluripotent : <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/2012/press-release/>

² <https://www.pinterest.de/limbionics/>

³ <http://www.robotblog.fr/robots-humanoides/luke-arm-le-bras-robotique-artificiel-479>

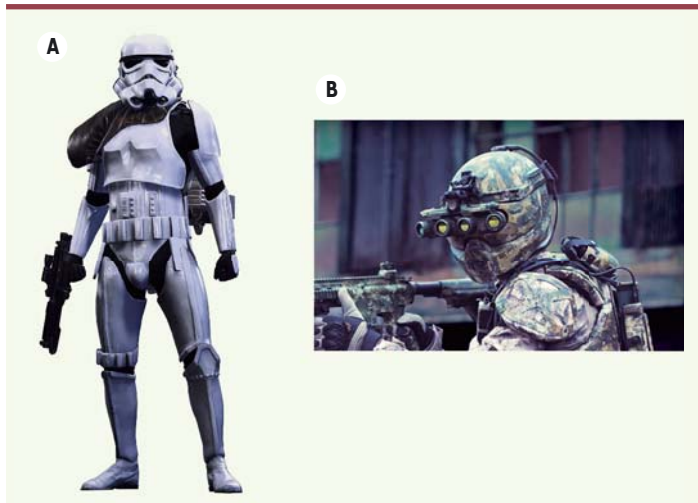


Figure 2. Personnages de la « Guerre des étoiles » (A) ou soldats de l'armée (B).

On parle d'augmentation lorsque les prothèses donnent un avantage par rapport aux autres êtres humains. Dans un avenir proche, nous pourrions disposer de lentilles de contact permettant de voir plus loin que la vision classique humaine, de voir la nuit, de zoomer sur un objet, de lire ses mails sans ordinateur, etc. Des prothèses auditives permettront également d'avoir une ouïe plus fine que nos congénères. Il s'agira alors d'une augmentation. Les plus anciens lisant cet article se rappelleront sûrement de « *Super Jaimie* » et de « *L'homme qui valait 3 milliards* »⁴. Les personnages de ces séries, comme dans la *Guerre des étoiles*, sont reconstruits, suite à un accident, et augmentés. Ils disposent également de membres artificiels greffés qui possèdent plus de force que des membres classiques (on court plus vite et on soulève des poids plus importants). De telles augmentations sont possibles de nos jours. L'industrie de l'armement promet des exosquelettes capables d'augmenter la force de ses soldats, de les protéger tout en analysant en temps réel leur condition physique⁵. Et, curieusement, lorsqu'on examine les photos mises à disposition par les fabricants, nous retrouvons les soldats de l'empire de la *Guerre des étoiles* (Figure 2 A, B).

Toutes ces augmentations physiques ne modifient pas la condition des personnes. Les prothèses font partie de leur corps, elles sont leurs corps. L'être humain est certes augmenté mais il n'est pas transformé. Il est difficile d'utiliser le terme de transhumanisme ici et la nature de l'homme n'est pas modifiée.

Homme augmenté (modifié) dans sa conscience

Dans l'épisode III, en parallèle de sa transformation physique, Anakin voit sa conscience se modifier sous l'influence d'une personne extérieure, l'Empereur. On dit, tout au long de la série, qu'il choisit

« le côté obscur de la force ». George Lucas a repris ici le mythe de Faust où un homme « vend son âme au diable » afin d'obtenir quelque chose. On assiste à une modification de la personnalité d'Anakin. Il n'arrive progressivement plus à discerner le bien du mal et sera asservi à une force extérieure. Est-ce toujours une personne humaine puisqu'il n'a plus de conscience, que sa volonté est altérée, et qu'il est donc privé de liberté de choix. Assurément oui, car de naissance (et de fondement), il en a la capacité.

Mais est-il possible, de nos jours, de prendre le contrôle de la conscience d'un tiers ? de modifier son comportement ? de le rendre incapable de discerner le bien du mal, et de le priver de sa capacité à choisir librement entre deux actions (ce qui est le propre de l'homme [14]) ? Oui. De tous temps, des substances chimiques ont été capables de modifier le comportement humain (alcool à petite échelle, puis drogues plus ou moins naturelles) [15]. De nos jours, le développement rapide des neurosciences a non seulement permis une cartographie précise du cerveau et une identification des zones impliquées dans la mémorisation, la prise de décision, le sens moral [16] mais également le moyen de modifier le comportement d'un individu [17]. Le balbutiement de ces travaux est expliqué dans l'excellent livre de Antonio R. Damasio [18]. Il raconte le cas de cet ouvrier anglais qui, suite à un accident de mine, a subi une lésion importante de son cerveau. Il s'en suivit qu'il avait perdu tout sens moral. A.R. Damasio poursuit par des études d'imagerie du cerveau où les chercheurs ont cartographié les zones du cerveau activées lorsque nous prenons des décisions d'ordre moral. Elizabeth A. Phelps et son groupe ont travaillé sur les modifications du cerveau. Ils ont généré des impulsions électriques, soit grâce à des dispositifs externes, soit via des puces implantées sur des volontaires. Ils ont rapporté être capables de modifier le comportement et surtout le jugement des volontaires. Ils sont capables de rendre quelqu'un de phobique, normal, quelqu'un de timoré, sûr de lui ; et surtout ils sont capables de changer la perception d'un événement par un individu. Ce dernier peut devenir exempt de tout sens moral, sans aucune empathie et incapable d'analyser un événement du point de vue moral [17].

Est-ce qu'une personne privée de sens moral par un tiers et incapable de discerner le bien du mal est toujours une personne humaine ? Vaste débat qui est pris actuellement à bras le corps par les juristes nord-américains qui proclament que quelqu'un dénué de sens moral est irresponsable de ses actes. Ces juristes voudraient dépenaliser les crimes de personnes souffrant d'altération du cerveau.

⁴ https://fr.wikipedia.org/wiki/Super_Jaimie

⁵ <https://www.surplus-militaire.com/talos-armure-exosquelette-revolutionnaire-developpee-larmee-americaine/>

Peut-on parler de transhumanisme si on génère des personnes sous influence par des manipulations cérébrales plus ou moins consenties ? Difficile à dire. Comme les augmentations dans le corps, les modifications cérébrales peuvent être transitoires. L'essence même de l'homme n'est alors pas modifiée.

Homme chimère

Quittons Anakin/Darth Vader pour nous intéresser désormais à Chewbacca⁶. Est-ce une personne ? Est-il humain ? Si on s'arrête à son aspect physique et à sa manière de communiquer, que seul Han Solo⁷ est capable de décrypter, la question est légitime (Figure 3). Pourtant il a une conscience, il communique, etc. Peut-on dire que George Lucas a pensé à un descendant des chimères, actuellement à l'étude de nos jours ?

La pénurie d'organes qu'il est possible de greffer de nos jours fait que les recherches se développent non seulement sur la génération d'organes à partir de cellules pluripotentes différenciées greffées sur des échafaudages (ou *scaffolds*) biocompatibles et biodégradables [19,20], mais également sur des organes humanisés obtenus à partir d'animaux chimères [5,21,22].

Les animaux chimères sont obtenus par la fécondation *in vitro* d'un animal (une souris, un cochon, etc.). L'œuf fécondé, puis le zygote, se développe jusqu'au stade blastocyste. Ce dernier est composé d'un corps embryonnaire constitué de cellules souches embryonnaires pluripotentes et d'une enveloppe, formées des cellules précurseurs des annexes. Il est possible d'implanter dans ce blastocyste, des cellules ES d'une autre espèce (humaines par exemple). Ainsi l'embryon, puis le fœtus, obtenu sera composé des cellules de l'animal et des cellules humaines. Zhong *et al.* ont publié des fœtus chimères obtenus à partir de cellules de porc et de cellules humaines composés de 2 % de cellules humaines dans le cœur, 10 % dans les reins, etc. [23]. Wu *et al.* ont voulu ensuite accroître la proportion de cellules humaines dans certains organes (le cœur par exemple) afin d'obtenir des organes humanisés qui puissent être greffés à des hommes. Pour cela, ils ont réalisé une édition du génome d'un œuf fécondé d'un porc afin d'inactiver le gène *NKX2-5* (*NK2 homeobox 5*) responsable de la différenciation des cellules pluripotentes en cardiomyocytes. Ils ont obtenu ensuite le blastocyste et ont incorporé des cellules iPS humaines pouvant, elles, se différencier en cardiomyocytes. L'embryon, puis le fœtus, s'est développé. Ces auteurs ont alors montré que le cœur du fœtus était composé de 10 % de cellules humaines, montrant la faisabilité de la technique [21, 24]. Ces recherches se développent de façon considérable. Mais au vu des craintes légitimes de l'opinion publique de voir des animaux naître avec des neurones ou des gamètes humains, un groupe japonais a récemment rapporté être capable de générer, grâce à l'édition du génome, des animaux chimères dépourvus de cellules humaines dans le cerveau et les organes sexuels [25]. À



Figure 3. Chewbacca. Homme chimère.

L'heure actuelle, il est interdit de laisser se développer le fœtus au-delà du tiers de la gestation, ceci afin d'éviter la naissance d'animaux chimères homme/porc. Mais s'il est possible de générer des cœurs humanisés qu'il est possible de greffer, on peut penser que cette interdiction pourrait être remise en question, et Chewbacca ne serait plus alors de la science-fiction [26]. Mais est-ce qu'une chimère homme/animal serait une personne humaine ? À partir de quel pourcentage de cellules humaines doit-on parler de personne humaine ? Ou d'animal ?

Homme transgénique (édition du génome et *gene drive*)

Le transhumanisme ne peut pas être évoqué sans parler de l'édition du génome et du forçage génétique (*gene drive*). Ce thème a largement été développé en novembre 2018 avec la naissance de Lulu et Nana, premiers bébés génétiquement modifiés par Jiankui He en République populaire de Chine [27] (→).

L'édition du génome consiste à inactiver ou à modifier la séquence d'un gène précis au sein d'un génome. Elle peut affecter un seul des deux allèles d'un gène (on obtient alors un individu

(→) Voir la Chronique génomique de B. Jordan, *m/s* n° 3, mars 2019, page 266

⁶ Chewbacca était un Wookiee originaire de la planète Kashyyyk. Guerrier, contrebandier et résistant, il devint le copilote et ami de Han Solo.

⁷ Originaire de la planète Corellia, Han Solo est un contrebandier, pilote et ancien élève officier impérial.

hétérozygote pour la mutation) ou les deux (on obtient un individu homozygote). Dans le cas des bébés Lulu et Nana, He dit avoir obtenu un bébé hétérozygote (Nana) pour l'inactivation du gène *CCR5* (*C-C chemokine receptor type 5*) et un bébé homozygote (Lulu). Peut-on parler d'augmentation de l'homme ? Comme précédemment : oui et non. Oui car 1) *CCR5* est impliqué dans la sensibilité des cellules à une infection par le VIH-1 (virus de l'immunodéficience humaine de type 1) [28] donc Lulu serait insensible à une infection par le virus, et 2) *CCR5* serait impliqué dans le développement cérébral et les individus dont le gène *CCR5* est muté (2 % de la population [29]) récupéreront plus vite leurs fonctions cérébrales que les individus hétérozygotes ou homozygotes porteurs du gène en cas d'accident vasculaire cérébral ou de traumatisme crânien [30]. Et non car la protéine *CCR5* aurait d'autres fonctions et serait impliquée notamment dans le développement osseux [31], l'incidence d'une rétinopathie en cas de diabète de type 1, le développement d'une encéphalite après infection par le virus TEBV (virus de l'encéphalite à tiques ou *tick-borne encephalitis virus*) véhiculé par les tiques [32], la susceptibilité à la néphrite lupique et même dans la pathogenèse du carcinome épidermoïde des voies aérodigestives supérieures [33]. On ne connaît donc pas toutes les conséquences de l'inactivation du gène *CCR5*, même si 2 % de la population sont homozygotes mutés et semblent se porter très bien. Cette édition du génome réalisée sur des humains a suscité une vive réaction de la communauté internationale [34] (→).

(→) Voir la Chronique bioéthique de H. Chneiweiss, *m/s* n° 3, mars 2019, page 263

Le génome humain a été modifié ici pour la première fois par l'homme d'une façon à ce que la modification soit transmissible à la descendance. Un moratoire international a même été publié [35].

Entre Lulu et maître Yoda (Figure 4), il y a bien entendu un gouffre que je ne saurais évoquer. Mais est-ce que la communauté scientifique, sous la demande sociétale, va s'arrêter là ? Revenons à l'exemple de ce qui a été réalisé en termes de manipulation génétique germinale sur Lulu et Nana. L'édition du génome a ici un intérêt (si intérêt il y a) uniquement sur Lulu qui est homozygote mutée. On va dire ici que le fait d'être homozygote mutée lui donne, selon He, un avantage (une augmentation). Lulu peut avoir des enfants. En ayant une descendance avec quelqu'un qui est homozygote sauvage, ses enfants perdront l'inactivation du gène *CCR5* et n'hériteront pas de l'avantage supposé, avancé par Jiankui He, Lulu n'est donc qu'un individu de plus sur la terre avec un gène *CCR5* inactivé. Certes cela a été obtenu par action humaine sur le génome d'un individu mais les conséquences sur les générations futures restent *a priori* limitées. C'est pourquoi le moratoire international condamnant l'édition du génome reste modéré, le rendant acceptable en cas d'intérêt thérapeutique.

Mais est-ce que le moratoire aurait la même essence si la modification génique amenait un réel avantage au bébé obtenu ? Est-ce qu'on se limiterait à soigner le bébé à naître sans s'intéresser aux générations suivantes ? On ne voudrait pas que les générations suivantes deviennent désavantagées. On voudrait que la modification se transmette à la descendance et que le gain obtenu par la manipulation génétique se perpétue dans des générations suivantes.



Figure 4. Homme transgénique.

Ceci est possible grâce au forçage génétique déjà testé sur différentes espèces dont les moustiques [31-33].

Dans le forçage génétique, les médecins généticiens insèrent dans le génome de l'œuf fécondé non seulement le(s) gène(s) codant les guides d'ARN ciblant le gène visé, mais également le gène codant Cas9 (recombinase). La cellule génétiquement modifiée contiendra dans son génome tous les éléments nécessaires à la modification du gène ciblé. Le gène sera ainsi modifié sur les deux allèles dans l'ADN de toutes les cellules de l'organisme dont les gamètes (génome haploïde). En cas de descendance, l'hémigénome de la personne transgénique amènera tous les éléments nécessaires à la modification génique (guides, Cas9) de l'allèle non muté. L'hémigénome de la personne partenaire subira donc la même modification génique que l'hémigénome de son partenaire. Il y aura donc une édition du génome « naturelle » sur l'allèle venant du partenaire. Leur descendance sera donc automatiquement également homozygote mutée. Imaginons que la modification visée concerne un gène codant un facteur de transcription ciblant un gène dont l'expression est impliquée dans la croissance (le but serait d'induire un individu transgénique de grande taille). Dans ce cas, on modifierait l'espèce humaine puisque la modification apportée par l'homme se transmettrait à la descendance dont les individus seraient tous homozygotes modifiés, donc tous grands. Ici, on ne parle pas de réparation mais bien d'augmentation de l'espèce humaine, car on peut imaginer que les modifications qui seraient apportées viseraient à améliorer le destin de l'humanité, quoique.



On pourrait même aller beaucoup plus vite en réalisant des modifications sur des gènes codant des ARN régulateurs de l'expression génique (microARN [miRNA] ou long ARN non codant). Sachant qu'un miARN ou un long ARN non codant [39] peut moduler l'expression de plusieurs centaines de gènes, les conséquences sur l'individu modifié devraient être bien plus importantes.

Bien entendu de telles expériences ne sont pas autorisées à ce jour dans l'espèce humaine. En revanche, elles sont conçues et effectuées pour éliminer des espèces nuisibles pour l'homme (les moustiques, par exemple) et pour améliorer des végétaux [37]. La technique est maîtrisée. He (actuellement en prison avec deux de ses collègues) a été en pourparlers avec des structures privées américaines afin de monter une *start-up* qui proposerait aux futurs parents une édition du génome de leurs embryons afin de leur donner des caractéristiques particulières⁸. Est-ce que George Lucas a pressenti les effets du forçage génétique à très long terme sur les humains en imaginant les personnages de Maître Yoda, Jabba the hunt, Bib fortuna, Jan Jan Binx, Darkmaul, etc. Bien sûr, il y aura des décennies entre un *Jean Martin* né en 2025 et Maître Yoda, mais cela reste envisageable. Si cela était possible seraient-ce des créatures assimilables à des personnes humaines ? Il semblerait que oui, mais l'essence même de la personne serait modifiée.

Créatures créées *ex nihilo*

Enfin, dans cette magnifique saga de la *Guerre des étoiles*, des créatures résolument non humaines sont décrites. Elles sont issues de l'imagination féconde des concepteurs. On peut citer le petit compagnon de Jabba the Hunt.

Bien sûr, de telles créatures pourraient être issues de l'évolution naturelle. Elles pourraient aussi être créées *ex nihilo* par biologie synthétique. Cette dernière consiste à créer des organismes vivants à partir de « briques d'ADN » synthétiques. Le pionnier dans ce domaine est Graig Venter [40] (→).

(→) Voir la Synthèse de V. Baby et al., *m/s* n° 10, octobre 2019 ; page 753

Il existe trois techniques : une dite de *bottom up*, une autre de *top down* et enfin l'expansion de l'alphabet numérique. La première repose sur l'assemblage de fragments d'ADN synthétiques (des gènes minimum) afin de tenter de créer un génome. La deuxième consiste, à partir d'un génome déjà constitué (bactérie ou même levure), à éliminer tous les gènes qui ne sont pas indispensables à la croissance et à la survie de l'organisme monocellulaire. À partir de ce « squelette » d'ADN on ajoute des gènes d'intérêt afin de créer un organisme monocellulaire capable d'avoir une fonction (synthèse de cacao, de caoutchouc, de vanille, etc.). Dans la troisième, un ADN semi-synthétique, composé non pas de quatre lettres comme d'ordinaire, mais de six [45] (→), est ajouté au génome d'une bactérie, telle que *Escherichia coli*. On enrichit donc le patrimoine génétique de

(→) Voir la Chronique génomique de B. Jordan, *m/s* n° 6-7, juin-juillet 2016, page 651

la bactérie de deux nouvelles bases azotées totalement artificielles [41-43].

En 2019, l'homme est donc capable de créer des organismes synthétiques, certes monocellulaires, mais aptes à se multiplier et à exercer une fonction. On est, bien sûr, loin de la créature de George Lucas et loin de synthétiser une personne humaine *ex nihilo*.

Conclusion

Depuis 42 ans, nous nous sommes appropriés les personnages de la *Guerre des étoiles*. Ces personnages sortis de l'imagination de leurs concepteurs peuvent être assimilés à des individus issus de l'évolution accélérée de l'espèce humaine par transhumanisme. Il est impressionnant de se rendre compte que des cinéastes et scénaristes aient pu prédire, des décennies en avance, ce que la science permettra un jour de réaliser. Dans *Bienvenue à Gattaca*, le film culte réalisé en 1997, Andrew Niccol avait imaginé la banalisation des tests génétiques bien avant que la société *23andMe* les rende célèbres [44] (→).

(→) Voir la Chronique génomique de B. Jordan, *m/s* n° 1, janvier 2011, page 103

Voilà qui pourrait faire réfléchir la communauté scientifique sur le monde que nous souhaitons pour demain. Dans aucune constitution, il n'y a de définition de l'homme ou de la personne humaine. On peut définir notre substance et elle est identique aux milliards d'homme. Mais si on réfléchit l'homme en tant que personne, chacun de nous est individuel, singulier. Il n'y a pas de constat universel. Il existe la déclaration des droits de l'homme. Nous reconnaissons (du moins dans nos sociétés européennes) la dignité humaine (égale pour chacun) mais il n'existe aucune définition de ce qu'est l'homme. Si l'homme est augmenté par des prothèses, modifié dans sa conscience ou comporte des cellules animales, on parlera de post-humain ; il ne sera pas modifié dans son essence. En revanche, si certains hommes étaient modifiés profondément par édition du génome (transhumains), pourra-t-on parler encore d'un statut de « personne humaine » universel ? ♦

SUMMARY

George Lucas: prophet of transhumanism?

Star Wars, a "general public" film saga, raises questions about human nature and transhumanism. It features different characters who are neither "real" humans nor robots; there are creatures that can be likened to advanced humans (cyborgs, chimeras or genetically-modified humans). Based on the "Star Wars" movie, we will approach some ways of modifying the human person

⁸ Regalado A. Disgraced CRISPR Scientific Rad plans to start a designer-baby business. MIT Technology review 2019. <https://www.technologyreview.com/s/614051/crispr-baby-maker-explored-starting-a-business-in-designer-baby-tourism/>

both in his body and in his consciousness and we will wonder about the man of tomorrow by asking ourselves if George Lucas (director of the first film released) might have not been a visionary of the men of tomorrow. ♦

LIENS D'INTÉRÊT

L'auteure déclare n'avoir aucun lien d'intérêt concernant les données publiées dans cet article.

RÉFÉRENCES

- Takahashi K, Yamanaka S. Induction of pluripotent stem cells from mouse embryonic and adult fibroblast cultures by defined factors. *Cell* 2006 ; 126 : 663-76.
- Okita K, Ichisaka T, Yamanaka S. Generation of germline-competent induced pluripotent stem cells. *Nature* 2007 ; 448 : 313-7.
- Takahashi K, Tanabe K, Ohnuki M, et al. Induction of pluripotent stem cells from adult human fibroblasts by defined factors. *Cell* 2007 ; 131 : 861-72.
- Thomson JA. Embryonic stem cell lines derived from human blastocysts. *Science* 1998 ; 282 : 1145-7.
- Shi Y, Inoue H, Wu JC, et al. Induced pluripotent stem cell technology: a decade of progress. *Nat Rev Drug Discov* 2017 ; 16 : 115-30.
- Karagiannis P, Takahashi K, Saito M, et al. Induced pluripotent stem cells and their use in human models of disease and development. *Physiol Rev* 2019 ; 99 : 79-114.
- Moreno I, Míguez-Forjan JM, Simón C. Artificial gametes from stem cells. *Clin Exp Reprod Med* 2015 ; 42 : 33.
- Hayashi K, Ohta H, Kurimoto K, et al. Reconstitution of the mouse germ cell specification pathway in culture by pluripotent stem cells. *Cell* 2011 ; 146 : 519-32.
- Hirota T, Ohta H, Powell BE, et al. Fertile offspring from sterile sex chromosome trisomic mice. *Science* 2017 ; 357 : 932-5.
- Hayashi K, Saitou M. Generation of eggs from mouse embryonic stem cells and induced pluripotent stem cells. *Nat Protoc* 2013 ; 8 : 1513-24.
- Jeanisch R, Eggan K, Humphreys D, et al. Nuclear cloning, stem cells, and genomic reprogramming. *Cloning Stem Cells* 2002 ; 4 : 389-96.
- Bhartiya D, Anand S, Patel H, et al. Making gametes from alternate sources of stem cells: past, present and future. *Reprod Biol Endocrinol* 2017 ; 15 : 89.
- Kuiken TA, Barlow AK, Hargrove LJ, et al. Targeted muscle reinnervation for the upper and lower extremity. *Techn Orthopaedics* 2017 ; 32 : 109-16.
- Gazzaniga MS. *Le libre arbitre et la science du cerveau*. Paris : Odile Jacob, 2013.
- Chneiweiss H. Augmenter les performances du cerveau : un leurre ? *Pour la Science* 2012 ; 422 : 98-105.
- Greene JD, Nystrom LE, Engell AD, et al. The neural bases of cognitive conflict and control in moral judgment. *Neuron* 2004 ; 44 : 389-400.
- Phelps EA, Hofmann SG. Memory editing from science fiction to clinical practice. *Nature* 2019 ; 572 : 43-50.
- Damasio AR. *Spinoza avait raison : joie et tristesse, le cerveau des émotions*. Paris : Odile Jacob, 2014.
- Richards DJ, Coyle RC, Tan Y, et al. Inspiration from heart development: biomimetic development of functional human cardiac organoids. *Biomaterials* 2017 ; 142 : 112-23.
- Bredenoord AL, Clevers H, Knoblich JA. Human tissues in a dish: the research and ethical implications of organoid technology. *Science* 2017 ; 355 : eaaf9414.
- Wu J, Greely HT, Jaenisch R, et al. Stem cells and interspecies chimeras. *Nature* 2016 ; 540 : 51-9.
- Wu J, Belmonte JC. Interspecies chimeric complementation for the generation of functional human tissues and organs in large animal hosts. *Transgenic Res* 2016 ; 25 : 375-84.
- Zhong C, Wu J, Izpisua Belmonte JC. Pig chimeric model with human pluripotent stem cells. In : Hyun I, De Los Angeles A, eds. *Chimera research*. New York, NY : Springer New York, 2019 : 101-24.
- Wu J, Platero-Luengo A, Sakurai M, et al. Interspecies chimerism with mammalian pluripotent stem cells. *Cell* 2017 ; 168 : 473-86.e15.
- Hashimoto H, Eto T, Yamamoto M, et al. Development of blastocyst complementation technology without contributions to gametes and the brain. *Exp Anim* 2019 ; 68 : 361-70.
- Koplin J, Wilkinson D. Moral uncertainty and the farming of human-pig chimeras. *J Med Ethics* 2019 ; 45 : 440-6.
- Jordan B. Bébés CRISPR : anatomie d'une transgression. *Med Sci (Paris)* 2019 ; 35 : 266-70.
- Liu R, Paxton WA, Choe S, et al. Homozygous defect in HIV-1 coreceptor accounts for resistance of some multiply-exposed individuals to HIV-1 infection. *Cell* 1996 ; 86 : 367-77.
- Solloch UV, Lang K, Lange V, et al. Frequencies of gene variant CCR5-Δ32 in 87 countries based on next-generation sequencing of 1.3 million individuals sampled from 3 national DKMS donor centers. *Hum Immunol* 2017 ; 78 : 710-7.
- Joy MT, Ben Assayag E, Shabashov-Stone D, et al. CCR5 is a therapeutic target for recovery after stroke and traumatic brain injury. *Cell* 2019 ; 176 : 1143-1157.e13.
- Xie Y, Zhan S, Ge W, et al. The potential risks of C-C chemokine receptor 5-edited babies in bone development. *Bone Res* 2019 ; 7 : 4.
- Mickienė A, Pakalniene J, Nordgren J, et al. Polymorphisms in chemokine receptor 5 and Toll-like receptor 3 genes are risk factors for clinical tick-borne encephalitis in the Lithuanian population. *PLoS One* 2014 ; 9 : e106798.
- Tanyel CR, Cincin ZB, Gokcen-Rohlig B, et al. Effects of genetic variants of CCR5 chemokine receptors on oral squamous cell carcinoma. *Genet Mol Res* 2013 ; 12 : 5714-20.
- Chneiweiss H. De retour de Hong Kong ou l'éthique à l'heure d'une génétique d'augmentation » de la personne humaine. *Med Sci (Paris)* 2019 ; 35 : 263-5.
- Lander ES, Baylis F, Zhang F, et al. Adopt a moratorium on heritable genome editing. *Nature* 2019 ; 567 : 165-8.
- Burt A, Crisanti A. Gene Drive: Evolved and Synthetic. *ACS Chem. Biol.* 2018 ; 13 : 343-6.
- Rudenko L, Palmer MJ, Oye K. Considerations for the governance of gene drive organisms. *Pathogens Global Health* 2018 ; 112 : 162-81.
- Macias V, Ohm J, Rasgon J. Gene drive for mosquito control: where did it come from and where are we headed? *IJERPH* 2017 ; 14 : 1006.
- Gourvest M, Brousset P, Bousquet M. Long noncoding RNAs in acute myeloid leukemia: functional characterization and clinical relevance. *Cancers* 2019 ; 11 : 1638.
- Baby V, Labrousseau F, Lartigues C, et al. Chromosomes synthétiques : réécrire le code de la vie. *Med Sci (Paris)* 2019 ; 35 : 753-60.
- Cameron DE, Bashor CJ, Collins JJ. A brief history of synthetic biology. *Nat Rev Microbiol* 2014 ; 12 : 381-90.
- Bartley BA, Kim K, Medley JK, et al. Synthetic biology: engineering living systems from biophysical principles. *Biophysical Journal* 2017 ; 112 : 1050-8.
- Davies J. Using synthetic biology to explore principles of development. *Development* 2017 ; 144 : 1146-58.
- Jordan B. Les tests génétiques grand public en caméra cachée. *Med Sci (Paris)* 2011 ; 27 : 103-6.
- Jordan B. Synthétique, vous avez dit synthétique ? *Med Sci (Paris)* 2016 ; 32 : 651-3.

TIRÉS À PART

B. Couderc

Retrouvez toutes les Actualités de la Myologie sur les sites de :

la Société Française de Myologie
www.sfmyologie.org



la filière de santé neuromusculaire FILNEMUS
www.filmemus.fr

