

Les technologies d'amélioration des capacités humaines

Depuis le début des années 2000, à la faveur notamment de la convergence des nanotechnologies, des biotechnologies, de l'informatique et des sciences cognitives, un certain nombre de rapports évoquent la possible mise au point de nouvelles technologies permettant d'améliorer significativement les capacités physiques et intellectuelles de l'être humain (*human enhancement technologies*). La réalité de ces avancées tout comme leur caractère désirable ou non font aujourd'hui débat. La majorité des scientifiques estime que nous sommes vraisemblablement encore assez loin des visions les plus futuristes, qu'elles soient enchantées ou au contraire catastrophistes, proposées par certains auteurs. Certes, la connaissance du vivant et la capacité de l'homme à le manipuler ont beaucoup progressé, comme l'illustre par

exemple l'émergence de la biologie de synthèse. Pour autant, les derniers développements de l'ingénierie tissulaire, de la thérapie génique, de la neuro-modulation ou encore de la pharmacologie semblent indiquer que la mise au point de technologies capables d'augmenter significativement et sans danger les performances cognitives et/ou physiques de l'être humain relèvent toujours de l'hypothèse, même si celle-ci a gagné en crédibilité. En tout état de cause, le développement éventuel de ces technologies suscite des inquiétudes et interrogations nombreuses, à la fois en termes de risques sanitaires et environnementaux, de déstabilisation des équilibres sociaux et de remise en cause de principes éthiques fondamentaux. Cette note présente les principaux termes de ces débats. ■

LES ENJEUX Le désir de pouvoir un jour dépasser ses limites biologiques ou de s'élever au-dessus de sa condition de simple mortel est sans doute presque aussi vieux que l'humanité. On retrouve ce thème tant dans la mythologie grecque (Prométhée, Icare...) que dans la science-fiction la plus contemporaine, peuplée de cyborgs ou d'humains génétiquement modifiés.

Les avancées de la science et de la technologie, notamment dans les domaines des nanotechnologies, des biotechnologies, de l'informatique et des sciences cognitives (dont les interactions sont désormais désignées par le sigle NBIC), font penser à certains que des améliorations significatives des performances humaines – qu'elles soient physiques ou cognitives – pourraient être à notre portée dans un avenir assez proche. De fait, plusieurs avancées dans la recherche remettent en cause les frontières qui existent entre le naturel et l'artificiel, le normal et le pathologique ou encore le soin et l'amélioration.

Cette perspective suscite des réactions très contrastées, tant chez certains "profanes" qu'au sein de la communauté scientifique, réactions qui vont de l'effroi à l'enthousiasme, en passant par l'anxiété ou le plus grand scepticisme.

Après une rapide présentation des avancées scientifiques et technologiques qui pourraient conduire au développement de nouvelles techniques d'amélioration des performances humaines, cette note présente les débats que ces hypothétiques technologies soulèvent sous un triple prisme sanitaire, social et éthique.

➤ AUGMENTER LES CAPACITÉS DE L'HOMME : UN VIEUX RÊVE DONT ON COMMENCE À (RE)PARLER SÉRIEUSEMENT

Nous sommes déjà, dans un sens large, des êtres humains aux capacités augmentées : nous portons des vêtements qui nous protègent du froid, nous utilisons des moyens de transport qui nous permettent de nous déplacer plus loin et plus vite, nous créons des ordinateurs qui accroissent nos capacités de traitement et de stockage de plus en plus d'informations, etc. Mais ce dont il est question ici est un peu différent puisqu'on s'intéresse à une augmentation de nos capacités qui passerait par une action directe sur notre corps.

Le Science and Technology Options Assessment (STOA) du Parlement européen a publié en 2009 une étude sur le sujet, dans laquelle l'amélioration humaine (*human enhancement*) est définie comme "toute modification visant à améliorer la performance humaine et permise par des interventions sur le corps humain fondées sur des principes scientifiques et technologiques⁽¹⁾". Ces modifications peuvent être temporaires ou durables, voire définitives ; elles peuvent concerner des individus particuliers ou bien, en cas d'interventions sur le génome, l'ensemble de l'espèce humaine ; elles peuvent viser l'augmentation de capacités humaines (par exemple, courir plus vite) ou bien l'acquisition de capacités non humaines (vision nocturne, perception des ultrasons, vol, etc.).

(L'émergence de la controverse sur la scène internationale

La controverse internationale sur ces technologies d'amélioration a vraiment débuté en 2002, avec la publication du rapport *Converging Technologies for Improving Human Performance*⁽²⁾, commandé par la US National Science Foundation et le département du Commerce américain. Ce rapport, principalement destiné à dresser un panorama de l'état d'avancement des technologies NBIC et de leurs possibles interactions, a beaucoup fait parler de lui, notamment parce qu'il envisage ouvertement l'amélioration des capacités physiques et intellectuelles de l'être humain comme un but légitime de la recherche.



[1] Coenen C. et al. (2009), *Human Enhancement*, Science and Technology Options Assessment (STOA), Parlement européen.

[2] Roco M. C. et Bainbridge W. S. (2002), *Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science*, NSF/DOC-sponsored report, Arlington.

C'est en réponse à cette publication que la Commission européenne a constitué son propre groupe d'experts sur les technologies convergentes dont le rapport final a été publié en 2004⁽³⁾. Ce rapport insiste beaucoup plus que le rapport américain sur la nécessité d'un encadrement éthique du développement des technologies NBIC. Plutôt qu'une ingénierie du corps et du cerveau, les experts réunis par la Commission européenne défendent l'idée d'une ingénierie *pour* le corps et *pour* le cerveau humain. Ils dénoncent en particulier le risque que les hommes délèguent une part de plus en plus importante de leur liberté et de leurs responsabilités à un monde mécanique qui agit pour eux. Le contexte européen est en tout état de cause marqué par une beaucoup plus grande méfiance du public vis-à-vis des développements récents de la recherche (nanotechnologies, biotechnologies, OGM, etc.). Les experts craignent donc que la mise en avant d'applications non consensuelles, en particulier militaires ou visant l'amélioration humaine, ne vienne un peu plus alimenter cette méfiance de la population et remette en cause le financement de la recherche dans des technologies NBIC qui ont pourtant bien d'autres applications.

Mais les questions suscitées par les technologies d'amélioration des capacités humaines ne sont pas cantonnées au cercle des experts. La sophistication croissante des techniques de dopage employées par certains sportifs, l'apparition de prothèses de jambe qui paraissent apporter un "avantage" aux coureurs amputés sur les coureurs valides (affaire Oscar Pistorius) ou bien la pratique de plus en plus fréquente de détournement de certains médicaments, par exemple chez des étudiants qui cherchent à améliorer leur concentration, ont contribué à mettre ces questions en débat dans le grand public.

Une société qui considère de plus en plus le corps comme un outil améliorable

De fait, un certain nombre de faits et de tendances indiquent que, si des technologies d'amélioration des capacités physiques ou cognitives étaient développées, elles rencontreraient une demande relativement importante dans la population.

Le corps semble de plus en plus conçu comme un outil améliorable. Par le sport tout d'abord, dont la pratique pour des considérations esthétiques est de plus en plus

courante. Par la médecine et la chirurgie esthétique ensuite, dont le chiffre d'affaires mondial était estimé par la profession à 3,5 milliards d'euros en 2010, avec une prévision de progression annuelle de plus de 10 % dans les prochaines années⁽⁴⁾.

Mais c'est sans doute dans le domaine des performances cognitives que la demande pourrait être la plus forte, étant donné le poids de la réussite scolaire et universitaire sur le déroulement des carrières et la part croissante des métiers qui sollicitent d'abord les compétences cognitives.

Ainsi, aux États-Unis, la Ritaline, médicament utilisé dans le traitement des désordres de l'attention et de l'hyperactivité, semble déjà faire l'objet d'un détournement massif, notamment dans le milieu étudiant, car il permet d'augmenter la concentration. Selon une étude de 2005⁽⁵⁾, 7 % des étudiants des universités américaines auraient déjà consommé des psychostimulants pour favoriser leur concentration ou leurs performances cognitives. Dans certaines universités, cette proportion atteindrait 25 %. La plupart des psychostimulants utilisés sont des médicaments indiqués dans le traitement des troubles du déficit de l'attention. Un autre médicament, le Modafinil, prescrit dans le traitement de la narcolepsie, est parfois aussi détourné.

En janvier 2008, la revue *Nature* a réalisé un sondage auprès de ses lecteurs sur l'utilisation de psychostimulants⁽⁶⁾. 1 400 lecteurs, issus de 60 pays, ont répondu à l'enquête. Un cinquième des répondants affirmaient avoir déjà consommé des médicaments pour des raisons non médicales afin de stimuler leur concentration ou leur mémoire. La Ritaline était le médicament le plus utilisé, suivi du Modafinil. Par ailleurs, quatre cinquièmes des répondants estimaient que des adultes devaient pouvoir décider librement d'utiliser ces substances s'ils le désiraient et un tiers des répondants affirmaient qu'ils se sentiraient poussés à administrer ces substances à leurs propres enfants si d'autres enfants à l'école en consommaient.

Une autre étude⁽⁷⁾ sur le dopage sur le lieu de travail, réalisée en 2009 en Allemagne par la *Deutsche Angestellten Krankenkasse*, une compagnie d'assurance maladie, révélait que 5 % des 3 000 personnes interrogées déclaraient avoir déjà pris des médicaments pour améliorer leurs performances cognitives sans prescription médicale, dont 2 % régulièrement.

[3] Nordmann A. (2004), *Converging Technologies. Shaping the Future of European Societies*, Commission européenne.

[4] Voir <http://www.imcas.com/fr>.

[5] McCabe S. E., Knight J. R., Teter C. J. et Wechsler H. (2005), "Non-medical use of prescription stimulants among US college students: Prevalence and correlates from a national survey", *Addiction*, n° 100, p. 96-106.

[6] On pourra trouver un compte rendu du sondage à : <http://www.nature.com/news/2008/080409/full/452674a.html>.

[7] DAK (2009), *Gesundheitsreport 2009. Analyse der Arbeitsunfähigkeitsdaten. Schwerpunktthema Doping am Arbeitsplatz*, http://www.dak.de/content/filesopen/Gesundheitsreport_2009.pdf.

Qui plus est, les habitants des pays pauvres semblent encore plus ouverts aux technologies d'amélioration des performances physiques ou cognitives que les habitants des pays riches. Une étude publiée en 1995⁽⁸⁾ montrait ainsi que, dans les pays occidentaux, entre 20 % et 30 % des personnes interrogées approuvaient l'ingénierie génétique aux fins d'amélioration physique, cognitive ou morale, mais que cette approbation dépassait 50 % en Inde ou en Thaïlande.

Une capacité croissante à manipuler la matière et le vivant

Si le débat sur l'amélioration artificielle des performances humaines émerge aujourd'hui, c'est en grande partie parce que la connaissance du vivant et la capacité de l'homme à le manipuler ont beaucoup progressé, de même qu'a augmenté sa capacité à intervenir sur la matière à des échelles de plus en plus petites. Il n'est donc en soi pas étonnant que soit posée la question des applications sur l'homme de ces avancées scientifiques et technologiques.

Pour les auteurs du rapport commandé par la National Science Foundation, la "convergence NBIC", c'est-à-dire l'exploitation conjointe et en synergie des avancées des nanotechnologies⁽⁹⁾, des biotechnologies, des technologies de l'information et des sciences cognitives, constitue une véritable révolution. L'exploration des objets à l'échelle du nanomètre (un milliardième de mètre) nous révèle en effet des principes d'organisation semblables qui rendent moins nettes les différences que l'on constate à notre échelle entre objets organiques et inorganiques, animés et inanimés. Dès lors, la possibilité d'intervenir, et non plus seulement d'observer, à cette échelle ouvre des perspectives nouvelles en termes de création de nouveaux matériaux et d'ingénierie du vivant.

En particulier, l'apport de la bio-informatique à la biotechnologie a rendu possible l'émergence de la **biologie synthétique**⁽¹⁰⁾, discipline qui vise au "design intentionnel de systèmes biologiques artificiels". Avec celle-ci, on ne considère plus la cellule et son patrimoine génétique comme une entité vivante mais comme une librairie de

fonctions qu'on peut réorganiser selon les finalités souhaitées. Dans le cadre des biotechnologies "classiques", les méthodes restent artisanales : on extrait un gène spécifique du patrimoine génétique d'un organisme naturel et on le transfère dans un autre organisme, qui peut produire la protéine associée à ce gène avec une vitesse et un rendement supérieurs. Par contraste, la biologie synthétique vise non seulement la synthèse directe d'un gène par des techniques chimiques ou de génie génétique, mais aussi l'utilisation de l'informatique ou de l'automatique pour concevoir de façon rationnelle de nouveaux systèmes biologiques.

Une communauté scientifique s'est en particulier constituée, d'abord autour de Drew Endy du Massachusetts Institute of Technology, avec la volonté d'introduire un véritable état d'esprit d'ingénieur au sein de la biologie, *via* la standardisation et la modularisation de pièces de construction biologiques – les "bioparts" ou "biobricks" – censées pouvoir s'assembler les unes avec les autres à la manière de briques de Lego. À cette approche qualifiée parfois de *bottom up*, dans la mesure où l'on cherche progressivement à construire des artefacts vivants de plus en plus complexes à partir d'éléments artificiels très simples, s'ajoute une approche dite *top down*, où il s'agit de modifier un système biologique naturel pour obtenir un système plus simple, plus facile à comprendre et à manipuler (projet de génome minimal).

Ainsi, aux États-Unis, l'institut Craig Venter est parvenu à créer un génome totalement synthétique de plus de un million de paires de bases⁽¹¹⁾, copie d'un génome existant de la bactérie *Mycoplasma capricolum*, et à l'insérer avec succès dans une bactérie naturelle dont le matériel génétique avait été retiré. Après plusieurs essais, la bactérie dotée du génome artificiel a survécu et s'est multipliée.

Aujourd'hui, la création d'artefacts vivants n'est possible qu'avec du matériel génétique dérivé des bactéries, c'est-à-dire à un niveau de complexité relativement limité. Néanmoins, la convergence NBIC laisse penser que les possibilités de manipulation de la matière, inerte ou vivante, pourraient considérablement progresser dans les années qui viennent.



[8] Macer D., Akiyama S., Tan Alora A., Asada Y., Azariah J., Azariah H., Boost M., Chatwachirawong P., Kato Y., Kaushik V., Leavitt F., Macer N., Ong C., Srinives P. et Tsuzuki M. [1995], "International perceptions and approval of gene therapy", *Human Gene Therapy*, n° 6, p. 791-803.

[9] Sur les nanotechnologies, voir Teillant A. [2011], "Pour un développement responsable des nanotechnologies", *La note d'analyse*, n° 248, Centre d'analyse stratégique.

[10] Sur la biologie synthétique, voir Suet P.-H. [2009], "La biologie synthétique : de la bio-ingénierie à la bioéthique", *La note de veille*, n° 136 et 137, Centre d'analyse stratégique.

[11] La molécule d'ADN a la forme d'une double hélice sur laquelle s'enchaînent quatre bases azotées, regroupées par paires : adénine, thymine, guanine, cytosine. Le génome de l'être humain comporte trois milliards de paires de bases.

TECHNOLOGIES D'AMÉLIORATION DES CAPACITÉS PHYSIQUES ET COGNITIVES : L'ÉTAT DE L'ART

(L'amélioration des performances physiques

Même si la convergence NBIC laisse apparaître des capacités nouvelles de manipuler la matière, y compris la matière vivante, **les principales applications des nouvelles technologies concernent aujourd'hui la réparation du corps humain, non son amélioration.**

Dans le domaine des prothèses internes par exemple (prothèses de hanche, valves cardiaques, etc.), on développe de nouveaux matériaux plus durables et mieux acceptés par l'organisme. Alors qu'il y a cinquante ans on utilisait principalement des plastiques et des polymères, de nouveaux matériaux hybrides apparaissent, qui intègrent des composés vivants ou bio-actifs tels que des combinaisons de cellules et d'échafaudages synthétiques. Les prothèses de membres ont également beaucoup progressé : leurs qualités mécaniques se sont améliorées et elles peuvent être dotées de capteurs permettant à l'individu de retrouver une forme de sensibilité. Le développement des interfaces cerveau-machine⁽¹²⁾ laisse également entrevoir un contrôle plus aisé et naturel de prothèses motorisées (ou d'exosquelettes⁽¹³⁾) par le patient. Enfin, la qualité des implants s'est également beaucoup améliorée, par exemple celle des implants cochléaires qui contournent la partie endommagée de la cochlée⁽¹⁴⁾ pour transmettre directement au nerf auditif les signaux sonores enregistrés par un appareil externe.

Dans le domaine de la **médecine régénérative**, où il s'agit de stimuler ou d'imiter la capacité naturelle du corps à réparer des tissus endommagés, les thérapies les plus avancées sont la thérapie cellulaire, l'ingénierie tissulaire et la thérapie génique.

Dans le cas de la **thérapie cellulaire**, il s'agit de transférer des cellules vivantes chez un patient pour prévenir, traiter ou atténuer une maladie. Les limites de ce type de thérapie sont encore importantes : nombre et espérance de vie des cellules transplantées souvent limités, risques de contamination par des micro-organismes, impossibilité

de standardiser la production des cellules, risque d'apparition de tumeurs.

L'**ingénierie tissulaire**, quant à elle, désigne la régénération, *in vivo* ou *in vitro*, de tissus biologiques grâce à l'utilisation de cellules, avec l'aide de structures ou de biomolécules qui servent de châssis (*scaffolds*). Les cellules proviennent souvent du patient lui-même. Aujourd'hui, les tissus conçus de façon artificielle ne sont pas encore aussi performants que les tissus naturels qu'ils remplacent : ils comportent une diversité plus faible de types de cellules, ne sont pas ou sont peu vascularisés et n'ont qu'une structure tridimensionnelle simple.

La **thérapie génique** consiste à remplacer dans des cellules un gène déficient par un gène sain ou bien de modifier l'expression du ou des gènes délétères impliqués dans une pathologie. La recherche actuelle se concentre sur la thérapie génique somatique : la modification génétique n'est introduite que dans les cellules somatiques du patient, c'est-à-dire qui ne sont pas à l'origine des cellules reproductrices. Les mutations introduites par ce type de thérapie ne seront donc pas transmises à l'éventuelle descendance du patient. La mise au point de thérapies géniques efficaces se heurte elle aussi à de nombreuses difficultés. Malgré le succès de la thérapie mise au point par l'équipe du professeur Fisher dans le traitement des bébés-bulles⁽¹⁵⁾, plusieurs échecs ont, ces dernières années, ralenti la recherche et refroidi l'enthousiasme initial. Aujourd'hui, la thérapie génique est donc plutôt considérée comme une stratégie de niche.

Ces nouvelles technologies ne visent pas l'amélioration des performances physiques de l'être humain : elles ont été mises au point dans une intention thérapeutique. **Les cas de détournement de procédés ou produits thérapeutiques à des fins de dopage sportif n'en demeurent pas moins anciens et fréquents.** Par exemple, les stéroïdes anabolisants ou les hormones de croissance sont détournés de leur usage thérapeutique pour stimuler la croissance musculaire des athlètes. De même, l'érythropoïétine (EPO) synthétique⁽¹⁶⁾, utilisée dans le traitement de diverses maladies du sang, est employée par certains sportifs pour augmenter leur endurance grâce à une meilleure oxygénation des muscles. Dans tous les cas, les risques pour la santé des sportifs sont importants.

[12] Voir Oullier O. et Suet P.-H. (2009), "Les interfaces cerveau-machine", *La note de veille*, n° 150, Centre d'analyse stratégique.

[13] Voir par exemple l'exosquelette HAL commercialisé par la société Cyberdyne : <http://www.cyberdyne.jp/english/index.html>.

[14] La cochlée désigne une partie de l'oreille interne.

[15] Appelés ainsi car, en raison de leurs défenses immunitaires fortement affaiblies, ces bébés doivent vivre dans un milieu stérile, isolé des sources d'infection.

[16] L'EPO synthétique est obtenue en faisant appel à des techniques complexes et coûteuses par lesquelles on introduit le gène de l'EPO humaine dans une lignée cellulaire animale, qui produit ensuite la protéine.

La possibilité d'un détournement de la thérapie génique dans un but de dopage est prise au sérieux depuis une dizaine d'années. Ainsi, l'Agence mondiale antidopage a organisé une première conférence sur le **dopage génétique** dès 2002 à New York. Plusieurs types de dopage génétique peuvent être envisagés. Il est aujourd'hui peu probable que les techniques du transfert de gènes soient utilisées, car elles sont encore très risquées et très compliquées à mettre en œuvre⁽¹⁷⁾. En revanche, d'autres techniques, visant à activer ou inhiber l'expression de gènes présents dans l'organisme, pourraient plus facilement être détournées.

(Le ralentissement du vieillissement

Pour le gérontologue britannique Aubrey de Grey, aussi brillant que controversé, le premier homme qui vivra un millier d'années est déjà né⁽¹⁸⁾. Il estime en effet que le vieillissement doit être considéré comme une maladie comme les autres, aux causes certes multiples mais pouvant chacune faire l'objet d'une stratégie de guérison. Il propose donc de mettre au point une stratégie globale de "sénescence négligeable"⁽¹⁹⁾, capable de ralentir au maximum le vieillissement. Selon lui, le temps est proche où l'on atteindra ce qu'il nomme la "*longevity escape velocity*", c'est-à-dire une situation où l'augmentation annuelle de l'espérance de vie sera supérieure à un an, ouvrant la possibilité d'une quasi-immortalité. Un tel optimisme est plus que minoritaire dans la communauté scientifique. Néanmoins, il est un fait que les mécanismes du vieillissement commencent à être mieux compris.

Ces mécanismes sont multiples et sont sous l'influence de facteurs externes (agressions chimiques, rayons UV et autres radiations) et internes. Le plus fondamental d'entre eux semble être lié à un **phénomène d'oxydation**. Chaque cellule contient en effet entre quelques centaines et quelques milliers d'organites appelés mitochondries, qui produisent l'énergie nécessaire à la cellule. Au cours de ce processus, des molécules d'oxygène peuvent être transformées en radicaux libres au fort pouvoir oxydant qui endommagent notre machinerie cellulaire. Certes, nous possédons déjà de nombreux mécanismes de réparation et de nettoyage au sein de nos cellules. Mais

les organites qui en ont la charge subissent eux aussi le phénomène d'oxydation.

Ainsi, selon Miroslav Radman⁽²⁰⁾, biologiste spécialiste des mécanismes de réparation de l'ADN, les problèmes fonctionnels dans la majorité des cellules – caractéristiques du vieillissement – sont vraisemblablement dus avant tout à la dégradation de la qualité des protéines et non aux mutations dans les gènes qui les codent. De fait, le déclin du fonctionnement cellulaire et la mort cellulaire sont parfaitement corrélés avec l'oxydation des protéines mais pas avec les dégâts sur l'ADN. **L'accumulation des dysfonctionnements cellulaires serait ainsi la conséquence du mauvais fonctionnement des protéines, en particulier de celles qui sont impliquées dans la réparation et la maintenance moléculaire.** La télomérase qui permet de lutter contre le raccourcissement des télomères⁽²¹⁾, les sirtuines – des enzymes dont certaines participent à la réparation de l'ADN et à la stabilité de l'expression des gènes – et plus généralement l'ensemble des systèmes de la réparation de l'ADN, du nettoyage biochimique et du remplacement des protéines non fonctionnelles sont tous des protéines sujettes à l'oxydation.

Des chercheurs étudient déjà certains "êtres robustes" particulièrement résistants. Il peut s'agir de bactéries comme *Deinococcus radiodurans*, qui dispose d'un système de réparation de l'ADN très performant lui permettant de résister à des radiations extrêmement violentes, ou bien d'êtres plus évolués comme les tardigrades, petits animaux pluricellulaires remarquables pour leur résistance hors norme aux radiations, aux produits toxiques ou à la déshydratation. L'existence de ces êtres vivants étonnants laisse penser que de nouveaux mécanismes de lutte contre les dégâts oxydatifs peuvent être découverts.

(L'amélioration des performances cognitives

La convergence NBIC laisse entrevoir des possibilités nouvelles en termes de connaissance du cerveau. Ainsi, W. Bainbridge, l'un des coauteurs du rapport produit pour la National Science Foundation américaine, envisage la possibilité qu'un jour les scientifiques soient capables de totalement comprendre et décrire les processus biochi-



[17] Voir le compte rendu de la conférence d'experts sur le dopage génétique réunis à Saint-Petersbourg en juin 2008 dans *Franc Jeu*, n° 3, 2008, publication officielle de l'Agence mondiale antidopage, http://www.wada-ama.org/Documents/Resources/Publications/PlayTrue_Magazine/PlayTrue_2008_3_Levelling_the_Playing_Field_FR.pdf.

[18] Pour un portrait divertissant et une présentation de ses analyses, voir Weiner J. (2010), *Long for this World. The Strange Science of Immortality*, Ecco.

[19] Voir le site de la fondation SENS dont il est l'un des fondateurs : <http://www.sens.org/>. SENS est l'acronyme de *Strategies for Engineered Negligible Senescence*.

[20] Radman M. (2011), *Au-delà de nos limites biologiques*, Paris, Plon.

[21] Les télomères sont les extrémités non codantes des chromosomes. Lors de la division cellulaire, ils ont tendance à s'éroder jusqu'à atteindre une taille critique qui déclenche alors une entrée en sénescence de la cellule.

miques et neuroélectriques associés à nos raisonnements, à nos intentions, à nos sentiments, à nos croyances, et de traduire cette connaissance en termes de processus formalisés⁽²²⁾. Cette connaissance pourrait à son tour permettre la mise au point de technologies de stimulation et d'amélioration des performances cognitives, que ce soit au moyen de produits pharmaceutiques, de modifications génétiques ou de dispositifs techniques tels que des implants ou des prothèses neurales. Certains⁽²³⁾ imaginent même que l'on puisse un jour numériser le contenu d'un cerveau humain et le télécharger dans un ordinateur, ce dernier étant capable ensuite de simuler son fonctionnement. L'esprit d'une personne pourrait alors continuer à vivre sans son corps physique.

Selon les experts mobilisés dans le cadre du projet CONTECS (*Converging technologies and their impact on the social sciences and humanities*) financé par la Commission européenne⁽²⁴⁾ ou bien le récent rapport de l'Office parlementaire des choix scientifiques et techniques sur les enjeux des nouvelles technologies d'exploration et de thérapie du cerveau⁽²⁵⁾, nous sommes encore assez loin de ces visions futuristes.

Concernant le fonctionnement du cerveau tout d'abord, on commence à comprendre assez bien les processus en jeu au niveau d'un seul neurone et au niveau d'aires cérébrales relativement importantes. Mais le fonctionnement d'ensembles qui se situent entre ces deux extrêmes est encore très peu compris. Il convient donc de développer une approche multiniveaux, qui fait encore défaut aujourd'hui. De fait, le champ des neurosciences, s'il s'est beaucoup enrichi en données, reste pauvre en théories⁽²⁶⁾. C'est la raison pour laquelle certains chercheurs tentent de simuler le fonctionnement du cerveau.

Cette "rétro-ingénierie" du cerveau peut être envisagée sous l'angle logiciel (par exemple le projet *Blue Brain* aux États-Unis) ou bien de façon physique, avec par exemple le projet FACETS en Allemagne. Dans le premier cas, il

s'agit de collecter des données sur le fonctionnement de vrais cerveaux, tandis que dans le second, l'objectif est davantage de construire une intelligence artificielle plus performante ou des superordinateurs plus puissants en cherchant à imiter la nature. Ainsi, dans le projet FACETS, les chercheurs ont conçu un ordinateur censé fonctionner comme un cerveau humain, en recréant des circuits de neurones et de synapses⁽²⁷⁾. En plus de ces deux grandes approches de rétro-ingénierie, il faut mentionner une approche dite "*wetware*" dans laquelle on cherche à étudier le cerveau en utilisant des neurones de culture.

À ce jour, cette meilleure connaissance du cerveau n'a pas encore donné lieu à des innovations pharmacologiques majeures en termes d'amélioration des fonctions cognitives : les amphétamines, par exemple, ne sont pas des substances nouvelles et elles agissent principalement sur des sujets fatigués et/ou qui manquent de sommeil. De plus, elles ont des effets secondaires importants. Parmi les médicaments disponibles qui permettent d'améliorer les performances cognitives, on peut encore citer le méthylphénidate (Ritaline), utilisé dans les troubles de l'attention, ou bien le modafinil, utilisé dans le traitement de la narcolepsie, qui peuvent être détournés pour améliorer la concentration. En ce qui concerne spécifiquement l'amélioration de la mémoire, les recherches avancent lentement, malgré les sommes importantes investies dans la lutte contre la maladie d'Alzheimer.

Qu'en est-il d'éventuelles manipulations génétiques ? Il ne fait pas de doute que la génétique influence grandement les performances cognitives. Selon une étude récente portant sur 3 500 personnes, entre 40 % et 50 % des différences de QI constatées entre ces individus peuvent être expliquées par un modèle statistique utilisant la seule information génétique rassemblée sur ces personnes⁽²⁸⁾. **Mais cette influence de la génétique sur l'intelligence est largement polygénique.** Chaque variation dans le génome d'un individu n'est corrélée qu'avec une

[22] Bainbridge W. S. (2006), "Survey of NBIC applications", in Bainbridge W. S. et Roco M. C. (éd.) (2006), *Managing Nano-Bio-Info-Cogno Innovations. Converging Technologies in Society*, Heidelberg, New York, Springer, p. 337-345.

[23] Voir, par exemple, Kurzweil R. (2001), "Live Forever—Uploading The Human Brain... Closer Than You Think", consultable sur le site de l'auteur : <http://www.kurzweilai.net/live-forever-uploading-the-human-brain-closer-than-you-think>.

[24] Beckert B., Blümel C., Friedewald M. et Thielmann A. (2008), "R&D Trends in converging technologies", in Andler D., Barthelmé S., Beckert B., Blümel C., Coenen C., Fleischer T., Friedewald M., Quendt C., Rader M., Simakova E. et Woolgar S., *Converging Technologies and their Impact on the Social Sciences and Humanities. Final Report of the CONTECS Project*, <http://www.contecs.fraunhofer.de>.

[25] Claeys A. et Vialatte J.-S. (2012), *Rapport sur l'impact et les enjeux des nouvelles technologies d'exploration et de thérapie du cerveau*, Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques.

[26] Coenen C. et al. (2011), *op. cit.*

[27] Aujourd'hui, les chercheurs ont construit un système configurable de 200 000 neurones et 150 millions de synapses.

[28] Dans cette étude, il s'agit de l'observation, pour chaque individu, de 500 000 marqueurs génétiques appelés "polymorphismes d'un seul nucléotide". Voir Davies G., Tenesa A., Payton A., Yang J., Harris S. E. et al. (2011), "Genome-wide association studies establish that human intelligence is highly heritable and polygenic", *Molecular Psychiatry*, n° 16, p. 996-1005.

part très faible des différences de performance constatées d'un individu à l'autre. Du coup, il est très peu probable que l'on puisse améliorer significativement l'intelligence d'un individu en lui transférant la mutation d'un seul gène ou même d'un nombre limité de gènes.

Du côté des dispositifs internes et externes permettant d'affecter le fonctionnement du cerveau, des techniques de "neuromodulation", invasives ou non, ont été mises au point dans un but thérapeutique. Ces techniques donnent des résultats encourageants, sans que les mécanismes en jeu soient encore bien compris⁽²⁹⁾.

La **neuromodulation non invasive** fait référence à des dispositifs qui changent le fonctionnement du cerveau depuis l'extérieur du crâne. Parmi ces technologies, on peut citer la **stimulation magnétique transcrânienne (TMS)** qui influence l'activité électrique du cerveau. La TMS utilise une bobine placée à l'extérieur du crâne. Celle-ci produit des champs magnétiques qui induisent un champ électrique dans le tissu cortical. Des résultats positifs ont été enregistrés pour le traitement de dépressions sévères et, dans une moindre mesure, dans le traitement de la schizophrénie. Certains imaginent que la TMS pourrait être utilisée à des fins de dopage des capacités cérébrales, en favorisant notamment la mémorisation.

La **neuromodulation invasive** fait référence à des techniques qui changent le fonctionnement du cerveau depuis l'intérieur du crâne *via* des électrodes implantées dans le cerveau. Parmi celles-ci, la **stimulation cérébrale profonde** peut aider à réduire les symptômes comme les tremblements, la rigidité, la raideur, les mouvements ralentis, et les problèmes de marche. Cette stimulation peut aussi traiter le tremblement essentiel, un trouble neurologique du mouvement. La procédure est généralement utilisée uniquement pour les patients dont les symptômes ne peuvent être contrôlés par la médication. À ce jour, plus de 100 000 patients dans le monde ont été implantés pour des maladies du mouvement, dont environ 80 000 parkinsoniens⁽³⁰⁾. Ce sont des erreurs d'implantation qui ont montré, de façon décisive, qu'il était possible, par stimulation profonde, d'agir sur des comportements, des affects, des cognitions, en modulant

de façon très précise de toutes petites zones au cœur du cerveau.

Selon le rapport du STOA⁽³¹⁾, même si la plupart des technologies d'amélioration discutées aujourd'hui sont utilisées dans un cadre thérapeutique et ne permettent pas à leurs bénéficiaires d'avoir un avantage significatif sur les humains "non améliorés", il existe des indices sérieux qui suggèrent que des moyens d'amélioration non thérapeutiques de plus en plus efficaces pourraient être développés dans un avenir proche. De nombreux experts auditionnés par le STOA considèrent par exemple tout à fait possible que des produits pharmaceutiques non dangereux, permettant d'améliorer les performances cognitives, puissent être mis au point, en lien avec les recherches menées sur les maladies neurodégénératives liées à la vieillesse.

🔗 L'AMÉLIORATION DES CAPACITÉS HUMAINES : UNE PERSPECTIVE QUI INQUIÈTE

Pour juger du caractère désirable ou non du développement des technologies d'amélioration de l'être humain, il est nécessaire d'aborder trois grandes questions : celle de leur impact environnemental et sanitaire⁽³²⁾ ; celle de la manière dont ces technologies pourraient bouleverser le fonctionnement de nos sociétés ; celle de leur légitimité morale⁽³³⁾.

(Risques environnementaux et sanitaires

La plupart des médicaments détournés aujourd'hui aux fins de dopage physique ou cognitif présentent des risques connus d'addiction et/ou d'effets secondaires. Mais les techniques envisagées pour améliorer les performances humaines reposent pour nombre d'entre elles sur **des technologies dont les risques à long terme ne sont pas connus**. Jean-Michel Besnier⁽³⁴⁾ dénonce à ce titre l'apparition dans les milieux de la haute technologie d'un "principe de non maîtrise⁽³⁵⁾", c'est-à-dire d'un mode de fonctionnement de la recherche où l'on crée d'abord des structures ou organisations complexes avant d'explorer et de se laisser surprendre par leurs propriétés.



[29] Coenen C. *et al.* (2011), *op. cit.*

[30] Claeys A. et Vialatte J.-S. (2012), *op. cit.*

[31] Coenen C. *et al.* (2009), *op. cit.*

[32] Dupuy J.-P. (2004), "Le problème théologico-scientifique et la responsabilité de la science", *Le Débat*, n° 129, mars-avril.

[33] Cette note ne permet pas d'aborder toutes les questions débattues. On évoque uniquement les principales.

[34] Besnier J.-M. (2009), *Demain les posthumains*, Paris, Hachette Littératures, coll. "Haute Tension".

[35] Expression empruntée à Jean-Pierre Dupuy.

On ignore par exemple encore largement quels peuvent être les effets sur la santé ou l'environnement de la diffusion des nanoparticules⁽³⁶⁾. Quant au développement d'artefacts vivants dans le cadre de la biologie de synthèse, il pose à la fois des problèmes de biosûreté et de biosécurité⁽³⁷⁾.

Le premier concept renvoie à des risques d'infections accidentelles par des organismes dangereux et suppose de développer des dispositifs de confinement des organismes créés dans les laboratoires. Le second concept renvoie quant à lui à des risques de prolifération et d'utilisation criminelle ou terroriste d'agents biologiques dangereux. Des équipes de chercheurs sont ainsi parvenues à synthétiser le virus de la polio pour la première fois dès 2002 tandis que celui de la grippe espagnole l'a été en 2005. Or la technique de synthèse de l'ADN est aujourd'hui de plus en plus accessible. On trouve facilement des synthétiseurs d'ADN sur le marché de l'occasion, à tel point que l'on parle parfois de biologie de garage pour désigner ce phénomène de démocratisation des biotechnologies, qui est comparé à celui qu'a connu la micro-informatique il y a une quarantaine d'années.

C'est ce risque d'interactions inattendues des artefacts vivants avec les organismes naturels qui a ainsi conduit à développer la notion d'orthogonalité : il s'agirait de créer des systèmes vivants artificiels incapables d'interagir avec les systèmes vivants que l'on trouve dans la nature. Dans cette perspective, une équipe internationale dirigée par Philippe Marlière a, pour la première fois, réussi à concevoir une bactérie viable dans laquelle une des quatre bases de l'ADN a été remplacée par un composé analogue synthétique⁽³⁸⁾. Cette bactérie "xenobiologique" dépend de ce composé, absent dans la nature, et ne peut donc, en principe, entrer en compétition ni échanger de matériel génétique avec les organismes sauvages.

Les défenseurs des technologies d'amélioration de l'être humain⁽³⁹⁾ ne nient généralement pas l'importance de ces risques. Mais ils font valoir que les processus naturels peuvent être parfois plus dangereux que les processus artificiels. Par exemple, le bioéthicien J. Harris estime que le processus de sélection naturelle peut être nettement

plus cruel que ce que peut faire l'homme et qu'il est ainsi peut-être plus dangereux de laisser les choses évoluer "naturellement" que de tenter de contrôler cette évolution⁽⁴⁰⁾. Dans le même esprit, M. Radman⁽⁴¹⁾ indique que les avancées de la médecine, si elles constituent un immense progrès, ont également pour conséquence d'affaiblir le processus de sélection naturelle. Aussi, pour lui, seule une amélioration par l'homme de son propre génome par modification génétique pourra pallier, à long terme, la dégradation probable de son patrimoine génétique. Reste à savoir bien sûr si, en la matière, le remède ne risque pas d'être pire que le mal.

(Risques sociaux

Les technologies d'amélioration de l'être humain présentent par ailleurs des risques pour le fonctionnement de nos sociétés. En particulier, ces technologies pourraient renforcer la tendance à l'émergence d'une **société de la performance** quasi eugéniste, caractérisée par une pathologisation et une médicalisation croissante des comportements. Comme l'analyse Hervé Chneiweiss⁽⁴²⁾, dans cette société de la performance, il s'agit d'améliorer ses performances non pas pour être meilleur que les autres, mais simplement pour être normalement intégré à sa communauté. L'amélioration artificielle de l'homme risquerait de devenir une norme imposée directement ou indirectement par les employeurs, l'école ou le gouvernement.

En fait, ce débat sur la définition du normal et du pathologique se pose déjà dans le cadre de technologies à visée thérapeutique. Ainsi, certains malentendants s'opposent aux implants cochléaires, estimant qu'ils seraient discriminatoires et priveraient la personne sourde d'une bonne intégration au sein de la communauté des malentendants. Le rapport du STOA cite également le cas de deux femmes sourdes qui ont fait appel à un donneur sourd pour être sûres d'avoir un enfant sourd, et celui de deux parents atteints de nanisme qui souhaitaient bénéficier d'un diagnostic préimplantatoire pour être sûrs que leur enfant soit lui-même atteint du même handicap. Ces cas sont certes rares, mais ils tendent à montrer que les forces "homogénéisantes" rencontreront des résistances.

[36] Teillant A. [2011], *op. cit.*

[37] Suet P.-H. [2009], *op. cit.*

[38] Marlière P. et al. [2011], "Chemical Evolution of a Bacterium's Genome", *Angewandte Chemie International Edition*, vol. 50, p. 7109-7114.

[39] Au premier rang desquels les membres du mouvement transhumaniste. Pour une présentation des arguments, voir Bostrom N. [2003], *The Transhumanism Faq, a General Introduction*, v.2.1., World Transhumanist Association : <http://www.transhumanism.org/resources/FAQv21.pdf>.

[40] Harris J. [2007], *Enhancing Evolution. The Ethical Case for Making Better People*, Princeton University Press.

[41] Radman M. [2011], *op. cit.*

[42] Chneiweiss H. [2012], *L'homme réparé*, Paris, Plon.

Un autre danger souvent évoqué est celui d'une forte **croissance des inégalités**, entre ceux qui pourront et ceux qui ne pourront pas avoir accès à ces technologies. À cette critique fondamentale, les partisans des technologies d'amélioration des performances humaines⁽⁴³⁾ opposent plusieurs arguments. Tout d'abord, ils font remarquer que les nouvelles technologies sont toujours chères au début de leur développement, mais qu'elles se démocratisent avec le temps. Par ailleurs, le phénomène qui consiste, pour les plus fortunés, à investir au maximum dans l'éducation de leur progéniture n'est pas nouveau : les plus riches offrent déjà les meilleures écoles ou bien des cours particuliers à leurs enfants. Enfin, loin d'accroître les inégalités, ces technologies pourraient au contraire les atténuer. Par exemple, il semble que les psychostimulants actuels, comme le modafinil, tendent à agir davantage sur les personnes dont les performances cognitives sont les plus faibles⁽⁴⁴⁾. Mais surtout, pour les défenseurs des technologies d'amélioration, la nature elle-même est à l'origine de grandes inégalités qu'il est parfaitement légitime de vouloir combattre à la racine.

Pour autant, et dans la mesure où il s'agirait de technologies permettant d'accroître les capacités cognitives, le fait pour les plus fortunés d'y avoir accès avant tout le monde pourrait leur garantir une avance définitive sur le reste de la population : les capacités nouvellement acquises favoriseraient la réussite de ceux qui les posséderaient, leur permettant d'acquérir les premiers les technologies les plus récentes et les plus chères.

Un troisième risque fondamental évoqué fréquemment concerne les phénomènes de **surpopulation** qu'une augmentation importante de l'espérance de vie entraînerait, ainsi que les **coûts de ces technologies** pour les systèmes d'assurance sociale. Les partisans de l'extension de la durée de vie conviennent généralement que la surpopulation constituerait un défi majeur, mais que celui-ci ne peut justifier d'abandonner les efforts visant à allonger la durée de vie car cela reviendrait à légitimer un génocide générationnel (*generational cleansing*)⁽⁴⁵⁾. Concernant les coûts, ils estiment que, si c'est bien la vie en bonne santé que l'on augmente, toutes les maladies qui nous tuent

seraient décalées dans le temps, et donc la charge financière des soins pourrait être en fait moins lourde qu'aujourd'hui.

(Interrogations éthiques et philosophiques

Du côté des interrogations éthiques, on trouve tout d'abord une critique, parfois qualifiée de "bioconservatrice", qui consiste à dénoncer une **intervention illégitime de l'homme dans l'ordre de la nature**. Pour les partisans des technologies d'amélioration, cette intervention est au contraire le propre de l'homme. Nous vivons déjà dans un monde artificiel, créé par et pour l'homme, et nous sommes déjà des êtres augmentés dans leurs capacités : outils et véhicules divers et variés, lunettes, etc. Il s'agit certes de dispositifs externes. Mais tel n'est pas le cas du vaccin, qui ne vise pas à soigner une maladie mais bien à nous protéger de façon préventive de virus auxquels nous sommes naturellement vulnérables.

Un autre argument, beaucoup plus souvent avancé et au cœur de la majorité des rapports émanant des comités d'éthique et de nombreuses chartes et conventions internationales⁽⁴⁶⁾, concerne le **principe de dignité et d'intégrité de l'homme**. Par exemple, le Groupe européen d'éthique des sciences et des nouvelles technologies auprès de la Commission européenne (GEE) estime dans son rapport sur les implants TIC⁽⁴⁷⁾ que les applications non médicales de ces implants constituent une menace pour la dignité humaine. De même, la Charte des droits fondamentaux de l'Union européenne, adoptée en 2000, dispose dans son article 1^{er}, que la dignité humaine est inviolable et énonce dans son article 3 le principe d'inviolabilité du corps humain et d'intégrité physique et psychologique, qui exclut toute activité susceptible de compromettre tout ou partie de cette intégrité – même avec le consentement du sujet.

Les bioéthiciens favorables aux technologies d'amélioration des performances humaines reprochent au concept de dignité son caractère vague et ouvert à de nombreuses interprétations. Pourquoi un être humain artificiellement amélioré serait moins digne moralement qu'un être humain non amélioré ? Les implants violent-ils l'intégrité



[43] Bostrom N. et Roache R. (2008), "Ethical issues in human enhancement", in Ryberg J., Petersen T. et Wolf C., *New waves in applied ethics*, Pelgrave Macmillan, 2008, pp. 120-152.

[44] Voir, par exemple, Müller U., Steffenhagen N., Regenthal R. et Bublak P. (2004), "Effects of modafinil on working memory processes in humans", *Psychopharmacology*, vol. 177, p. 161-169.

[45] Parmi les solutions proposées par les transhumanistes, citons une régulation des naissances strictes imposée à ceux qui veulent bénéficier d'un allongement de la vie ou, à plus long terme, une colonisation d'autres planètes.

[46] Par exemple : Déclaration d'Helsinki (1964) de l'association médicale mondiale, Convention du Conseil de l'Europe sur les droits de l'homme et la biomédecine (1997), Déclaration universelle de l'UNESCO sur le génome humain (1997).

[47] GEE (2005), "Aspects éthiques des implants tic dans le corps humain", *Opinion*, n° 20.

physique d'un individu ? Et que dire des médicaments qui agissent sur l'humeur ou la personnalité ? Bostrom et Roache⁽⁴⁸⁾ citent ainsi un ouvrage du psychiatre Peter Kramer⁽⁴⁹⁾, dans lequel l'auteur explique que certains de ses patients, même guéris de la dépression, souhaitaient à nouveau se voir prescrire leur antidépresseur parce qu'ils avaient le sentiment de n'être vraiment eux-mêmes que sous l'effet de ce médicament.

Il est clair en tout cas que les avancées des sciences cognitives et des thérapies qui s'y rapportent remettent en cause nombre de notions que l'on pensait aller de soi : qu'est-ce qui détermine la personnalité ? Dans quelles situations suis-je authentique ? Quelle est la réalité du libre-arbitre, de la responsabilité, de l'effort ou du mérite si mon humeur, ma personnalité, mon agressivité, ma capacité à me concentrer, ma créativité peuvent être altérées par l'ingestion d'une molécule ou la modulation d'un champ électromagnétique autour de mon cerveau ou à l'intérieur de lui ?

Quant au caractère moral ou immoral de ces technologies, il continuera sans doute longtemps à faire débat. Pour M. Radman⁽⁵⁰⁾, des améliorations de notre génome seraient parfaitement légitimes : elles nous rendraient moins esclaves de la maladie, et donc moins tributaires de la médecine ; elles nous rendraient également moins dépendants de nos gènes de primates, qui nous poussent à maximiser la dispersion de nos gènes ou de nos idées par la conquête des individus, des ressources, des territoires et de l'argent. Le philosophe J.-M. Besnier tient une position exactement opposée. Pour lui, les utopies post-humaines sont révélatrices d'une fatigue d'être soi⁽⁵¹⁾ manifeste : si l'homme doit être perfectionné, "c'est avant tout pour se montrer digne des machines qu'il a inventées et dont il a peuplé son environnement⁽⁵²⁾". Nous serions ainsi devenus esclaves du monde technicien que nous avons créé.

CONCLUSION

Les visions les plus futuristes proposées par certains promoteurs de l'amélioration humaine restent encore très éloignées des possibilités offertes aujourd'hui par la science. Mais si des procédés capables d'améliorer significativement et sans danger les performances cognitives et/ou physiques de l'être humain relèvent toujours de l'hypothèse, celle-ci a néanmoins gagné en crédibilité. Les défis sociaux et les questions éthiques que ces technologies éventuelles poseraient sont nombreux et nécessitent qu'une réflexion collective soit menée très en amont. Celle-ci a déjà commencé dans des cercles encore relativement étroits. Elle devra se poursuivre en s'ouvrant au plus grand nombre.

► **Mots clés :** bioéthique, convergence NBIC, *human enhancement technologies*, transhumanisme, dopage.



Pierre-Yves Cusset,
département Questions sociales

Remerciements : Jean-Michel Besnier (CNRS), Elyette Lévy-Heisbourg (OPECST), Philippe Marlière (ISTHMUS), Jean-Luc Pujol (INRA) et Jean-Claude Weil (INSERM)



[48] Bostrom N. et Roache R. (2008), *op. cit.*

[49] Kramer P. (1993), *Listening to Prozac*, Viking Press.

[50] Radman M. (2011), *op. cit.*

[51] Expression empruntée à Alain Ehrenberg.

[52] Besnier J.-M. (2009), *op. cit.*, p. 83.

DERNIÈRES
PUBLICATIONS
À CONSULTER

sur www.strategie.gouv.fr, rubrique publications

Notes d'analyse :

- N° 309 ■ Politique de la ville. Perspectives françaises et ouvertures internationales (décembre 2012)
- N° 308 ■ La mobilité internationale des professionnels de santé : quels enjeux pour le système de soins français ? (décembre 2012)
- N° 307 ■ Le rôle des entreprises dans la lutte contre la pauvreté (novembre 2012)
- N° 306 ■ Fraude, indus, non-recours : comment faciliter le juste paiement des prestations sociales ? (novembre 2012)
- N° 305 ■ Quel rôle pour l'Europe dans les négociations climatiques internationales ? (novembre 2012)
- N° 304 ■ Comment lutter contre le "climatoscepticisme" ? Risque climatique et opinions publiques (novembre 2012)
- N° 303 ■ Rio + 20 : priorité à la lutte contre la pauvreté et au droit au développement (novembre 2012)

Retrouvez les dernières actualités du Centre d'analyse stratégique sur :

-  www.strategie.gouv.fr
-  [centredanalysestrategique](https://www.facebook.com/centredanalysestrategique)
-  [@Strategie_Gouv](https://twitter.com/Strategie_Gouv)



La Note d'analyse n° 310 - décembre 2012 est une publication du Centre d'analyse stratégique

Directeur de la publication : Vincent Chriqui, directeur général

Directeur de la rédaction : Hervé Monange, directeur général adjoint

Secrétaires de rédaction : Delphine Gorges, Valérie Senné

Dépôt légal : décembre 2012
N° ISSN : 1760-5733

Contact presse : Jean-Michel Roullé, responsable de la communication
01 42 75 61 37 / 06 46 55 38 38
jean-michel.roulle@strategie.gouv.fr

Le Centre d'analyse stratégique est une institution d'expertise et d'aide à la décision placée auprès du Premier ministre. Il a pour mission d'éclairer le gouvernement dans la définition et la mise en œuvre de ses orientations stratégiques en matière économique, sociale, environnementale et technologique. Il préfigure, à la demande du Premier ministre, les principales réformes gouvernementales. Il mène par ailleurs, de sa propre initiative, des études et analyses dans le cadre d'un programme de travail annuel. Il s'appuie sur un comité d'orientation qui comprend onze membres, dont deux députés et deux sénateurs et un membre du Conseil économique, social et environnemental. Il travaille en réseau avec les principaux conseils d'expertise et de concertation placés auprès du Premier ministre.



www.strategie.gouv.fr