Université Paris-Ouest / Université de Montréal
IREPH (EA373) – Institut de REcherches PHilosophiques :
Dynamique de l'invention philosophique, scientifique & artistique.
École doctorale Connaissance, langage, modélisation (ED 139).
UFR de Littérature, Langage et Philosophie.

La nanosanté

Perspective et enjeux sociologiques de l'application des nanotechnologies à la médecine

Mathieu Noury

Thèse préparée pour l'obtention du Doctorat de philosophie, d'épistémologie et d'histoire des sciences et des techniques.
Soutenance prévue le … à l'Université de Montréal.

JURY

Bernadette Bensaude-Vincent	Professeure à l'Université de Paris-Sorbonne Codirectrice de thèse
Estelle Carde	Professeure à l'Université de Montréal Examinatrice
Céline Lafontaine	Professeure à l'Université de Montréal Codirectrice de thèse
Hachimi Sanni Yaya	Professeur à l'Université d'Ottawa Examinateur
Patrick Trabal	Professeur à l'Université de Paris-Ouest Examinateur

Table des matières

Résumé……..……p. 7

Abstract……..……..….p. 9

Liste des abréviations……..……..…….p. 11

Remerciements aux chercheurs…….……...p. 12

Remerciements généraux……..…...….p. 13

Introduction ……..……....p. 16

Chapitre I – De la nanomédecine à la nanosanté……..…..p. 24

I – Entre promesses, innovations, anticipations et planifications…….…….p. 25

I.I – Science et science-fiction ……....p. 28

I.II – « Une révolution annoncée »…….……..……p. 32

II – Au-delà de la nanomédecine : la nanosanté ……..……p. 36

II.I – D'une analyse des impacts futurs à une analyse de la spécificité et des implications présentes ……..……p. 37

II.II – La nanosanté, pourquoi et pourquoi faire ? ……..…….p. 41

Chapitre II – Analyser la nanosanté ……..……..p. 43

I – Sur la méthode idéaltypique et quelques éléments d'épistémologie wébérienne ……..……p. 44

II – Démarche méthodologique ……..…….p. 48

II.I – Constitution de la base de connaissance : l'« engagement polymorphique » comme méthode de récolte des données ……...……p. 49

II.I.I – Les champs d'investigation ……..p. 51

II.II – Description des étapes de la construction de l'idéaltype ……..p. 56

II.II.I – Première étape : comparaison descriptive …….….p. 56

II.II.II – Deuxième étape : conceptualisation de l'idéaltype ……....p. 58

II.II.III – Troisième niveau : l'interprétation ……..…….p. 60

Chapitre III – Théoriser la nanosanté ……..……....p. 61

I – Santé et technoscience ……...p. 62

I.I - Technoscientifisation, biomédicalisation : théoriser la relation entre la technoscience et les soins de santé …….…….p. 65

I.II – De la biomédicalisation à la biopolitique ……...p. 67

I.III – La bio-ingénierie comme modèle ……..……p. 70

II - La nouvelle frontière de la recherche en santé ……...……...p. 72

III – Définir la nanosanté ……..…...p. 77

III.I – Un modèle transversal ……..….p. 78

III.I.I – Une médecine prédictive ……..…...p. 79

III.I.II – Une médecine personnalisée ……..……p. 82

III.I.III – Une médecine régénératrice …….……p. 85

III.II – Un modèle amélioratif …….……p. 87

III.II.I – Des technologies d'optimisation …….……..p. 87

III.II.II – Vers une médecine transhumaniste ? ……...p. 88

III.III – Un modèle global …….……..p. 90

III.III.I – Nanomédecine et bioéconomie ……....p. 92

III.III.II – Bioinégalité et biocolonialisme …….....p. 94

Chapitre IV – Un modèle transversal ……..……p. 96

I – Les sources moléculaires de la transversalité ……...…….p. 97

II – Prédire la maladie, contrôler la santé future : la logique *a*symptomatique du nanodiagnostic .....p. 101

II. I – Le modèle de la « cascade » …….……...p. 103

II.II – « Avoir de l'avance sur la maladie » ……..….p. 106

II.III – La production technologique du corps à risque du *patient-en-devenir*

……p. 107

II.IV – Contrôler la santé, surveiller le corps ……....p. 110

III – Vers une médecine personnalisée ? ……..….p. 114

III.I – Individualité moléculaire et personnalisation du soin …….....p. 114

III.II – Une « personnalisation très technique » ……..……..p. 119

III.II.I – Les nanotechnologies intelligentes : le cas du théragnostic ……p. 120

III.II.II – De l'effacement du geste médical à sa délégation aux dispositifs technologiques : la mort annoncée du médecin ……....p. 123

III.II.III – Les nanorobots ou la technique autonomisée ……..…..p. 126

IV – La médecine régénératrice ou le (re)façonnement technique du vivant …..p. 129

IV.I – Aider le corps à se soigner lui-même …….……p. 131

IV.II – Régénérer les tissus, refaçonner le corps, améliorer le biologique ……...…….p. 133

Chapitre V – Un modèle amélioratif …….……p. 136

I – Une médecine sans limites …….……p. 137

II – De la restauration à l'amélioration de la santé …….……..p. 139

II.I – À la recherche de la santé perdue …….……p. 140

II.II – Au-delà du normal ……..…….p. 142

II.II.I – Deux exemples de recherche « améliorative » ……..……p. 144

III – Etre en santé, être amélioré …….……..p. 148

III.I – La pathologisation de la vie *en elle-même* …….….p. 149

III.II – Gouverner la santé, « customiser » son corps ……....p. 151

III.III – Le corps désiré ou la maladie comme choix personnel : l'exemple du *modèle normatif volitif de la maladie* ……....p. 154

IV – De l'Homme amélioré au consommateur de santé…….……...….p. 157

Chapitre VI – Un modèle global ……..……..p. 161

I – La valeur stratégique de la nanomédecine dans la globalisation techno-économique ……..….p. 162

II – La nanomédecine au cœur de la bioéconomie ……..……..……p. 168

II.I – Créer la bioéconomie ……....p. 171

II.II – « *Faire de la science pour faire de la science n'a pas beaucoup de sens…* »…….……..……..p. 175

II.II.I – L'exemple de Nanobiotix ……..…..….p. 178

II.II.II – Le Centre for Commercialization of Regenerative Medicine. ……p. 179

II.II.III –Des chercheurs préoccupés…….……....p. 184

III – Les implications du modèle bioéconomique émergeant…….…..….p. 188

III.I – Vers un marché « individualisé » de la santé ?.....p. 190

III.II – Quand l'innovation devient expérimentation…….…....p. 194

III.II.I – La « recherche translationnelle »……..……p. 195

III.II.II – Les essais cliniques de « phase 0 »…….…p. 198

III.III – De la bioéconomie au biocolonialisme……...…..p. 200

III.III.I – Les « paradis de la recherche »……p. 206

III.IV – Le coût humain de la nanomédecine……...……..p. 210

Conclusion …….……..p. 216

Bibliographie ……...p. 220

Annexe 1 – Questionnaire …….…… p. 233

Résumé

Considérée comme le futur de la pratique médicale, la *nanomédecine* est l'application des nanotechnologies aux soins de santé. Plus qu'un nouveau domaine d'application technologique, la nanomédecine est porteuse d'un nouveau paradigme biomédical qui promeut une conception technoscientifique de la santé. Ce nouveau paradigme regroupe sous le préfixe *nano* l'ensemble des grandes tendances actuelles de la recherche en santé : la médecine prédictive, la médecine personnalisée et la médecine régénératrice. Centré sur le développement d'innovations visant au contrôle technique des éléments et des processus biologiques fondamentaux, ce nouveau paradigme se développe largement grâce au soutien des gouvernements et aux promesses économiques qu'il soulève. Il se construit à la croisée du scientifique, du politique et de l'économique. Interroger la nanomédecine revient alors à examiner plus largement la forme et les conditions du sens des innovations biomédicales et à soulever les implications de la « technoscientifisation » des soins de santé.

L'objectif de cette thèse est de rendre compte de la spécificité et des enjeux sociaux, culturels et politico-économiques caractéristiques du modèle biomédical technoscientifique porté par la nanomédecine à partir de sa conceptualisation sous la forme d'un idéaltype : la *nanosanté*. Si la nanomédecine renvoie de manière générale aux applications techniques de la nanotechnologie au domaine biomédical, la *nanosanté* renvoie aux diverses dimensions sociologiques constitutives de ces technologies et à leurs effets sur la santé et la société. Notre modèle de la *nanosanté* s'organise autour de trois dimensions : la *transversalité*, l'*amélioration* et la *globalisation*. Compte tenu de sa nature synthétique, ce modèle tridimensionnel permet d'aborder de front plusieurs questionnements cruciaux soulevés par le développement de la nanomédecine. Il permet d'éclairer le rapport contemporain à la santé et

ses implications sur l'identité ; de mettre en lumière la centralité des technosciences dans la conception du progrès médical et social ; de mieux saisir les nouvelles formes globales de pouvoir sur la vie et les nouvelles formes d'inégalité et d'exploitation caractéristiques d'une société qui accorde une valeur grandissante à l'adaptabilité technique de l'humain et à l'économisation de la santé et du corps ; mais aussi de mieux comprendre le sens et les répercussions de l'engagement scientifique, politique et économique dans les innovations moléculaires et cellulaires.

Mots-clés : nanosanté, nanomédecine, nanotechnologies, technoscience, médicalisation, bioéconomie, transhumanisme, biocitoyenneté, bioinégalité, biocolonialisme.

Abstract

Nanomedicine – the application of nanotechnology to medical practice – is seen as the medicine of the future. Thus, nanomedicine is not just a new biomedical field. It carries a new biomedical paradigm promoting a technoscientific conception of healthcare. This new paradigm grows from and brings together the three current tendencies of healthcare research: predictive medicine, personalized medicine and regenerative medicine. Its focus is on the technical control of the molecular mechanisms underlying the biological development of the body. The growing of this new biomedical paradigm is largely the result of government supports and economic potential. It is both a scientific and a politico-economic construction. In that sense, analysing nanomedicine means analysing the form and the conditions of the current biomedical progress. In other words, nanomedicine helps us to grasp and understand the issues and implications of the ‘‘technoscientifization’’ of healthcare.

This thesis aims to highlight the socio-cultural nature of the technoscientific model of healthcare promoted by nanomedicine. To do so, I propose the construction of an ideal-type of this technoscientific model, which I call *nanohealth*. If nanomedicine refers to the different technological applications of nanotechnology to medicine, *nanohealth* refers to the different sociological dimensions and impacts of nanotechnological applications on health and society. The *nanohealth* ideal-type is constructed around three dimensions: *transversality*, *enhancement* and *globalization*. The synthetic nature of this tridimensional ideal-type helps us to tackle the crucial issues surrounding the development of the nanomedicine. It helps us to understand the meaning and impacts of the scientific, political and economic engagement in nanomedicine; to highlight the centrality of technoscience in the cultural conception of medical and social progress; to grasp the new forms of power upon life and identity, and the

new forms of inequality and exploitation, which are characteristics of a society focusing on the technical adaptability of human being and the economization of health and body.

Keywords : nanohealth, nanomedicine, nanotechnology, technoscience, medicalization, bioeconomy, transhumanism, biocitizenship, bioinequality, biocolonialism.

Listes abréviations

CCRM : Centre for Commercialization of Regenerative Medicine

CRO : Contract Research Organiztions

ELSI : Ethical, Legal, Social & Impacts

FDA : Food and Drug Administration (U.S.)

FMI : Fond monétaire international

IMRN : Initiative canadienne en médecine régénératrice et nanomédecine

OCDE : Organisation de coopération et de développement économiques

OMC : Organisation mondiale du commerce

OMS : Organisation mondiale de la santé

NIHNR : National Institutes of Health Nanomedicine Roadmap initiative (U.S.)

NNI : National Nanotechnology Initiative (U.S.)

NSF : National Science Foundation (U.S.)

PTEN : Plateforme technologique européenne en nanomédecine ou ETPN (European Technological Platform in Nanomedicine)

Q-CROC : Consortium de Recherche en Oncologie Clinique du Québec

RCE : Réseaux de centre d'excellence du Canada

TRIPS (agreement) : Agreement on Trade Related Aspects of Intellectual Property Rights

USPTO : United States Patent and Trademark Office

VRQ : Valorisation recherche Québec

Remerciements aux chercheurs

Je tiens à remercier chaleureusement les chercheurs ayant participé aux entrevues de cette thèse. Leur participation a été essentielle :

Julie Audet, University of Toronto
François Berthod, Université Laval
Olivier Clément, Université Paris-Diderot
Jean-Pierre Cloarec, École centrale de Lyon
Patrick Couvreur, Université Paris-Sud
Gregory De Crescenzo, Polytechnique Montréal
Elias Fattal, Université Paris-Sud
Julie Fradette, Université Laval
Florence Gazeau, Université Paris-Diderot
Mario Jolicoeur, Polytechnique Montréal
David Juncker, McGill University
Eve Langelier, Université de Sherbrooke
Gaëtan Laroche, Université Laval
Denis Leclerc, Université Laval
Sophie Lerouge, École de Technologie Supérieure de Montréal
Diego Mantovani, Université Laval
Sylvain Martel, Polytechnique Montréal
Dominique Masset, Afssaps
Michel Meunier, Polytechnique Montréal
Véronique Moulin, Université Laval
Allan Sanh, Afssaps
Vincente Tropepe, University of Toronto
Patrick Vermette, Université de Sherbrooke
Normand Voyer, Université de Sherbrooke
Peter Zandstra, University of Toronto
Julian Zhu, Polytechnique Montréal

Remerciements généraux

Mes premiers mots vont à Céline Lafontaine qui a suivi mon parcours académique depuis le tout début. Ses travaux et sa réflexion intellectuelle d'ensemble ont été une véritable source d'inspiration durant toutes ces années. Depuis les premiers balbutiements de mon mémoire de maîtrise jusqu'au point final de cette thèse son influence a été décisive. Influence qui laissera une trace indélébile dans les années à venir. Elle a toujours été disponible et su m'aiguiller alors qu'il était si facile de se perdre dans cette expérience parfois vertigineuse qu'est l'écriture d'une thèse. Et, comme nous ne nous nourrissons pas seulement d'idées, le soutien financier qu'elle m'a apporté en m'offrant l'opportunité de travailler sur différents projets de recherche ainsi que son support dans les demandes de subvention furent essentiels. À cet égard, je remercie le Conseil de recherches en sciences humaines du Canada d'avoir financé ma thèse.

L'apport de Bernadette Bensaude-Vincent a également été précieux. En tant qu'historienne et philosophe des sciences, elle a ajouté une dimension supplémentaire à ma réflexion. Son apport a été important sur les dimensions épistémologiques et scientifiques de mon travail.

Cette thèse a été l'occasion d'expériences humaines exceptionnelles avec mes camarades doctorants du département de sociologie avec qui j'ai forgé des amitiés inoubliables. Nous avons partagé un nombre incalculable d'heures à échanger nos idées, nos angoisses et nos rires. Merci à Daphné Esquivel-Sada, Fany Guis, Nicolas Le Dévedec et Sébastien Richard. Vous avez indéniablement contribué à cette thèse. Il y a aussi deux autres doctorants que je souhaite remercier, Marc-André Anzueto et Baptiste Pizzinat, dont l'amitié de longue date a été et continue d'être une véritable richesse tant sur le plan intellectuel que personnel.

Un grand merci également aux relecteurs de cette thèse : Isabelle (ma mère), Pablo, Nicolas et Fany. Votre aide a été précieuse dans les derniers moments décisifs. Je vous dois une fière chandelle.

Je remercie bien sûr mes parents, Pascal et Isabelle. Bien que mes débuts plutôt compliqués dans le « champ scolaire » étaient loin de laisser présager cette thèse, ils m'ont toujours supporté aussi bien sur le plan académique que personnel, même lorsque cela a impliqué de mettre un océan entre nous. Chacun à leur façon, ils m'ont beaucoup donné et je leur en suis infiniment reconnaissant.

Mes derniers mots vont à Joelle Dumouchel. Nous avons traversé ensemble bien des épreuves. Cette thèse en fut une parmi tant d'autres et, sans son indéfectible support et tendresse, il est bien possible que je n'en aie jamais connu la fin. Il serait vain de faire un résumé de ce que toutes ces années passées lui doivent. Tout ceci dépasse largement cette thèse. Les pages qui suivent lui sont tout simplement dédiées.

À J.

Toutes les sciences de la nature nous donnent une réponse à la question : que devons-nous faire si nous voulons être techniquement maîtres de la vie ? Quant aux questions : cela-a-t-il au fond et en fin de compte un sens ? devons-nous et voulons-nous être techniquement maîtres de la vie ? elles le laissent en suspens ou bien les présupposent en fonction de leur but.

Max Weber, *Le savant et le politique*

Introduction

The future of medicine is vast-- and is also amazingly small. […].

Newsweek[1]

Au tournant du nouveau millénaire, l'hebdomadaire américain *Newsweek* consacrait son dernier numéro du siècle à une série d'articles portant sur les grandes promesses du XXIe siècle[2]. Que pouvions-nous espérer de ce nouveau millénaire était la grande question posée par ce double numéro spécial contenant pas moins de 73 pages de projection dans l'avenir. Cet exercice de futurologie journalistique, peu étonnant en cette occasion exceptionnelle, brossait un portrait de l'avenir peuplé d'objets technoscientifiques et faisait preuve d'un optimisme sans faille envers leur capacité à devenir les vecteurs communs de notre bonheur collectif. La représentation des conditions futures du progrès et du bien-être social s'ancrait dans un imaginaire traversé de toutes parts par les technosciences. Dans un article intitulé « The War on Disease Goes Miniature », l'hebdomadaire nous apprenait que les progrès les plus radicaux des innovations technoscientifiques relèveraient sans conteste des nanotechnologies appliquées à la santé. Leurs potentialités révolutionnaires pourraient aller

[1] Claudia Kalb, "The War on Disease Goes Miniature", *Newsweek* 134–135, no. 26/1 (1999-2000), p. 89.

[2] "The 21st Century: A User's Guide", *Newsweek*, op. cit.

jusqu'à reléguer la maladie au rang de fatalité du passé que nous ne rencontrerons désormais plus qu'à travers nos livres d'histoire ou plutôt sur les écrans de nos Ipads. La médecine ne pourra plus se passer du préfixe *nano*.

Au premier abord, cet enthousiasme fin de siècle associant le devenir médical à celui des nanotechnologies peut prêter à sourire. Toutefois, lorsqu'on le compare aujourd'hui à l'intérêt que l'élite scientifique, politique et économique porte aux technologies nanomédicales, il n'apparaît finalement que peu excessif. « Nouvelle frontière de la recherche en santé »[3], « promesse de demain »[4], « médecine du futur »[5], « futur des soins de santé »[6], « révolution médicale »[7], « nouvelle ère scientifique »[8], les expressions abondent pour qualifier la portée et la nouveauté de la *nanomédecine*. Détecter et traiter les maladies avant l'apparition des premiers symptômes, livrer précisément des médicaments dans les recoins les plus éloignés du corps, diriger des nanoparticules par la lumière dans l'organisme, suivre en continue l'état de santé grâce à des nanocapteurs, régénérer des tissus malades et vieillissants et même améliorer la mémoire ou les performances physiques. Il y a quelques années encore ce catalogue de promesses serait passé pour de la science-fiction. Il est désormais au cœur de la recherche biomédicale et soulève tant l'intérêt stratégique des gouvernements que la convoitise économique de l'industrie pharmaceutique.

---

[3] Instituts de recherche en santé du Canada, *Médecine régénératrice et nanomédecine. Investir aujourd'hui dans la promesse de demain* (Ottawa: Instituts de recherche en santé du Canada, 2006).
[4] Ibid.
[5] Robert Freitas, "Welcome to the Future of Medicine," *Studies in Health Technol. Inform* 149 (2009), p. 251–256.
[6] Connie K. Che and Mark Gill, "Nanomedicine: The Future of Healthcare," *Journal Ce* (February 2000), p. 6–14.
[7] Albert Tsai, "Nanomedicine: The Medical Revolution," in *Anthology of High Technology*, by K. Allen (Los Angeles: University of Southern California, 2002).
[8] Fritz Allhoff, "The Coming Era of Nanomedicine," *The American Journal of Bioethics* 9, no. 10 (2009), p. 3–11.

Définie comme un « domaine consacré à la santé, qui utilise les connaissances acquises en médecine, en biologie et en nanotechnologie pour le plus souvent fabriquer, à l'échelle des molécules et des cellules, des outils aux dimensions nanométriques servant habituellement à diagnostiquer ou à traiter des maladies, à administrer des médicaments ou à réparer, à reconstruire ou à remplacer des tissus ou des organes »[9], la nanomédecine incarne la nouvelle solution aux problèmes de santé et véhicule l'espoir d'améliorer considérablement notre condition biologique grâce à un ensemble d'innovations capables d'en contrôler et d'en transformer le devenir en agissant directement sur les composantes et les mécanismes organiques les plus fondamentaux. Ses ambitions repoussent les frontières de la pratique médicale et bousculent notre compréhension de la médecine et de ses présupposés, nous faisant entrer de plein fouet dans l'ère de la *nanosanté*.

Objectif de la thèse

La nanomédecine n'est pas simplement un nouveau domaine biomédical qui viendrait se greffer à ceux déjà existants. Elle est porteuse d'un nouveau paradigme biomédical qui promeut une conception technoscientifique de la santé, une bio-ingénierie, qui regroupe sous le préfixe *nano* l'ensemble des grandes tendances actuelles de la recherche en santé (médecine prédictive, médecine personnalisée et médecine régénératrice). Centré sur le développement d'innovations visant au contrôle technique du développement biologique, ce nouveau paradigme se développe largement grâce au soutien des gouvernements et aux

[9] Office québécois de la langue française, *Vocabulaire panlatin de la nanotechnologie* (Québec: Gouvernement du Québec, 2009), p. 42-43.

promesses économiques qu'il soulève. Il se construit à la croisée du scientifique, du politique et de l'économique.

Interroger la nanomédecine revient alors à examiner plus largement la forme et les conditions mêmes du sens des innovations biomédicales et à soulever de la sorte les implications de la « technoscientifisation »[10] des soins de santé. C'est précisément ce que nous proposons de faire dans cette thèse à partir du modèle de la *nanosanté* qui nous servira d'outil sociologique afin d'appréhender conceptuellement la nature et la portée de la redéfinition *technoscientifique*[11] du modèle des soins de santé auquel nous confronte l'application de la nanotechnologie à la médecine.

Ainsi, *l'objectif de cette thèse est de rendre compte de la spécificité et des enjeux sociaux, culturels et politico-économiques propres au modèle biomédical porté par la nanomédecine à partir de sa conceptualisation sous la forme d'un idéaltype : la «* nanosanté *».* Nous pensons que c'est à la condition d'une telle construction idéaltypique qu'il est possible d'apprécier la signification et les effets socio-culturels généraux de la

---

[10] Adele E. Clarke et al., "Biomedicalization: Technoscientific Transformations of Health, Illness, and U.S. Biomedicine," *American Sociological Review* 68, no. 2 (avril 2003), p. 161–194.

[11] Tel que conceptualisé originellement par le philosophe Gilbert Hottois, le terme « technoscience » réfère à une manière particulière de *faire science* caractérisée par l'enchevêtrement des pôles scientifique et technique, mais dont le pôle technique prédomine [Gilbert Hottois, *Le signe et la technique* (Paris: Aubier, 1984); Gilbert Hottois, *Entre symbole et technosciences* (Seyssel: Champ Villon, 1996)]. Il renvoie, plus généralement, à un virage utilitariste de la science ayant pour effet de donner à la production d'innovation la priorité sur la recherche de connaissances plus fondamentales. Toutefois, si la priorité de l'innovation est l'une des caractéristiques fondamentale de la technoscience, cette dernière recouvre une signification plus complexe.

D'une part, nous dit Bernadette Bensaude-Vincent, « [i]l s'agit d'un changement de « régime » - au sens politique et diététique du terme -, marqué par l'entrée en scène des politiques scientifiques et des agences de moyens qui « nourrissent » la recherche. […] La technoscience telle qu'elle se déploie aujourd'hui se distingue moins par un renversement des priorités entre science et technique que par une entrée en scène des politiques, puis du marché dans le monde de la recherche » [Bernadette Bensaude-Vincent, *Les vertiges de la technoscience* (Paris: La Découverte, 2009), p. 195]. D'autre part, la technoscience renvoie aussi à la logique *interventionniste* de l'ingénierie intéressée non pas au développement de nouvelles vérités ou explications sur le vivant en vue de falsification, mais au développement de nouvelles capacités de manipulation et de contrôle. Avec le modèle technoscientifique le *faire* à préséance sur le *connaître* [Alfred Nordmann, "Philosophy of Technoscience in the Regime of Vigilance," in *International Handbook on Regulating Nanotechnologies*, by Graeme A. Hodge and al. (Cheltenham: Edward Elgar Pub, 2011), p. 25–45].

nanomédecine et d'appréhender plus largement le sens et les enjeux liés aux avancées biomédicales les plus récentes.

Dans leur ouvrage *An Anthropology of Biomedecine*, les anthropologues Margareth Lock et Vinh-Kim Nguyen notent que les technologies biomédicales ne sont jamais des entités autonomes ; elles ne sont ni moralement, ni socialement neutres ; elles s'inscrivent dans un contexte social qui les façonne et qu'elles contribuent à façonner[12]. Par conséquent, comprendre la spécificité et les implications des technologies nanomédicales demande de ne pas uniquement se focaliser sur leurs spécificités et leurs effets techniques, mais de lier celles-ci aux dimensions sociales et politico-économiques au cœur du modèle biomédical qu'elles contribuent à développer afin d'en éclairer le sens et les implications concrètes.

En ce sens, si la *nanomédecine* renvoie de manière générale aux applications techniques de la nanotechnologie dans le domaine de la recherche biomédicale, la *nanosanté* renvoie quant à elle aux diverses dimensions sociologiques constitutives de ces technologies et à leurs effets sur la santé et la société. Notre modèle de la nanosanté s'organise autour de trois dimensions : la *transversalité* (chap. IV), l'*amélioration* (chap. V) et la *globalisation* (chap. VI). De par sa nature synthétique, ce modèle tridimensionnel permet d'aborder de front plusieurs questionnements cruciaux soulevés par le développement de la nanomédecine. Il permet d'éclairer le rapport contemporain à la santé et ses implications sur l'identité ; de mettre en lumière la centralité des technosciences dans la conception du progrès médical et social ; de mieux saisir les nouvelles formes globales de pouvoir sur la vie et les nouvelles formes d'inégalité et d'exploitation caractéristiques d'une société qui accorde une valeur grandissante à l'adaptabilité technique de l'humain et à l'économisation de la santé et du

[12] Margaret Lock and Vinh-Kim Nguyen, *An Anthropology of Biomedicine* (West Sussex: Wiley-Blackwell, 2010).

corps ; mais aussi de mieux comprendre le sens et les répercussions de l'engagement scientifique, politique et économique dans les innovations moléculaires et cellulaires.

Organisation des chapitres

Le **Chapitre I – De la nanomédecine à la nanosanté** aura pour objectif central d'introduire et de justifier notre analyse en terme de « nanosanté ». Nous débuterons par un tour d'horizon de la littérature qui nous permettra d'ancrer notre réflexion dans le constat suivant : la nanomédecine se développe sous l'impulsion de politiques d'anticipation qui visent à guider le futur des soins de santé à partir d'une représentation idéale du devenir médical prenant la forme, éminemment politique, d'un modèle technoscientifique. Nous constaterons alors que ce modèle, malgré les répercussions qui sont censées en découler, n'a pas encore donné lieu à des recherches abordant sa spécificité. Aussi en proposerons nous une analyse à partir de notre modèle de la nanosanté. Celui-ci offre l'opportunité de réunir conceptuellement les différents éléments constitutifs de la particularité du modèle biomédical qu'implique la nanomédecine.

Le **Chapitre II – Analyser la nanosanté** décrira l'approche méthodologique employée pour construire notre modèle de la nanosanté. Nous inscrirons notre démarche dans la perspective idéaltypique qui semble la plus appropriée compte tenu de l'objectif de cette recherche. Après un retour nécessaire sur la spécificité de la démarche idéaltypique, nous nous attarderons sur la méthode de récolte des données, l'« engagement polymorphique », et décrirons les matériaux employés. Nous verrons que cette thèse se fonde sur l'analyse de

deux principaux types de matériaux qualitatifs : des documents textuels – de types scientifiques, politiques et prospectifs – et, particulièrement, des entrevues avec des chercheurs en nanomédecine.

Le **Chapitre III – Théoriser la nanosanté** présentera les présupposés théoriques et la structure conceptuelle de notre modèle de la nanosanté. En premier lieu, nous contextualiserons la nanomédecine au sein du large mouvement culturel qui unit aujourd'hui le développement technoscientifique à l'amélioration de la santé. Nous verrons que la nanomédecine se trouve à la pointe de cette dynamique de transformation de la forme et de la finalité de la pratique biomédicale que Clarke et al. appellent la « technoscientifisation » de la biomédecine[13], laquelle a d'importantes implications sur la forme contemporaine de la médicalisation et la nouvelle configuration de la biopolitique qui se tournent désormais vers l'échelle moléculaire. Nous expliciterons ensuite les trois dimensions de notre modèle de la nanosanté – la *transversalité*, l'*amélioration* et la *globalisation* – en les articulant aux éléments théoriques précédents.

Les chapitres suivants seront consacrés au développement des trois dimensions de notre modèle de la nanosanté. Le **Chapitre IV – Un modèle transversal** montre que la nanomédecine se caractérise par sa *transversalité*. Son modèle biomédical se développe à partir des trois grands secteurs de pointe de la recherche contemporaine que sont la médecine prédictive, la médecine personnalisée et la médecine régénératrice. Nous verrons que chacun de ces secteurs constitue à sa façon une porte d'entrées vers la compréhension de l'originalité des problématiques qui recoupent le modèle biomédical de la nanomédecine. Le **Chapitre V – Un modèle amélioratif** met en évidence que la nanomédecine est porteuse d'une

13 Adele E. Clarke et al., "Biomedicalization: Technoscientific Transformations of Health, Illness, and U.S. Biomedicine", op. cit.

importante dynamique de mutation concomitante de la finalité de la biomédecine et de la signification culturelle d'« être en santé ». La nanomédecine n'a pas seulement pour objectif de restaurer la santé, mais aussi de l'améliorer, brouillant les frontières entre guérison et amélioration. Elle contribue ainsi à l'émergence d'une « médecine transhumaniste », c'est-à-dire d'une ingénierie biomédicale centrée à la fois sur la réingénierie de la condition biologique et sur la recherche de l'autodétermination individuelle par rapport au devenir de celle-ci. Enfin, le **Chapitre VI – Un modèle global** débutera par la mise en évidence de la valeur politico-économique stratégique des innovations nanomédicales, tenant au fait qu'elles se situent au cœur du développement d'un nouveau secteur de l'activité économique globale : la bioéconomie. La nanomédecine est en fait un élément central de la reconfiguration du modèle de l'industrie de la santé et de la recherche biomédicale autour des innovations moléculaires et cellulaires. Nous verrons ensuite que ce mouvement de reconfiguration s'accompagne d'un large mouvement de délocalisation des essais cliniques vers les pays en développement qui a pour effet de renouveler la problématique du « bio-colonialisme ». Nous constaterons qu'il participe aussi à accroître ce que Didier Fassin appelle la « bioinégalité »[14].

[14] Didier Fassin, "Another Politics of Life Is Possible," *Theory, Culture & Society* 26, no. 5 (2009), p. 44–60.

Chapitre I

De la nanomédecine à la nanosanté

Histories of the future are replacing histories of the present

Adams et al.[15]

Partant de la nano*médecine* pour aller vers la nano*santé*, ce chapitre aura pour objectif d'introduire ce dernier concept en en dégageant la valeur heuristique générale. Pour ce faire, nous débuterons par une mise en perspective sociologique de la nanomédecine à partir d'un tour d'horizon de la littérature. Bien que la nanomédecine n'ait fait l'objet que d'un rare intérêt analytique de la part des sciences humaines et sociales, plusieurs travaux traitant plus généralement des nanotechnologies et des biotechnologies ont mis en évidence certains traits caractéristiques de ce domaine. Il ressort de ces travaux que la nanomédecine n'est pas simplement un nouvel idéal médical, mais aussi un idéal politique qui repose sur une relation associant étroitement *promesses, innovations*, *anticipations et planifications*.

[15] Vincanne Adams, Michelle Murphy, and Adele E. Clarke, "Anticipation: Technoscience, Life, Affect, Temporality," *Subjectivity* 28 (2009), p. 246–265.

Nous verrons ainsi que ces travaux ont particulièrement insisté sur la nature futuriste et prospective des différents secteurs de la nanotechnologie. Ils ont également montré que, malgré leur caractère prospectif, les gouvernements y investissent des sommes importantes et ont créé différentes initiatives pour en soutenir le développement. Ces derniers ont mis en place des mesures stratégiques visant à piloter la recherche en santé à partir d'une représentation idéale du devenir médical dont le modèle de soins qu'elle implique prend la forme d'un *modèle technoscientifique*, lequel est orienté vers l'innovation commerciale et le contrôle technique des éléments et des processus biologiques vitaux. Cette revue préliminaire nous amènera à constater que, malgré les importantes implications attendues de la nanomédecine, son modèle biomédical n'a pas donné lieu à des recherches analysant sa spécificité. Nous proposerons alors notre concept de *nanosanté*.

I – Entre promesses, innovations, anticipations et planifications

Selon la sociologue Marina Maestrutti, les nanotechnologies entretiennent une relation particulière avec le futur[16]. Bien que cette dimension temporelle fasse partie intégrante des discours sur les possibilités offertes par les nouvelles technologies, les nanotechnologies reposent sur un discours où actuellement presque tout relève de la promesse[17]. Comparativement aux disciplines scientifiques traditionnelles, remarque l'historien Cyrus Mody, la nanotechnologie se développe à partir d'un horizon temporel atypique ; elle est assurément « non-présentiste » (*non-presentist*) :

[16] Marina Maestrutti, *Imaginaires des nanotechnologies. Mythes et fictions de l'infiniment petit* (Paris: Vuibert, 2011), p. 8.
[17] Ibid.

> « Nanotechnology […] seems decidedly non-presentist. Most traditional disciplines restrict their focus to the materials and instruments (the 'made world') presently available to them. […] [N]anotechnology is intensely grounded in computer simulations, and much of the 'made world' of nano has a virtual, yet-to-be-realized quality. Nanotechnologists work as much in this future world as in the present. […] [N]ano results are framed in terms of how they contribute to an envisioned path of engineering evolution that necessitated small, cumulative design advances along the way »[18].

Considérée aussi bien au niveau politique, économique, scientifique que culturel comme « the technical *fix* of the future »[19], la nanotechnologie se comprend comme un champ hautement prospectif qui se développe à partir d'une profonde croyance dans l'inéluctabilité de ses promesses technologiques. Pour Folgelberg et Glimell, ce caractère non-présentiste s'ancre dans un « déterminisme technique »[20]. Cyrus Modus parle plutôt de « nano-déterminisme » pour signifier que la représentation du futur des innovations se confond avec le développement des nanotechnologies[21].

Avec les nanotechnologies remarque la sociologue Cynthia Selin, ce qui est réel et ce qui ne l'est pas se confondent littéralement, créant une ambigüité qui en est la condition de possibilité[22]. Ses promesses technologiques et la croyance en leur inéluctabilité agissent à la fois comme le moteur de son développement et le facteur de sa légitimation scientifique. Pour Colin Milburn, les découvertes préliminaires, telles que les nanotubes de carbone, et les innovations plus récentes, comme les vecteurs nanoparticulaires, fournissent la fondation

---

18 Cyrus Mody, "Small, but Determined : Technological Determinism in Nanoscience," *HYLE* 10, no. 2 (2004), p. 106-107.

19 Hans Fogelberg and Hans Glimell, *Bringing Visibilty To the Invisible : Towards A Social Understanding of Nanotechnology* (Göteborg: Göteborg Universitet, 2003), p. 78.

20 Ibid.

21 Cyrus Mody, "Small, but Determined : Technological Determinism in Nanoscience", op. cit.

22 Cynthia Selin, "Expectations and the Emergence of Nanotechnology," *Science, Technology, & Human Values* 32, no. 2 (2007), p. 196–220.

matérielle à la production de ce qu'il nomme une « nanovision »[23]. Celle-ci est peuplée d'images visionnaires comme les nanorobots médicaux qui, malgré leur caractère fictionnel assumé, agissent en tant que moyen de communication pour l'échange de promesses entre les discours scientifiques, économiques, politiques et médiatiques[24].

En tant que temporalité abstraite servant à légitimer l'existence des nanotechnologies, le « futur » de ces dernières doit être continuellement négocié par la production de promesses entre les différents acteurs impliqués dans le domaine (chercheurs, décideurs politiques, industriels, *venture capitalists*, etc.), lesquels sont liés les uns aux autres par la circulation de discours spéculatifs[25]. Il en résulte ce que Harro van Lente appelle une « dialectique de la promesse technoscientifique » qui implique dans un même mouvement la production d'attentes *et* la construction du champ[26]. Pour van Lente et van Merkek[27], cette dialectique est au cœur de l'émergence des nanotechnologies qui, nous dit Marina Maestrutti, associent étroitement « la dimension du symbolique et celle de l'opératoire »[28]. Autrement dit, ces analyses montrent que les discours supportant le développement de la nanomédecine se doublent de pratiques concrètes d'anticipations qui cherchent à concrétiser les promesses de cette dernière. Pratiques qui se matérialisent dans un fort interventionnisme politique (voir I.II).

---

23 Colin Milburn, *Nanovision: Engineering the Future* (Durham and London: Duke University Press, 2008).

24 Andreas Lösch, "Anticipating the Futures of Nanotechnology : Visionary Images as Means of Communication," *Technology Analysis & Strategic Management* 18, no. 3/4 (2006), p. 393–409.

25 Cynthia Selin, "Expectations and the Emergence of Nanotechnology", op. cit.

26 Harro van Lente, "Forceful Futures: From Promise to Requirement," in *Contested Futures. A Sociology of Prospective Techno-Science*, by Brown Nick and al. (Burlington: Ashgate, 2000), p. 43–63; Harro Van Lente, "Promising Technology : The Dynamics of Expectations in Technological Developments" (PhD, Universitet Twente, 1993).

27 Rutger O. van Merkek and Harro Van Lente, "Tracing Emerging Irreversibilities in Emerging Technologies: The Case of Nanotubes," *Technological Forecasting and Social Change* 72, no. 9 (2005), p. 1094–1111.

28 Marina Maestrutti, *Imaginaires des nanotechnologies. Mythes et fictions de l'infiniment petit*, op. cit., p. 8.

I.I – Science et science-fiction :

Pour l'anthropologue Kaushik Sunder Rajan, en tant que technoscience, les biotechnologies ont ouvert une nouvelle ère où la promesse d'innovations technologiques est désormais non seulement partie prenante du progrès biomédical, mais se confond entièrement avec lui [29]. Les biotechnologies adoptent la logique spéculative du capitalisme technoscientifique dont la biomédecine est l'une des sources majeures d'investissements spéculatifs[30].

Rendue possible par les innovations biotechnologiques, la nanomédecine a hérité de cet esprit technoscientifique spéculatif. D'après le sociologue Andreas Lösch, cette inscription rhétorique continuelle de la nanomédecine dans domaine de la promesse et de l'imaginaire rend difficile, voire presque impossible de faire la part entre ce qui relève de l'expectative et de la possibilité scientifique concrète ; les deux sont indissociablement liées [31]. Comme l'observe Céline Lafontaine à propos des nanotechnologies, « les potentialités inégalées [de ces dernières] nourrissent un imaginaire d'anticipation qui remet en cause les frontières discursives entre science et science-fiction »[32]. Ceci serait en partie la conséquence de l'échelle nanométrique elle-même qui, échappant à la perception immédiate, ne nous est accessible que par la production d'images générées techniquement, étant de la

[29] Kaushik Sunder Rajan, *Biocapital: The Constitution of Postgenomic Life*, annotated edition (Duke University Press, 2006).
[30] Ibid.
[31] Andreas Lösch, "Nanomedicine and Space : Discursive Orders of Mediating Innovations.," in *Discovering the Nanoscale*, by David Baird, Alfred Nordmann, and Joachim Schummer (Amsterdam: IOS Press, 2004), p. 193–202.
[32] Céline Lafontaine and al., *Nanotechnologies et société. Enjeux et perspectives : entretiens avec des chercheurs.* (Montréal: Boréal, 2010), p. 37. Voir aussi : Colin Milburn, "Nanotechnology in the Age of Posthuman Engineering : Science-Fiction as Science," in *Nanoculture: Implications of the New Technoloscience*, by Katherine N. Hayles (Bristol: Intellect Ltd, 2004), p. 109–129.

sorte un terrain propice tant aux discours les plus utopiques qu'aux craintes les plus noires[33].

Ce brouillage entre spéculations et possibilités scientifiques concrètes s'enracine profondément dans l'histoire des nanotechnologies et de la nanomédecine qui navigue entre science et science-fiction[34]. Le cas des nanorobots médicaux ou *nanobots* est certainement le plus emblématique[35]. A ce titre, nombre d'analystes des nanotechnologies s'accordent à dire que le caractère fictionnel de ces dernières, fondant le non-présentisme et le techno-déterminisme qui les caractérisent, s'enracine dans le livre de l'ingénieur américain K. Eric Drexler *Engins de création. L'avènement des nanotechnologies*[36]. Selon l'analyse de David Berube, chercheur au USC NanoCenter, la vision des nanotechnologies de Drexler contribua non seulement à populariser le domaine auprès des décideurs politiques, des médias et même des scientifiques, mais aussi à guider les discours, la forme et le développement des nanotechnologies[37].

Ainsi, certaines des idées les plus radicales et spéculatives de Drexler, comme l'allongement de la vie et l'amélioration technique du corps, se retrouvent dans les discours officiels sur les possibilités offertes par les nanotechnologies médicales, tel le retentissant rapport américain de la National Science Foundation (NSF) *Converging Technologies for Improving Human Performance* qui visait à promouvoir la convergence technologique à

[33] François Thoreau, "Visualiser à l'échelle du nanomètre," *La revue nouvelle* 11 (2011), p. 54–65.
[34] José López, "Bridging the Gaps: Science Fiction in Nanotechnology," *HYLE* 10, no. 2 (2004), p. 129–152. Voir aussi sur le rôle des métaphores de la science-fiction dans la légitimation des nanotechnologies : José López, "Nanotechnology: Legitimacy, Narrative and Emergent Technologies," *Sociology Compass* 2, no. 4 (2008), p. 1266–1286.
[35] Briggitte Nerlich, "From Nautilus to Nanobo(a)ts: The Visual Construction of Nanoscience," *AZojono. Journal of Nanotechnology Online* 1 (2005), en ligne.
[36] K. Eric Drexler, *Engins de création. L'avénement des nanotechnologies* (Paris: Vuibert, 2005). Version originale : K. Eric Drexler, *Engines of Creation : Challenges and Choices of the Last Technological Revolution* (New York: Anchor Books, 1986).
[37] David Berube, *Nano-Hype. The Truth Behind the Nanotechnology Buzz* (New York: Prometheus Books, 2006).

l'échelle nanométrique comme moyen d'améliorer les performances humaines aussi bien au niveau physique qu'intellectuel[38]. Réalisé en partenariat avec le Department of Commerce, ce volumineux rapport de presque 500 pages, impliquant la participation d'une cinquantaine d'experts et publié un an après le lancement officiel de la National Nanotechnology Initiative (NNI) en 2001, présentait les potentialités révolutionnaires des « technologies convergentes » [39] et, tout particulièrement, des nanotechnologies appliquées à la santé. L'idée principale soutenue par ce document était que les nanotechnologies vont permettre dans les années à avenir une considérable amélioration des performances humaines.

Ouvrant la voie à ce que les auteurs appellent une *new renaissance*, les nanotechnologies seraient à la base d'une révolution technologique qui permettrait d'améliorer non seulement les capacités humaines et les réalisations sociétales, mais également la productivité nationale et la qualité de vie[40]. Les technologies nanomédicales sont plus particulièrement considérées comme un domaine central. Elles offriraient l'opportunité d'augmenter le contrôle de la santé et des performances physiologiques humaines en permettant d'allonger considérablement la vie ou même d'accroître nos capacités cérébrales par la manipulation des processus vitaux à l'échelle moléculaire[41]. Le diagnostic non-invasif, la vectorisation nanoparticulaire, la régénération tissulaire ou les implants neuronaux sont particulièrement visés.

---

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

[39] Les « technologies convergentes » (*converging technologies*) réfèrent à la tentative d'unification de quatre régions scientifiques et technologiques majeures regroupées sous l'acronyme NBIC (nano-bio-info-cogno). Pour les auteurs du rapport, l'importance des nanotechnologies est primordiale car l'échelle nanométrique constitue l'espace de convergence matériel de ces disciplines : « Convergence of diverse technologies is based on material unity at the nanoscale and on technology integration from that scale », ibid., p. IX.

[40] Ibid.

[41] Voir la section ''C'' du rapport, « Improving Human Health and Physical Capabilities », p.179-274.

Ce rapport a donné lieu à un nombre considérable de commentaires et a contribué à canaliser une partie importante du débat sur les nanotechnologies autour du *human enhancement*[42]. Compte tenu de l'envergure du débat, l'Union Européenne[43] et le Canada[44] ont produit des rapports officiels pour prendre position sur la question et élaborer des stratégies anticipatrices d'encadrement des technologies d'amélioration de l'humain. Essentiellement anglo-saxonnes, les positions dominantes du débat ont été formulées par les arguments soutenus par le mouvement transhumaniste, le mouvement dit « bioconservateur » et les partisans d'une éthique libérale[45]. Malgré leurs profondes différences idéologiques, ces positions se caractérisent par leur tendance à évacuer toute dimension sociale et politique de la question de l'amélioration humaine sans véritablement questionner le type société dans lequel elle émerge[46].

Dans la poursuite de notre tour d'horizon, nous allons maintenant voir que plusieurs travaux ont insisté sur le rôle central des gouvernements dans la dynamique de concrétisation des promesses de la nanomédecine par la mise en oeuvre de stratégies d'anticipation. Ces travaux montrent que les décideurs politiques tentent de guider concrètement la recherche biomédicale en fonction de l'idéal des soins de santé porté par la nanomédecine. Pour Adams

---

[42] La littérature sur le sujet étant considérable, il s'agit ici d'un choix sélectif en fonction des auteurs qui se démarquent dans le débat sur le *human enhancement* : Nick Bostrom, *Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies* (Oxford: Oxford University Press, 2014); Nicholas Agar, *Truly Human Enhancement. A Philosophical Defense of Limits* (Cambridge: MIT, 2013); Fritz Allhoff and al., *What Is Nanotechnology and Why Does It Matter? From Science to Ethics* (Oxford: Wiley-Blackwell, 2010); Johann S. Ach and Beate Luttenberg, *Nanobiotechnology, Nanomedicin and Human Enhancement* (Munster: LIT Verlag, 2008); James Hughes, "Beyond Human Nature: The Debate Over Nanotechnological Enhancement," in *Nanoscale: Issues and Perspectives for the Nano Century*, by Nigel M. de S. Cameron and Ellen Mitchell (Hoboken: John Wiley & Sons, 2007), 61–70; John Harris, *Enhancing Evolution: The Ethical Case for Making Better People*, 1st ed. (Princeton: Princeton University Press, 2007).

[43] Christopher Coenen et al., "Human Enhancement Study," *European Parliament. Report No.: IP/A/STOA/FWC/2005-28/SC35, 41 & 45* PE 417.483 (May 2009).

[44] Raymond Bouchard, *Bio-Systemics Synthesis: Science and Technology Foresight Pilot Project* (Ottawa: Canadian Researd Council, 2003).

[45] A ce sujet, voir l'article du bioéthicien Laurent Frippiat qui offre une analyse d'ensemble des positions dominantes sur le *human enhancement* : Laurent Frippiat, "L'amélioration technique de l'être humain: introduction aux différents courants du débat," *Journal international de bioéthique* 22, no. 3–4 (2011), p. 33–50.

[46] Nicolas Le Dévédec et Fany Guis, "L'humain augmenté, un enjeu social," *SociologieS* en ligne (2013), [consulté le 21/03/2014].

et al., la mise en place d'un régime d'anticipation devient une nécessité lorsque les « sciences de l'actuel » (*sciences of the actual*) sont remplacées par la « prévision spéculative » (*speculative forecast*)[47].

I.II – « Une révolution annoncée »:

Dans son ouvrage *Les politiques des nanotechnologies*, le sociologue Brice Laurent remarque que « la ''révolution'' des nanotechnologies est à construire par des programmes, des plans de financement, des actions coordonnées, qui prennent appui sur des projets scientifiques en cours et des applications potentielles, et cherchent à orienter la recherche en conséquence »[48]. L'interventionnisme politique est une caractéristique intrinsèque aux nanotechnologies. David Berube dit en ce sens : « [n]anotechnology needs nurturing. More than the Manhattan Project, nanotechnology is like the space program – without the government, it couldn't have taken off »[49].

Selon Bernadette Bensaude-Vincent, nous faisons face à un champ qui exprime « la volonté du prince »[50], c'est-à-dire qu'il est soutenu par une volonté politique d'indiquer le sens du progrès scientifique à partir d'initiatives stratégiques généreusement dotées, telles l'Initiative canadienne en médecine régénératrice et nanomédecine (IMRN), la Plateforme technologique européenne en nanomédecine (PTEN), la National Institute of Health

[47] Vincanne Adams, Michelle Murphy, and Adele E. Clarke, "Anticipation: Technoscience, Life, Affect, Temporality", op. cit.
[48] Brice Laurent, *Les politiques des nanotechnologies. Pour un traitement démocratique d'une science émergente* (Paris: C.L. Mayer, 2010), p. 24.
[49] David Berube, *Nano-Hype. The Truth Behind the Nanotechnology Buzz*, op. cit., p. 132.
[50] Bernadette Bensaude-Vincent, "Nanotechnologies : une révolution annoncée," *Études* T411 (2009), p. 605.

Nanomedicine Roadmap Initiative (NIHNR) ou encore l'axe spécial « Nanobiotechnology & Biomaterials » du *Third Science and Technology Basic Plan* du gouvernement japonais. Les nanotechnologies se comprennent comme une « révolution annoncée »[51].

À cet égard, l'historien Patrick McCray souligne que toute politique scientifique comporte une importante dimension subjective qui s'enracine dans une certaine imagination et vision du futur de la science, mais qu'avec les nanotechnologies cette dimension imaginative est particulièrement présente dans l'orientation des politiques qui en soutiennent le développement[52]. Pour l'historienne Ann Johnson, si le pilotage politique n'est pas unique aux nanotechnologies, ce qui distingue l'engament politique dans ces dernières est un mode d'action orienté vers la prospective (*foresighting*) et les feuilles de route (*roadmapping*)[53]. Le pilotage politique de la nanomédecine se caractérise par des pratiques d'anticipation qui visent à un étroit contrôle du futur[54].

Pour Barbara Adam, cet étroit contrôle du futur est caractéristique de notre rapport contemporain à la temporalité[55]. Selon la sociologue, le futur est le mode temporel propre à notre réalité sociale qui fait du contrôle de l'avenir tant économique, politique, environnemental que médical et biologique un impératif central[56]. Nous vivons dans un « présent-futur », c'est-à-dire une temporalité où le futur est une constituante inhérente à

---

51 Ibid.

52 W. Patrick McCray, "Will Small Be Beautiful? Making Policies for Our Nanotech Future," *History and Technology* 21, no. 2 (2005), p. 177–203.

53 Ann Johnson, "Top-Down Science: The Roles of Roadmaps in the Development of Nanotechnology" (Joint Wharton-Chemical Heritage Foundation Symposium on Social Studies of Nanotechnology, 2007).

54 Stephen McGrail, "'Cracks in the System': Problematisation of the Future and the Growth of Anticipatory and Interventionist Practices," *Journal of Futures Studies* 16, no. 3 (2012), p. 21–46.

55 Barbara Adam, *Time* (Cambridge: Polity Press, 2004).

56 Ibid.

l'action présente[57]. Cette *futurisation* du présent fait de l'anticipation une « valeur épistémique » centrale de notre époque[58]. Ainsi, remarquent Vincanne Adams et al., « [o]ne of the defining qualities of our current moment is its peculiar management of time, or what might be called a *politics of temporality*. […] The present is governed, at almost every scale, as if the future is what matters most »[59].

Cette « politique de la temporalité » est centrale dans les initiatives scientifiques en matière de nanotechnologies qui s'incarnent dans ce que Cynthia Selin appelle des « politiques du futur »[60], c'est-à-dire des pratiques concrètes d'anticipation et de planification politique cherchant à concrétiser leurs promesses d'innovation. Par conséquent, la volonté de réaliser les promesses des nanotechnologies apparait plus qu'une simple injonction, mais un processus politique dynamique impulsé par des politiques scientifiques qui prévoient et organisent concrètement le futur de la recherche par le moyen de feuilles de route et de documents prospectifs[61]. L'exemple du rapport d'experts de la PTEN *Roadmaps in Nanomedicine. Towards 2020* soutient ce constat. Il s'ouvre sur les mots suivants :

> « Over the intervening years it has become increasingly clear to the industrial sector that an academic driven or *laissez-faire* approach to Nanomedicine will be an inefficient process. It is recognised that it is now time to make more detailed specific recommendations, using experts from academia and especially industry to draft industry driven roadmaps and recommendations for R&D in nanomedicine. Consequently, together with the European Commission, the ETPN initiated a roadmapping process in early 2009 with two objectives: firstly, to identify translatable trends in research and understand their expected impact on

[57] Barbara Adam, "Domain of Faith: The Future as Fate, Fortune, Fiction and Fact" (International Conference), *Governing Futures. Imagining, Negociating & Taming Emerging Technosciences*, Universität Wien, Wien, September 22, 2011).

[58] Vincanne Adams, Michelle Murphy, and Adele E. Clarke, "Anticipation: Technoscience, Life, Affect, Temporality", op. cit.

[59] Ibid., p. 246 et 248. Italiques ajoutés.

[60] Cynthia Selin, "Expectations and the Emergence of Nanotechnology", op. cit.

[61] Brice Laurent, *Les politiques des nanotechnologies. Pour un traitement démocratique d'une science émergente*., op. cit.

> applications, products, and markets and secondly, to fine-tune and target research funding on areas with greater commercial potential and most importantly, that will help patients. This focus is especially important in view of reduced public funding and the resulting need for public/private funding of research »[62].

Pour les experts à la tête de la PTEN, majoritairement issus du secteur de l'industrie de la santé, il ne fait aucun doute que le développement de la nanomédecine nécessite un fort pilotage politique se fondant sur un programme clairement établi d'avance. La réalisation du potentiel commercial et des promesses médicales de la nanomédecine ne peut se faire qu'au prix d'un ciblage stratégique des fonds en fonction des secteurs les plus prometteurs. Pour cela, il ne faut pas en laisser la seule responsabilité au milieu académique : il faut rompre avec le *laissez-faire*. Les chercheurs ne sont en fait pas considérés comme l'impulsion originelle à la base de la création de nouvelles avenues technologiques. Ce rôle d'éclaireur est dévolu aux planificateurs politiques de l'initiative qui définissent les voies de recherche à suivre en fonction de leur potentiel de commercialisation. Sont par la suite mis en place des appels à financement de niveau européen ciblant des recherches spécifiques en concordance avec les objectifs préalablement définis par les experts de l'initiative. Brice Laurent souligne ainsi que « la réalisation du potentiel des nanotechnologies […] passe par des attributions de financement de recherche par la voie d'appels à projets. La politique scientifique organise ainsi les applications existantes et futures et prévoit le développement à venir »[63].

Pour ce faire, la PTEN, avec le concours de l'Union Européenne, a initié un *roadmapping process* allant jusqu'en 2020, c'est-à-dire la mise en place de « feuilles de route » (*roadmaps*) planifiant le développement de la recherche nanomédicale. Méthode de gestion

---

[62] European Commission and ETP Nanomedicine, "ROADMAPS IN NANOMEDICINE TOWARDS 2020" (ETP Nanomedicine Secretariat, 2009), p. 4.

[63] Brice Laurent, *Les politiques des nanotechnologies. Pour un traitement démocratique d'une science émergente*., op. cit., p. 36.

directement importée de l'industrie, ces feuilles de route, nous dit Ann Johnson, sont à la fois des outils de communication et des mécanismes sociaux[64]. Elles communiquent des représentations idéales de ce que devrait être le développement de la recherche et dirigent de la sorte la pratique scientifique, tout en permettant d'attirer des ressources du public comme du privé. Elles sont un inventaire des possibles ayant une action directe sur la forme du développement de la recherche et, par conséquent, de la pratique biomédicale. Un tel rapport rend compte du lien étroit entre « anticipation » et « planification », dont les analyses vues précédemment montrent qu'il est au cœur de la gestion politique de la nanomédecine.

II – Au-delà de la nanomédecine : la nanosanté

Ce tour d'horizon a permis de mettre en évidence que l'une des particularités sociologiques fondamentales de la nanomédecine est de s'ancrer dans une dialectique de la promesse technoscientifique associant la dimension symbolique de son imaginaire technologique à des pratiques politiques d'anticipation. Cependant, la nanomédecine est aussi politique dans un deuxième sens ; elle repose sur la promotion politique d'une conception technoscientifique des soins de santé : celle d'une ingénierie biomédicale centrée sur le développement de potentielles innovations commercialisables capables d'agir techniquement sur les éléments et les processus biologiques fondamentaux. Et cela, non seulement dans l'optique de prévenir et de guérir les maladies, mais aussi de contrôler l'état de santé, voire de l'améliorer et de le perfectionner significativement. Autrement dit, la nanomédecine nous

64 Ann Johnson, "Top-Down Science: The Roles of Roadmaps in the Development of Nanotechnology.", op. cit.

confronte à l'émergence d'un modèle biomédical[65] fondé sur la production d'innovations technoscientifiques génératrices de fortes promesses. Or, ce modèle en émergence, à la croisée du politique, de l'économique et du scientifique, reste encore largement inexploré. En effet, malgré leur engagement au sein du débat sur le développement de la nanomédecine, les sciences humaines et sociales n'ont jusqu'ici guère exploré ce dernier. L'importance de ce point demande que nous nous y arrêtions un instant pour l'étayer davantage, ce qui nous permettra de positionner clairement notre démarche.

II.I – D'une analyse des impacts futurs à une analyse de la spécificité et des implications présentes :

Afin d'éviter l'échec politique de l'intégration sociale des biotechnologies, les gouvernements ont décidé d'adopter une approche « responsable » des nanotechnologies visant à ce que, contrairement au désastre précédent, les nanotechnologies soient acceptées favorablement par l'opinion publique[66]. Les chercheurs en sciences humaines et sociales ont alors été invités à littéralement se projeter dans l'avenir afin d'étudier en amont les impacts éthiques, juridiques et sociaux des nanotechnologies et, en particulier, de la nanomédecine

[65] L'usage que nous ferons du terme *biomédical* dans cette thèse renvoie à la définition suivante de la *biomédecine* proposée par les anthropologues Margaret Lock et Vinh-Kim Nguyen : « We use the term biomedicine to refer to what is sometimes called ''modern'', ''Western'', ''cosmopolitan'' medicine. By biomedicine we mean that body of knowledge and associated clinical and experimental practices grounded in the medical sciences that were gradually consolidated in Europe and North America from the 19th century on. Contemporary biomedicine, also referred to as technomedicine at times, is an assemblage of activities at many sites ranging among doctors' offices, clinics, hospitals, laboratories, research consortia, technological units, public health sites, and so on » [Margaret Lock and Vinh-Kim Nguyen, *An Anthropology of Biomedicine*, op. cit., p. 365].Précisions que nous utiliserons indifféremment les termes « médecine » et « biomédecine » ainsi que « médical » et « biomédical » afin de caractériser de manière générale la médecine scientifique, moderne et occidentale.

[66] Brice Laurent, *Les politiques des nanotechnologies. Pour un traitement démocratique d'une science émergente*., op. cit.

(les ELSI : *Ethical, Legal, & Social Implications*)[67].

S'incarnant dans des programmes spéciaux[68], destinés à attirer les chercheurs à réfléchir sur les conséquences futures des technologies nanométriques, cette volonté d'anticipation, à finalité proprement politique et utilitaire, encourage une compréhension mécaniste et linéaire du développement technologique qui appréhende les conséquences et les impacts sociétaux de ces technologies comme leur étant inhérents, c'est-à-dire hors de tous facteurs d'influences sociologiques et à rebours de la grande majorité des travaux en études sociales des sciences et technologies. Ainsi, nous dit le sociologue Robin Williams :

> « […] ELSI accounts can encourage a narrowed scope of enquiry and a simplified linear model of innovation pathways and outcomes. The idea that the societal and ethical implications of new S&T [Science & Technology] can be 'read off' by the application of tools for ethical enquiry may, in particular, reproduce an 'essentialist' understanding of the technology–society relationship—suggesting a simple relationship between the values surrounding technological development, the content of artefacts developed and the social outcomes when they are used »[69].

Cette dynamique d'analyse techno-centrée, tournée vers les futurs problèmes et impacts des technologies émergentes, amène à considérer le futur comme un objet du présent qu'il est possible de saisir et dont nous pouvons prévoir les répercussions. Ceci a pour effet

---

[67] Pour une analyse de la construction du champ des études ELSI, consulter : José López and Janet Lunau, "ELSIfication in Canada: Legal Modes of Reasoning," *Science as Culture* 21, no. 1 (2012), p. 77–99.

[68] L'un des exemples les plus notables est celui des activités ELSA (*Ethical, Legal and Social Aspects*) de la Commission Européenne qui font partie de l'approche « intégrative » et « responsable » de la gouvernance des nanotechnologies, telle qu'elle a été définie par la Commission dans la Stratégie européenne en nanotechnologie (en 2004) puis développé dans le cadre du Plan d'action en nanotechnologie (en 2005), mais également dans celui plus spécifique de la Plateforme technologique européenne en nanomédecine (en 2008). Pour plus d'informations, consulter le rapport : Angela Hullmann, *European Activities in the Field of Ethical, Legal and Social Aspects (ELSA) and Governance of Nanotechnology* (Brussels: European Commission (Unit Nano and Converging Sciences and Technologies''), 2008).

[69] Robin Williams, "Compressed Foresight and Narrative Bias: Pitfalls in Assessing High Technology Futures," *Science as Culture* 15, no. 4 (2006), p. 328.

de brouiller la frontière entre un futur « imaginé et spéculatif », déterminé et immanent aux technologies nanométriques elles-mêmes, et un futur « réel », ouvert et fondamentalement indéterminé. Williams a conceptualisé cette dynamique analytique avec la notion de *compressed foresight* à laquelle il donne le sens suivant :

> « The desire to resolve from the outset debates about the future prospects and implications of new technology motivates our attempts to anticipate the future and map the technical and social outcomes in a higher level of detail than previously. In attempting such a mapping, *the future may be presented as if it were here today (or at least visible and already known) in a way that can make these futures appear as largely determinate and imminent; in this process, the gap between imagined and actual futures is foreshortened; our attempts at foresight, at anticipation of the future, are thus compacted and compressed* »[70]

L'influence des études ELSI a eu pour conséquence majeure de « déréaliser » la réflexion sur les nanotechnologies[71]. Comme le remarque Alfred Nordmann, en portant l'attention essentiellement sur des hypothèses spéculatives et technodéterministes, les programmes ELSI ont eu pour effet pervers de donner réalité à des spéculations tout en déréalisant les problématiques et les enjeux proprement contemporains[72]. Du fait de cette déréalisation, la nanomédecine a été majoritairement abordée sous l'angle de l'implication d'innovations idéales et spéculatives, laissant de côté la signification même du modèle biomédical qu'elle implique ainsi que les dynamiques politiques, économiques, sociales et culturelles sous-jacentes à son développement ici-et-maintenant[73].

---

[70] Ibid., p. 329. Italiques ajoutés.

[71] Bernadette Bensaude-Vincent, "Une Technologie sans Frontières," *La Revue Nouvelle* 11 (2011), p. 32.

[72] Alfred Nordmann, "If and Then: A Critique of Speculative NanoEthics," *NanoEthics* 1, no. 1 (March 1, 2007), p. 31–46.

[73] Arianna Ferrari, Christopher Coenen, and Armin Grunwald, "Visions and Ethics in Current Discourse on Human Enhancement," *Nanoethics* 6, no. 3 (2012), p. 215–229.

Plusieurs travaux sont représentatifs de cette déréalisation[74]. Parmi ceux-ci, un article paru dans le journal *Studies in Ethics, Law, and Technology* désire contribuer au débat sur les impacts des bionanotechnologies par une mise en scène anticipatrice de leur futur développement[75]. Les auteurs élaborent un scénario futuriste de la forme que pourraient avoir, dans les années 2030, les expérimentations en bionanotechnologie sur l'être humain. Pour eux, une telle projection dans l'avenir permettrait d'améliorer notre « imagination techno-moral » (*techno-moral imagination*) en anticipant la manière dont devraient évoluer la technologie, la moralité et leur interaction (*by anticipating how technology, morality and their interaction might evolve*)[76].

Pourtant, la nanomédecine, soutenue par une panoplie d'initiatives stratégiques, a des implications bien concrètes ici-et-maintenant. Elle nous confronte à l'émergence d'une nouvelle conception technoscientifique de la santé, éminemment politique, associant étroitement la recherche du contrôle technique du développement biologique à la recherche de la productivité économique par la création d'innovations nanomédicales. C'est cet important manque analytique que nous tenterons de combler à partir de notre modèle de la *nanosanté* qui nous permettra de saisir et de réunir conceptuellement les différents éléments constitutifs de la particularité du modèle biomédical qu'impliquent les innovations nanomédicales.

---

[74] Entre autres : Diana M. Bowman and al., "Anticipating the Societal Challenges of Nanotechnologies," *Nanoethics* 7, no. 1 (2013), p. 1–5; Erik Fisher, "Responsible Healthcare Innovation: Anticipatory Governance of Nanodiagnostics for Theranostics Medicine.," *Expert Review of Molecular Diagnostics* 12, no. 8 (2012), p. 857–870 ; Philip A. E. Brey, "Anticipatory Ethics for Emerging Technologies," *Nanoethics* 6 (2012), p. 1–13; Debra Bennett-Woods, "Anticipating the Impact of Nanosience and Nanotechnology in Healthcare," in *Nanoscale: Issues and Perspectives for the Nano Century*, by Nigel M. de S. Cameron and Ellen Mitchell (Hoboken: John Wiley & Sons, 2007), p. 295–314.

[75] Marianne Boenink and al., "Anticipating the Interaction between Technology and Morality: A Scenario Study of Experimenting with Humans in Bionanotechnology," *Studies in Ethics, Law, and Technology* 4, no. 2 (2010): en ligne.

[76] Ibid., p. 1.

II.II – La nanosanté, pourquoi et pour quoi faire ?

Nous proposons le concept *nanosanté* afin d'appréhender les particularités et l'épaisseur socio-culturelles propres à la nanomédecine, c'est-à-dire pour saisir les caractéristiques et les enjeux sociaux et culturels globaux qui sont liés et découlent des applications nanomédicales. Si la nanomédecine renvoie de manière générale aux diverses applications techniques de la nanotechnologie au domaine biomédical, le concept de nanosanté renvoie quant à lui à l'ensemble des effets sociologiques de ces applications ici-et-maintenant.

L'intérêt d'un tel décentrement, de la nano*médecine* vers la nano*santé*, est de nous aider à appréhender conceptuellement la nature et la portée des implications de la redéfinition technoscientifique du modèle global des soins de santé qu'implique l'application de la nanotechnologie à la médecine. Parler de nanosanté permet de donner une hauteur sociologique au phénomène de la nanomédecine pour en dégager non pas d'éventuels impacts futurs, mais les effets transformatifs ici-et-maintenant sur la santé et, plus largement, la société. Autrement dit, la nanosanté se veut un outil permettant, d'une part, de rendre compte comment la nanomédecine participe d'un changement d'optique de la conception de la santé et des moyens pour l'atteindre par la promotion d'un nouveau paradigme biomédical technoscientifique et, d'autre part, d'appréhender les caractéristiques et les effets sociologiques globaux du développement d'un tel modèle.

N'ayant pas la prétention d'être un outil sociologique qui permettrait de cerner et d'épuiser à lui seul la réalité complexe de la nanomédecine, le concept de nanosanté doit se

comprendre comme un *idéaltype*, au sens wébérien, qui nous servira de « modèle synthétique »[77] afin de donner un sens général aux différents facteurs scientifiques, politiques ou économiques qui gravitent autour de celle-ci et forment la spécificité sociologique de cette réponse technoscientifique à l'impératif culturel de l'amélioration de la santé[78]. Il vise à présenter un « tableau de pensée homogène » du modèle général des soins de santé porté par la nanomédecine qui nous permettra de rassembler et d'articuler les différentes caractéristiques et tendances propres à cette dernière sous un même modèle idéal, dont l'ambition ne sera pas tant d'offrir un « exposé du réel » qu'une « utopie » empiriquement fondée, pour reprendre les mots de Max Weber[79].

Comme l'observait Guy Rocher, l'idéaltype est « idéel plutôt qu'idéal », c'est-à-dire « abstrait, pensé, construit »[80]. Sans visée proprement normative, il est une création conceptuelle qui permet d'ordonner, de synthétiser des éléments épars de la réalité et d'offrir une représentation idéale ou, si l'on préfère, idéelle d'un phénomène complexe permettant d'en formaliser les grandes tendances et d'en apprécier certains des effets généraux. En tant que modèle synthétique, la nanosanté nous permettra d'appréhender et d'apprécier la spécificité et les effets sociaux et culturels globaux découlant du modèle technoscientifique des soins de santé qu'implique la nanomédecine. Ceci étant dit, nous allons maintenant entrer plus en détails dans la démarche méthodologique de cette thèse.

---

77 Jean Coenen-Huther, "Le Type Idéal Comme Instrument de La Recherche Sociologique", op. cit.,

78 Deborah Lupton, *The Imperative of Health: Public Health and the Regulated Body* (London: Sage Publications, 1995).

79 Les expressions entre guillemets proviennent de la description de l'idéaltype faite par Max Weber dans : Max Weber, "L'objectivité de la connaissance dans les sciences et la politique sociales," in *Essai sur la théorie de La science* (Paris: Plon, 1960).

80 Guy Rocher, "Type idéal," in *Dictionnaire encyclopédique de théorie et de sociologie du droit* (Paris: Librairie générale de droit et de jurisprudence, 1993), p. 629.

Chapitre II

Analyser la nanosanté

> *La science sociale que nous nous proposons de pratiquer est une* science de la réalité.
>
> Max Weber[81]

Ce chapitre sera consacré aux modalités méthodologiques qui sous-tendent la construction de notre modèle de la nanosanté et de ses trois dimensions idéaltypiques : la transversalité, l'amélioration et la globalisation. En premier lieu, nous reviendrons en détails sur la spécificité de la méthode idéaltypique en lien avec la réflexion épistémologique qui fonde la particularité de cette démarche. Cela nous permettra de mettre en évidence l'ensemble des implications méthodologiques et épistémologiques de cette thèse. Dans un second temps, nous présenterons les différents niveaux et les différentes étapes à la base de notre analyse. Nous nous attarderons tout d'abord sur la méthode de récolte des données employée, l'« engagement polymorphique », et décrirons les matériaux constitutifs de la « base de connaissance »[82] sur laquelle s'appuie notre analyse, c'est-à-dire l'ensemble du contenu cognitif sur lequel s'appuie notre analyse. Enfin, nous décrirons concrètement les étapes de notre démarche.

---

81 Max Weber, "L'objectivité de la connaissance dans les sciences et la politique sociales,", op. cit, p. 152.

82 Paul Sabourin, "L'analyse de contenu," in *Recherche sociale. De la problématique à la collecte des données* (Québec: PUQ, 2009), p. 413–444.

I – Sur la méthode idéaltypique et quelques éléments d'épistémologie wébérienne

Compte tenu de la nouveauté de la nanomédecine comme territoire d'investigation sociologique, il nous a semblé nécessaire de réaliser pour cette thèse un travail de mise en perspective générale des caractéristiques et des enjeux sociaux et culturels qui sont liés et découlent du modèle biomédical qu'elle contribue à développer. Pour ce faire, la méthode idéaltypique s'est révélée être le procédé méthodologique le plus à même à atteindre cet objectif. En tant que procédé heuristique, la méthode idéaltypique permet d'élaborer des « constructions intellectuelles »[83] à partir desquelles il est possible de donner un sens général, toujours transitoire, jamais achevé, à des réalités sociales complexes qui impliquent une multiplicité de dimensions et d'événements au premier abord sans liens entre eux. Cette méthode permet de penser la nanomédecine au travers de l'élaboration d'un tableau qui en présente les traits constitutifs généraux et offre un moyen d'en réduire conceptuellement la complexité pour en penser globalement la spécificité, renvoyant à ce qui, pour Max Weber, constitue le propre de la démarche et de la connaissance sociologique.

Ainsi, avant d'entrer concrètement dans la « cuisine » méthodologique de cette thèse et de présenter en détail la stratégie empirique employée, il semble important d'expliciter les *a priori* épistémologiques sous-jacents à la démarche de connaissance propre à notre travail en revenant, brièvement, sur la réflexion qui a amené Weber à développer la démarche idéaltypique. Celle-ci se veut en effet une réponse à une question épistémologique à partir de laquelle Weber pose le problème de la spécificité et des limites de la connaissance sociologique : quelle est la nature de la réalité sociale ? Et jusqu'à quel point et sous quelles conditions la pensée humaine est-elle capable d'en rendre compte ? C'est dans son essai sur

[83] Jean Coenen-Huther, "Le Type idéal comme instrument de la recherche sociologique", op. cit.

L'objectivité de la connaissance dans les sciences et la politique sociales que Weber nous fait part de ces considérations :

> « La science sociale que nous nous proposons de pratiquer est une *science de la réalité*. Nous cherchons à comprendre l'originalité de la réalité, de la vie qui nous environne et au sein de laquelle nous sommes placés, afin de dégager d'une part la structure actuelle des rapports et de la signification culturelle de ses diverses manifestations et d'autre part les raisons qui ont fait qu'historiquement elle s'est développée sous cette forme et non sous une autre »[84].

Toutefois, ajoute-t-il plus bas :

> « Toute connaissance réflexive de la réalité infinie par un esprit humain fini a […] pour base la présupposition implicite suivante : seul un *fragment* limité de la réalité peut constituer chaque fois l'objet de l'appréhension scientifique et seul il est ''essentiel'', au sens où il mérite d'être connu »[85].

Pour Weber, la connaissance scientifique universelle de la réalité sociale, c'est-à-dire une connaissance qui serait capable de saisir dans sa totalité les causes et les significations de l'activité humaine, est une prétention clairement vouée à l'échec. Par nature « infinie », la réalité sociale, éminemment complexe, n'est accessible à l'« esprit humain fini » que par « fragments limités ». Ce que Weber appelle une « *science de la réalité* » ne peut par conséquent avoir pour ambition réaliste que d'appréhender partiellement la réalité des objets scientifiques sur lesquels elle se penche et dont le « rapport aux valeurs »[86] des chercheurs

---

84 Max Weber, "L'objectivité de la connaissance dans les sciences et la politique sociales,", op. cit, p. 152-153.
85 Ibid.
86 Ibid.

pose également la question de la possibilité de l'appréhension et de l'interprétation « neutre » de celle-ci.

En ce sens, la connaissance sociologique ne peut se présenter comme une connaissance exacte de la réalité sociale, mais fragmentaire, et non dénuée de l'influence des valeurs qui constituent, à un moment historique donné, l'univers symbolique de référence du chercheur qui l'étudie. Cette mise en garde épistémologique ne doit toutefois pas être prise pour un aveu d'échec, mais bien au contraire comme un *a priori* intellectuel indispensable à toute tentative d'élaboration conceptuelle. Rejetant la possibilité d'un objectivisme absolu de la part des sciences humaines, Weber croit en revanche en la possibilité d'une objectivité partielle dont les conditions de possibilité reposent sur une analyse rationnelle consciente de ses propres limites et possibilités et qui intègre comme présupposition cognitive positive le « rapport aux valeurs » du sujet connaissant car « il [ce rapport] conditionne l'activité scientifique comme modalité analytique de mise en forme de la réalité culturelle »[87], c'est-à-dire qu'il permet au chercheur, du fait de sa proximité culturelle par rapport au phénomène étudié, de soulever la question de sa signification et d'ouvrir la voie au problème de son appréhension et de son explication (comment l'appréhender et l'expliquer).

En somme, nous dit Frédéric Gonthier, « Weber ne cède pas à une analyse relativiste de l'objectivité scientifique. Il dégage au contraire les différentes présuppositions cognitives qui rendent possible l'activité scientifique » en confrontant les sciences sociales à « leurs propres conséquences empiriques »[88]. Weber nous propose ainsi un terrain d'entente intermédiaire se situant entre, d'un côté, une approche trop radicalement positiviste et, de

[87] Frédéric Gonthier, "Relativisme et vérité scientifique chez Max Weber," *L'année sociologique* 56 (2006), p. 18.
[88] Ibid., p. 15.

l'autre, trop radicalement relativiste, développant sur cette base ce que le politicologue Sven Eliaeson nomme une « procédure interprétative rationnelle » (*rational interpretative procedure*)[89] : la méthode idéaltypique.

La méthode idéaltypique propose une démarche d'action rationnelle, c'est-à-dire empiriquement fondée, qui permet de « comprendre l'originalité de la réalité » en en dégageant, nous dit Weber, non seulement « la structure actuelle des rapports et de la signification culturelle de ses diverses manifestations », mais aussi « les raisons qui ont fait qu'historiquement elle s'est développée sous cette forme et non sous une autre »[90]. Fondée sur une démarche inductive, la méthode idéaltypique consiste à passer de l'observation empirique d'un phénomène complexe à l'exercice intellectuel consistant à en abstraire des éléments conceptuels dans le but de le décrire et de le comprendre. Autrement dit, d'ordonner et de donner un sens au chao confusionnel de la réalité sociale d'un phénomène tel que celui-ci nous apparaît *a priori* sous les traits de faits épars et sans relations entre eux. Elle est une méthode d'organisation et d'analyse des données ouvrant la voie à une compréhension systématique d'un phénomène. De la sorte, nous dit le sociologue Bernard Dantier :

> « Les types idéaux sont non pas pensés sur un *a priori* de déduction exclusivement logique et définitionnelle, mais construits à partir de la réalité dont par synthèse et abstraction ils ont choisi, extrait et accentué certaines caractéristiques jugées représentatives d'un fait ou d'un ensemble de faits ayant cours dans l'histoire. Ces choix, extractions et accentuations sont l'œuvre du savant. Ils sont structurés en s'éloignant de la réalité par leur pureté logique, pour mieux la retraiter et la penser […]. Ils ne sont donc pas issus d'une sorte de synthèse de l'existant, comme autant de copies de lui, mais permettent une analyse de cet existant »[91].

---

[89] Sven Eliaeson, "Max Weber's Methodology: An Ideal-Type," *Journal For the History of the Behavioral Sciences* 36, no. 3 (2000), p. 241–263.

[90] Max Weber, "L'objectivité de la connaissance dans les sciences et la politique sociales,", op. cit, p. 152-153.

[91] Bernard Dantier, "Les « idéaltypes » de Max Weber, leurs constructions et usages dans la recherche sociologique", *Les classiques des sociales* [en ligne] (2004) : http://classiques.uqac.ca/collection_methodologie/weber_max/idealtypes/idealtypes_texte.html [consulté le 30/01/2014].

L'idéaltype n'a pas pour vocation de coller à la réalité propre à l'objet étudié en en présentant une synthèse, mais de présenter un modèle idéalisé de cette réalité. Il est une rationalisation utopique qui forme volontairement un décalage idéel. Comme le mentionne Weber dans le tome 1 d'*Économie et société*, « [p]lus la construction des idéaltypes est rigoureuse, c'est-à-dire *plus elle est étrangère à la réalité* en ce sens, mieux elle remplit son rôle du point de vue de la terminologie et de la classification aussi bien que de celui de la recherche »[92]. Pour Weber, le propre de la sociologie étant de comprendre par interprétation en créant de nouveaux concepts, celle-ci s'éloigne nécessairement, et pour le mieux, de la réalité. Grâce à leur « pureté logique », c'est-à-dire leur univocité, les idéaux-types permettent de penser et de comprendre l'objet d'étude, en ayant toujours conscience que cette interprétation est forcément fragile, puisque hautement abstraite, et donc amenée à être dépassée.

II – Démarche méthodologique

Ceci dit, la question de notre démarche méthodologique reste entière. Si Weber nous a offert plusieurs écrits décrivant en détail ce qu'il considérait être un idéaltype et exposé sa réflexion épistémologique sous-jacente, il est difficile de trouver des détails sur sa stratégie pouvant servir de guide concret à l'analyse. C'est pour cette raison que le sociologue Uta Gerhardt a proposé une méthode spécifique de l'analyse par types-idéaux, respectant les besoins de l'analyse interprétative des données qualitatives : 1) comparaison descriptive ; 2) conceptualisation de l'idéaltype ; 3) explication[93]. À cela il faut ajouter que nous avons

[92] Max Weber, *Économie et société. Tome 1* (Paris: Plon, 1995), p. 50. Italiques ajoutés.

[93] Uta Gerhardt, "The Use of Weberian Ideal-Type Methodology in Qualitative Data Interpretation: An Outline for Ideal-Type Analysis," *Bulletin de méthodologie sociologique* 45 (1994), p. 74–126.

préalablement adopté une méthode de collecte des données, l'« engagement polymorphique », répondant à la particularité de notre objet d'étude. Méthode que nous allons présenter dès maintenant.

II.I – Constitution de la base de connaissance : l'« engagement polymorphique » comme méthode de récolte des données :

Au vu de la particularité d'un objet d'étude comme la nanomédecine recoupant différentes dimensions à la frontière du politique, de l'économique et du scientifique, lesquelles sont constitutives de la spécificité de son modèle biomédical, la question se pose de savoir quelle stratégie de récolte des données adopter. Pour répondre à ce problème, il nous a fallu adopter une stratégie hybride permettant de diversifier les méthodes d'exploration empirique. À cette fin, l'anthropologue Hugh Gusterson, pionnier de l'anthropologie des sciences avec ses travaux sur la culture du nucléaire, nous a offert une telle solution avec ce qu'il appelle l'« engagement polymorphique » (*polymorphous engagement*)[94].

L'engagement polymorphique renvoie à une forme d'engagement empirique *multiforme*, c'est-à-dire par laquelle le chercheur multiplie les sites d'investigations et les méthodes de collecte. Plus précisément, nous dit Gusterson, « polymorphous engagement means interacting with informants across a number of dispersed sites; not just in local

[94] Hugh Gusterson, "Studying up Revisited," *PoLAR* 20, no. 1 (1997), p. 114–119.

communities, and sometimes in virtual form; and it means collecting data eclectically from a disparate array of sources in many different ways »[95].

À l'origine, cette stratégie polymorphe est une réponse à un problème méthodologique auquel Gusterson fut confronté lorsqu'il voulut réaliser une étude sur la culture du nucléaire aux États-Unis dans un lieu d'investigation inusité pour un anthropologue : un laboratoire de missiles nucléaires[96]. Rapidement confronté à la difficulté d'accéder à un haut lieu du pouvoir et à y fréquenter librement ses élites, il dut remettre en question le modèle classique de l'étude ethnographique caractéristique de la méthode d'investigation anthropologique, fondée sur l'observation participante à l'image des études sur les communautés indigènes. À partir de cette contrainte inhérente à la nature de son objet et de son terrain d'investigation, Gusterson amorça une discussion plus large sur la nécessité de revoir la méthode de travail anthropologique par rapport au défi que constitue l'étude des nouveaux lieux d'expression du pouvoir et, tout particulièrement, du pouvoir technoscientifique typique de la période *post* Guerre Froide. Il en conclut que l'étude anthropologique des technosciences, lesquelles sont prises dans les grandes dynamiques contemporaines qui passent continuellement du local au global et recoupent des problématiques tant scientifiques, politiques qu'économiques ou sociales, nécessite de sortir de la stricte observation participante et de développer des stratégies de recherche qui dépassent les frontières disciplinaires traditionnelles.

Bien qu'originellement Gusterson limite la portée de ses propos à son champ disciplinaire, celle-ci ne manque pas d'avoir une résonnance particulière pour le chercheur

95 Ibid., p. 117.

96 Hugh Gusterson, *Nuclear Rites: A Weapons Laboratory at the End of the Cold War* (L.A.: University of California Press, 1998).

souhaitant étudier les technosciences et qui en constate l'incroyable multidimensionnalité. Ces dernières nécessitent en effet une forme d'engagement empirique varié permettant, dans le cadre d'une procédure de type qualitative, de naviguer entre leurs différentes dimensions et, de la sorte, d'en cerner les diverses facettes et implications. Ce n'est qu'à la condition de cette hybridité de l'engagement du chercheur dans sa collecte des données qu'il est possible d'appréhender un objet comme la nanomédecine.

II.I.I – Les champs d'investigation :

L'engagement polymorphique implique un mélange éclectique de techniques de recherche aussi diversifiées que l'observation participante, les entrevues formelles, la lecture de documents officiels ou d'articles de journaux, etc. Il est en ce sens une stratégie de collecte adaptée à l'extrême multidimensionnalité de la nanomédecine et, par là même, d'autant plus adaptée à notre objectif de construction idéaltypique qui demanda une investigation d'ensemble de ces multiples dimensions afin de les saisir idéalement sous notre modèle de la nanosanté. De nature qualitative, notre démarche consista à investiguer différents types de matériaux textuels et à réaliser des entretiens semi-directifs avec des chercheurs engagés dans les différents secteurs de la recherche nanomédicale. Il faut ajouter à cela que nous avions préalablement réalisé une courte période d'observation participante dans un laboratoire en nanomédecine. Bien que nous n'ayons pas utilisé pour l'analyse les observations réalisées dans ce pré-terrain, nous pensons nécessaires de le mentionner ici car cette période a été une étape pédagogique nécessaire dans notre parcours de recherche qui nous a permis de mieux nous familiariser avec la réalité scientifique et technique complexe de notre objet d'étude.

a) Les matériaux textuels

Trois principaux types de matériaux textuels ont été investigués : des documents de type *scientifique*, de type *officiel* et de type *non officiel*. Nous avons ainsi analysé des livres et des articles « scientifiques » portant sur la nanomédecine. Il existe en effet un certain nombre de livres d'introduction aux principes de la nanomédecine et plusieurs *peer reviews* spécialisées. Entre autres, *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*, *Nanomedicine*, *Regenerative Medicine*, *International Journal of Nanomedicine*, *The Open Nanomedicine Journal*, *Nanomedicine and Nanobiotechnology*, *European Journal of Nanomedicine* ou encore *Journal of Nanomedicine and Nanotechnology*. En outre, la nanomédecine a donné lieu à un nombre important de productions scientifiques dans des périodiques qui ne la prennent pas directement pour sujet. Ces périodiques proviennent de domaines aussi variés que la médecine, la pharmacie, la physique, la chimie, la robotique, etc. Cette littérature a été une source majeure d'informations pour notre travail. Dans tous les cas, l'ensemble de ces documents scientifiques a été une base essentielle pour l'analyse des dimensions proprement biomédicales de la nanomédecine.

Compte tenu du caractère éminemment politique et économique de la nanomédecine, il a également été nécessaire de prendre en compte des écrits officiels. Par « officiel », nous faisons référence aussi bien aux documents produits dans le cadre des initiatives nationales (ex. IMRN) et suprationales (ex. la PTEN) qu'aux documents produits par des organisations internationales (ex. OCDE, OMS). Abordant non seulement les dimensions politiques et économiques attachées à la nanomédecine, mais aussi ses dimensions proprement scientifiques et même éthiques, ces documents fournissent une vision globale « officielle » de

la nanomédecine et, en cela, ont constitué des ressources majeures à croiser pour la conceptualisation de notre modèle de la nanosanté.

Enfin, il était aussi nécessaire d'inclure dans notre corpus des documents de type « non-officiels », c'est-à-dire des écrits relevant de l'anticipation scientifique et technologique qui ne sont pas considérés comme académiques. Il s'agit principalement des écrits de l'ingénieur Robert Freitas, ainsi que ceux proches du mouvement transhumaniste. Bien que nous l'ayons en définitive peu utilisée, il était important d'inclure cette littérature alternative pour deux raisons principales. D'une part, plusieurs des idées présentes dans celle-ci expriment certes de manière radicale, mais particulièrement significative des tendances caractéristiques du modèle biomédical porté par la nanomédecine. D'autre part, ceux qui produisent ce type de littérature sont souvent aussi membres de groupe de travail produisant des documents « officiels » ou sont financés par des fonds publics, ce qui donne à leurs documents une certaine reconnaissance officielle.

b) Les entretiens semi-directifs

Afin de compléter et d'enrichir les données de l'analyse textuelle, il était indispensable de réaliser des entrevues individuelles avec les acteurs les plus directement impliqués dans le développement de la nanomédecine : les chercheurs eux-mêmes. Nous avons réalisés 26 entrevues semi-directives avec des chercheurs canadiens (n=19) et français (n=7) représentatifs des différents champs de la nanomédecine (nano-diagnostic et nano-thérapeutique) et qui ont également été sélectionnés en fonction de leur représentativité dans chacun de leur champ d'expertise. Tous sont des directeurs de laboratoires universitaires et

sont reconnus internationalement pour leurs travaux. Pour des raisons de confidentialité, les affiliations institutionnelles ne sont pas mentionnées et les noms ont été changés dans les citations. Seuls le domaine d'expertise et, lorsque nous l'avons jugé nécessaire, la nationalité du chercheur apparaîtront. La liste complète des chercheurs interrogés est toutefois consultable en début de thèse à la section des remerciements.

Nous avons également interrogé, lors d'une entrevue commune, le directeur du département de toxicologie et le directeur du service de l'unité de vieille toxicologique et évaluation non-clinique de l'Agence française de sécurité sanitaire des produits en santé (AFSSAPS)[97] qui sont impliqués dans l'évaluation des nanomédicaments lors de la phase de pré-commercialisation. Cette entrevue a permis de compléter les propos des chercheurs interrogés grâce à leur point de vue privilégié à la fois sur le domaine de la recherche nanomédicale et sur celui de l'industrie pharmaceutique.

Les entrevues ont été menées de façon à aborder et à insister sur quatre grandes thématiques conductrices en relation avec nos présupposés théoriques : présentation du chercheur et de sa trajectoire académique, définition de la nanomédecine et de sa spécificité biomédicale, aspects académiques et économiques et, enfin, enjeux sociaux et éthiques. Chaque thématique regroupait un ensemble de sous-questions que l'on peut consulter dans la présentation du questionnaire en annexe (voir **Annexe 1**).

[97] Au cours de cette recherche, le nom de l'AFSSAPS a été changé par décret du gouvernement suite, en grande partie, à sa décrédibilisation dans les controverses entourant l'affaire du Mediator – un médicament qui a été retiré du marché en 2009 de part sa haute toxicité. Le nom de l'agence a été remplacé par l'ANSM (Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé).

c) Observation participante

Au début de notre thèse nous avons également réalisé un séjour d'observation participante dans un laboratoire en nanomédecine : le laboratoire en *Physique du vivant* à l'Université Paris-Diderot (France) travaillant, notamment, sur les nanoparticules pour l'imagerie médicale. Espacé sur trois après-midi, ce séjour nous a permis de nous familiariser avec les différents acteurs (chercheurs, post-doctorants, doctorants), les équipements (microscope à épifluorescence ou microscope confocal) et les procédures techniques typiques de ce domaine. Par exemple, nous avons réalisé, sous supervision, une suspension de nanoparticules magnétiques pour le marquage cellulaire.

Bien que notre démarche méthodologique ne s'inscrive pas dans la perspective d'une ethnographie de laboratoire, telle que développée par Bruno Latour[98], cette démarche d'exploration « pédagogique » a été une étape particulièrement importante dans notre compréhension empirique de la nanomédecine, mais aussi dans la formulation même de nos entrevues grâce aux échanges que nous avons eus avec les différentes personnes du laboratoire. Par ailleurs, ce séjour « pédagogique » a débouché sur une entrevue formelle avec l'une des deux directrices du laboratoire.

Même si la sociologie des sciences est aujourd'hui beaucoup moins marginale et a développé différents outils méthodologiques et théoriques pour appréhender la « science en action »[99], pour reprendre la formule programmatique de Latour, l'exploration des sciences

[98] Bruno Latour & Steven Woolgar. *La vie de laboratoire. La production des faits scientifiques.* (Paris: La Découverte, 2005 (1979)).
[99] Bruno Latour. *La science en action. Introducion à la sociologie des sciences.* (Paris: Éditions La Découverte, 2005 (1987)).

reste un défi de taille pour le sociologue qui, la majorité du temps, est un novice en la matière et se trouve confronté à un monde « culturellement » très différent du sien. Bien que cela soit évidemment vrai pour tout domaine d'exploration sociologique, les sciences restent un espace du monde social intimidant et mystérieux, difficilement accessible (du fait du langage et des connaissances) qui soulève bien des inquiétudes pour le sociologue l'abordant pour la première fois. C'est pour cette raison qu'au lieu de passer sous silence cette phase de découverte, nous avons souhaité la mentionner explicitement car, bien que courte et ne se trouvant pas directement impliqué dans l'analyse qui va suivre, elle a incontestablement été une étape importante de notre cheminement en nous permettant de nous familiariser *in vivo* avec un univers qui nous été alors peu connu.

II.II – Description des étapes de la construction de l'idéaltype :

II.II.I – Première étape : comparaison descriptive :

La première étape de notre analyse consista en la segmentation puis en la mise en évidence des similarités et des récurrences (*patterns*) contenues dans les différents types de documents et les entrevues afin de comparaison. Il s'agissait ici de faire ressortir de l'ensemble de nos matériaux les éléments discursifs portant sur la spécificité et les potentialités de la nanomédecine, de les organiser de manière systématique sur la base de catégories thématiques et de réaliser une comparaison descriptive des similarités de leurs contenus.

Pour ce faire, avec l'aide du logiciel NVivo, nous avons en premier en lieu extrait des différents matériaux les passages significatifs pour notre recherche et les avons organisés en fonction de catégories guides de manière à permettre la comparaison des éléments sélectionnés. Au cours de ce processus et durant un traitement secondaire, les catégories ont été affinées pour permettre une comparaison plus juste des données. La segmentation des entrevues s'est d'abord faite sur la base des catégories du questionnaire initial (présentation du chercheur et trajectoire académique, définition de la nanomédecine et de sa spécificité, aspects académiques et économiques et enjeux sociaux et éthiques) qui ont par la suite été resegmentées plus précisément. La segmentation des documents s'est faite en fonction de la nature de ces derniers. De manière générale, les documents ont été segmentés en fonction de la thématique abordée.

Dans le cas des documents de type « scientifique », ces derniers abordaient principalement des aspects biomédicaux spécifiques de la nanomédecine, comme la régénération tissulaire ou la personnalisation du soin. Nous avons ainsi regroupé les informations pertinentes pour notre analyse en fonction de ces thématiques. Il existe toutefois quelques ouvrages d'introduction à la nanomédecine que nous avons utilisés afin d'en extraire les grands principes généraux.

Abordant aussi bien des thématiques biomédicales que politiques et économiques, les documents de type « officiel » ont été segmentés en fonction de ces trois catégories guides. Ceci nous a permis d'en dissocier les thématiques afin de pouvoir mettre en relation les éléments que nous en avons extraits avec ceux des thématiques similaires provenant des autres types de matériaux. Ce fut le cas pour les documents des initiatives gouvernementales qui visent à présenter la nanomédecine non seulement au niveau de ses particularités et de ses

avantages biomédicaux, mais aussi de ses impacts économiques et politiques. D'autres types de documents officiels comme les rapports de l'OCDE et de l'OMS avaient quant à eux des problématiques plus restreintes se concentrant uniquement sur des enjeux économiques, pour les premiers, ou de santé, pour les seconds. Dans ces cas bien précis, la segmentation s'est faite sur la base de ces thématiques qui ont été resegmentées plus précisément de la même manière que les entrevues. Quant aux documents de type « non-officiels », nous avons appliqué le même procédé de segmentation.

Dans un second temps, à partir de cette base de connaissance initiale, nous avons commencé à mettre en évidence de manière systématique les *patterns* propres à chaque catégorie et sous-catégorie d'analyse. Ceci nous a permis de commencer à dégager un portrait général des spécificités de la nanomédecine. Pour ce faire, nous n'avons pas utilisé une procédure de traitement automatique, mais comparé manuellement le contenu discursif de chaque catégorie et sous-catégorie. Nous avons ainsi mis en évidence certains traits typiques ayant valeur d'hypothèses provisoires nous orientant pour la construction de notre idéaltype de la nanosanté.

II.II.II – Deuxième étape : conceptualisation de l'idéaltype :

La conceptualisation d'un idéaltype débute au « point de saturation » de l'étape de comparaison descriptive, c'est-à-dire au moment où la mise en évidence de certaines similarités et récurrences donne lieu à « une intuition de la structure du matériau » et suscite

« des hypothèses »[100]. La comparaison descriptive n'est donc, nous disent Gerhardt et Kirchgassler, que « la première étape à laquelle doit succéder une deuxième étape prolongeant à un niveau d'abstraction plus élevé ce qui a été amorcé au niveau de l'analyse de cas »[101]. Ainsi, une fois mis en évidence plusieurs éléments typiques (nos hypothèses provisoires), il s'agissait de pousser notre démarche à un autre niveau d'abstraction sociologique, celui de la conceptualisation idéaltypique en tant que telle.

À la fin de l'étape précédente, il a été mis en évidence une multitude de sous-catégories rendant compte des *patterns* propres au modèle biomédical de la nanomédecine. Afin d'analyse, il était alors nécessaire de formaliser définitivement ces dernières à partir d'une classification plus restreinte permettant, tout en les incorporant, de définir la structure d'ensemble de notre idéaltype, c'est-à-dire de tirer de nos hypothèses provisoires une classification significative finale. Comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, l'hypothèse finale de notre recherche considère que la structure idéaltypique de notre modèle de la nanosanté s'organise autour de trois grandes catégories : la *transversalité*, l'*amélioration* et la *globalisation*. Ces trois catégories générales permettent de définir la spécificité du modèle biomédical porté par la nanomédecine en en intégrant les différentes dimensions scientifiques, politiques ou encore économiques que l'analyse comparative a permis de faire ressortir.

[100] Uta Gerhardt and Klaus Kirchgassler, "Analyse idéaltypique de carrière de patients," *Sciences sociales et santé* 5, no. 5–1 (1987), p. 61.
[101] Ibid., p. 67.

II.II.III – Troisième niveau : l'interprétation :

Pour Weber, l'analyse idéaltypique n'a pas seulement pour but de décrire les phénomènes sociologiques, mais aussi d'en comprendre la dynamique propre en rapport avec les conditions socio-culturelles dans lesquelles ils ont été produits et qui les orientent dans telle direction et non dans une autre. C'est pour lui l'objectif et le sens même de l'analyse sociologique. Expliquer (*erklären*) un phénomène ne va pas sans le comprendre (*verstehen*). En ce sens, l'analyse doit dépasser le stade de la construction idéaltypique. Une fois réalisé la conceptualisation, il faut encore pousser l'analyse à un autre niveau d'abstraction sociologique permettant d'expliquer pourquoi l'idéaltype prend cette forme. Autrement dit, après avoir identifié concrètement la structure idéaltypique de notre modèle, il nous a fallu ensuite en donner une interprétation. Cette interprétation est précisément ce que nous présentons dans les chapitres IV, V et VI, dans lesquels nous nous attardons sur chacune des trois dimensions de notre modèle de la nanosanté. Non seulement ces trois chapitres présentent en détail leurs spécificités propres, mais ils mettent en relation ces dernières avec certaines dynamiques épistémologiques, culturelles et politico-économiques afin d'en élargir le sens sociologique. Mais avant de passer à cette interprétation, il nous faut désormais nous attarder sur les présupposés théoriques de cette thèse.

Chapitre III

Théoriser la nanosanté

The biological existence of human beings has become political in novel ways

Nikolas Rose[102]

Ce chapitre sera consacré à la présentation des présupposés théoriques et de la structure conceptuelle de notre modèle de la nanosanté. Pour ce faire, il sera tout d'abord nécessaire de contextualiser la nanomédecine au sein du large mouvement culturel qui unit aujourd'hui le développement technoscientifique à l'amélioration de la santé. Nous verrons qu'il faut comprendre théoriquement la nanomédecine comme s'inscrivant dans ce que Clarke et al. appellent la « technoscientifisation » de la biomédecine afin de désigner une dynamique générale de transformation du champ biomédical en tant que champ de pratiques technoscientifiques[103], ayant d'importantes implications sur la forme contemporaine de la médicalisation et la nouvelle configuration de la biopolitique. Ceci nous permettra non seulement de situer la nanomédecine au sein de cette importante dynamique culturelle de transformation de la forme et de la finalité de la pratique biomédicale contemporaine, mais

[102] Nikolas Rose, *The Politics of Life Itself: Biomedicine, Power, and Subjectivity in the Twenty-First Century*, 1st ed. (Princeton: Princeton University Press, 2006).

[103] Adele E. Clarke et al., "Biomedicalization: Technoscientific Transformations of Health, Illness, and U.S. Biomedicine", op. cit. ; Adele Clarke, Laura Mamo, and Jennifer Ruth Fosket, eds., *Biomedicalization: Technoscience, Health, and Illness in the U.S.*, 1st ed. (Duke University Press, 2010).

aussi, et surtout, de comprendre le modèle biomédical dont elle est porteuse comme en étant aujourd'hui l'expression la plus aboutie. Une fois ces éléments théoriques établis, nous nous attacherons à définir concrètement les trois dimensions idéaltypiques qui structurent et donnent sa spécificité à notre modèle de la nanosanté : la *transversalité*, l'*amélioration* et la *globalisation*. Il s'agira d'en faire une présentation générale permettant d'expliciter comment ces trois dimensions s'emboitent avec les éléments théoriques présentés en début de chapitre. Les chapitres suivants seront consacrés à leur analyse détaillée.

I – Santé et technoscience

Le passage à l'an deux mille fut l'occasion d'une intense activité spéculative se cristallisant autour des espoirs véhiculés par les technosciences. Cet optimisme technoscientifique toucha l'ensemble des secteurs de la société, mais le domaine de la santé fut certainement l'un des lieux où s'exprimèrent avec le plus de force les espoirs que nos sociétés contemporaines projettent dans celles-ci. Dans son *World Health Report 1998 – Life in the 21st Century : A Vision for All*, présentant une « optimistic vision of the future »[104] jusqu'en 2025, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) accordait une place prépondérante aux nouvelles technologies afin de répondre dans le siècle à venir à notre « désir » d'une meilleure santé : « The desire for a healthier and better world in which to live our lives and raise our children is common to all people and all generation. Now, *as we near the end of one century and enter the next, our past achievements and technological advances*

[104] World Health Organization, *The World Health Report 1998 - Life in the 21st Century : A Vision for All* (Geneva: WHO, 1998), p. V.

make us more optimistic about our future than perhaps at any stage in recent history »[105]. Associant la réalisation de ce « désir » de santé, considéré comme universel et transhistorique, au développement technologique, l'optimisme technophile de l'OMS fait de l'association santé-innovation le pivot central sur lequel reposerait le bien-être futur de l'humanité, restant muette sur le caractère profondément culturel de ce désir et oubliant de souligner que « la santé représente un désir pour les uns et un luxe pour les autres », selon la formule de Michel Foucault[106].

Définie par la *Déclaration du Millénaire*[107] comme l'un des enjeux centraux du XXIème siècle, l'amélioration de la santé est un véritable impératif moral[108] et culturel[109] qui se trouve en tête des préoccupations politiques[110] et dont la réalisation se pense en relation directe avec le développement technoscientifique. Cette quête pour la « santé parfaite »[111] trouve en effet dans l'intervention technoscientifique l'une de ses caractéristiques fondamentales. Comme le remarque Isabelle Quéval, cet idéal prend la forme d'« une utopie technologique, sans doute le fantasme le plus achevé du technoscientisme »[112]. La représentation du progrès médical est désormais indissociablement liée au progrès de la

[105] Ibid. Italiques ajoutés. Un autre document réalisé par Nuffield Trust pour le compte du bureau régional européen de l'OMS accordait également un rôle majeur aux nouvelles technologies dans un scénario d'anticipation au sein duquel ces dernières étaient au centre de la forme future des soins en Europe et la condition *sine qua non* à l'amélioration de la santé : Nuffield Trust (on behalf of the WHO Regional Office for Europe), *The Future of Health - Health of the Future* (London: Nuffield Trust, 2003).

[106] Michel Foucault, « Crise de la médecine ou crise de l'antimédecine ? », in *Dits et écrits II. 1976-1988*, Gallimard (Paris, 2001), p. 54.

[107] Signée en 2000 par l'ensemble des membres de l'Organisation des Nations Unies (ONU), la *Déclaration du Millénaire* visait à renouveler les objectifs communs des états membres afin d'éliminer la pauvreté : Organisation des Nations Unies, *Déclaration du millénaire*, A/55/L.2 (New York, 8 septembre 2000).

[108] Robert Crawford, « Risk Ritual and the Management of Control and Anxiety in Medical Culture », *Health:* 8, n° 4 (10 janvier 2004), p. 505□528.

[109] Deborah Lupton, *The Imperative of Health: Public Health and the Regulated Body* (London: Sage Publications, 1995).

[110] Ralph Goodale, ministre canadien des finances entre 2003 et 2006, écrivait par exemple que : « No other priority [health] speaks so directly to the decisions we have made as a country about how we will live as a society » : Ralph Goodale, *Budget 2004. The Importance of Health* (Ottawa: Department of Finance), p.1.

[111] L'expression a été largement popularisée dans le milieu francophone après la publication de l'ouvrage de Lucien Sfez : Lucien Sfez, *La santé parfaite. Critique d'une nouvelle utopie* (Paris: Seuil, 1995).

[112] Isabelle Queval, *Le corps aujourd'hui* (Paris: Gallimard, 2008), p. 117.

technoscience. La relation fonctionnelle que la médecine entretenait avec la technique s'est transformée en une relation où le développement technologique est devenue une finalité intrinsèque à l'accroissement des progrès médicaux. Bien que les technologies fassent partie intégrante du paysage médical moderne[113], ayant joué un rôle central dans la scientifisation de la pratique médicale en contribuant à l'objectivation des modes de connaissance des maladies et des procédures de soins[114], elles sont aujourd'hui beaucoup plus que de simples instruments de médiation servant à la rationalisation du regard et de la pratique biomédicale. Elles sont considérées comme le moteur premier et essentiel de son développement.

Ce rôle moteur de la technologie exprime une importante transformation de l'orientation générale des sciences qui, selon l'historien Paul Forman, rend compte du passage de la modernité à la postmodernité scientifique[115] et amène le philosophe John Pickstone à parler de « technomédecine » (*technomedicine*) pour caractériser ce qu'il nomme le « type socio-cognitif idéal » (*ideal socio-cognitive type*) de la biomédecine contemporaine, c'est-à-dire la dominance d'un modèle médical technoscientifique accès sur l'opérationnalité technique et la logique d'innovation[116].

[113] Stanley Joel Reiser, *Medicine and the Reign of Technology*, 1st ed. (Cambridge: Cambridge University Press, 1978); Stanley Joel Reiser, *Technological Medicine: The Changing World of Doctors and Patients*, 1st ed. (Cambridge: Cambridge University Press, 2009).

[114] Bjørn Hofmann, « The Technological Invention of Disease », *Medical Humanities* 27, n° 1 (6 janvier 2001), p. 10□19.

[115] Paul Forman, « The Primacy of Science in Modernity, of Technology in Postmodernity, and of Ideology in the History of Technology », *History and Technology* 23, n° 1□2 (2007), p. 2.

[116] John V. Pickstone, *Ways of Knowing* (Manchester: Manchester University Press, 2000). Les idées présentes dans le livre furent d'abord développées dans l'article suivant qui en donne un aperçu condensé : John V. Pickstone, « Ways of knowing: towards a historical sociology of science, technology and medicine », *The British Journal for the History of Science* 26, n° 04 (1993), p. 433□458.

I.I - Technoscientifisation, biomédicalisation : théoriser la relation entre la technoscience et les soins de santé :

Au niveau sociologique, Clarke et al. ont théorisé cette importante dynamique de transformation avec leur concept de « technoscientifisation » par lequel ils identifient l'ensemble des mutations touchant aussi bien la constitution, l'organisation que la pratique de la biomédecine sous l'influence des innovations technoscientifiques, telles les biotechnologies, la génomique, la *post*génomique, la thérapie génique, le clonage, etc.[117] Pour les sociologues, la dynamique de technoscientifisation se trouve à la base d'un profond changement de la forme de la « médicalisation »[118] qui en étendant considérablement la portée. Désirant distinguer la spécificité de cette nouvelle dynamique de contrôle social de la santé, ils ont proposé le néologisme de « *bio*médicalisation » afin de décrire « […] the increasingly complex, multisited, multidirectional processes of medicalization that today are being both extended and reconstituted through the emergent social forms and practices of a highly and increasingly technoscientific biomedicine »[119]. Si, nous Clarke et al.,

[117] Adele Clarke, Laura Mamo, and Jennifer Ruth Fosket, eds., *Biomedicalization*, op. cit.

[118] Forgée au début des années soixante-dix par Irving Zola et largement développée ensuite par les études de Peter Conrad, la théorie de la médicalisation va apporter une importante contribution à l'analyse de la forte expansion du pouvoir médical après la Seconde Guerre mondiale en comprenant cette dernière comme *le résultat d'un processus sociologique par le biais duquel un nombre croissant de phénomènes ou de comportements non médicaux, posant souvent des problèmes sociaux particuliers en rapport avec le corps et certaines problématiques morales autrefois sous la coupe de la loi (alcoolisme, homosexualité, drogues,...), entraient dans la juridiction de la médecine et devenaient de la sorte des objets de contrôle médical*. Voir : Irving Kenneth Zola, « Medicine as an Institution of Social Control », *The Sociological Review* 20, n° 4 (1972): p. 487–504 ; Peter Conrad, « The Discovery of Hyperkinesis: Notes on the Medicalization of Deviant Behavior », *Social Problems* 23, n° 1 (1 octobre 1975), p. 12-21 ; Peter Conrad, *The Medicalization of Society: On the Transformation of Human Conditions into Treatable Disorders* (Baltimore: The John Hopkins University Press, 2007).

À partir de cette base théorique, la médecine va commencer à être comprise aussi bien comme une entreprise scientifique qu'une entreprise sociale et culturelle et la maladie comme n'étant pas nécessairement le résultat d'un comportement précis ou d'une condition particulière, mais *construite* par des normes élaborées par le biais d'interactions humaines. Par la suite, le concept de médicalisation va progressivement élargir son spectre de signification en incluant toutes nouvelles formes de phénomènes définis en termes médicaux et entrant par le fait même sous la coupe de la juridiction médicale – ceci comprenant autant les phénomènes anciens comme la naissance, la mort, la ménopause ou la contraception dans les années 70 que des phénomènes plus récents comme le syndrome de stress post-traumatique, le syndrome prémenstruel, l'hyperactivité, etc.

[119] Adele Clarke, Laura Mamo, and Jennifer Ruth Fosket, eds., *Biomedicalization*, p. 47.

« *[m]edicalization* practices typically emphasize exercising *control over* medical phenomena – diseases, illnesses, injuries, bodily malfunctions […] », « *biomedicalization* practices emphasize *transformations* of such medical phenomena and bodies, largely through sooner-rather-than-later technoscientific interventions not only for treatment but also increasingly for enhancement »[120].

Rendue possible par les nouvelles possibilités de manipulation technoscientifique du vivant à l'échelle de ses unités fondamentales, la biomédicalisation désigne une profonde dynamique de modification des finalités et des modalités de l'intervention biomédicale qui cible désormais beaucoup moins la guérison de maladies ou le traitement de disfonctionnements que le maintien et l'amélioration de la santé en tant que telle *et* vise plus particulièrement les processus à la base du développement biologique humain afin d'en maîtriser et modifier techniquement le cours en s'appuyant de plus en plus sur des pratiques de contrôle fondées sur des analyses prédictives. À ce titre, ce nouveau focus dénote un large mouvement de fond épistémologique dans l'ordre du savoir médical : le passage du *regard clinique*, initié à la fin du XVIIIème siècle et qui, tourné vers les manifestations organiques et tissulaires, fonda la naissance de la médecine moderne[121], au *regard moléculaire* qui introduisit une nouvelle manière de penser et d'agir sur le corps en présupposant sa malléabilité[122]. Puisant ses racines dans la nouvelle donne théorique issue de la biologie moléculaire, ce nouveau « style de pensée »[123] repose sur le déplacement simultané du regard scientifique vers l'échelle des mécanismes vitaux et de la finalité de la pratique médicale vers la transformation technique de l'humain par la maîtrise de ces mécanismes. Comme le

[120] Ibid., p. 2. Italiques ajoutés.
[121] Michel Foucault, *Naissance de la clinique*, 8e édition (Paris: Presses Universitaires de France, 2009).
[122] Nikolas Rose, *The Politics of Life Itself*, op. cit.
[123] Nous nous rapportons ici à la notion de « style de pensée » (*Denkstill*) développée en 1934 par Ludwik Fleck dans son ouvrage : Ludwik Fleck, *Genèse et développement d'un fait scientifique* (Paris: Flammarion, 2008).

remarque l'historienne Lily E. Kay, le style de pensée moléculaire se fonde sur une conception technologique de la vie (*life as technology*)[124] ayant pour finalité pratique l'ingénierie du corps[125]. Conception qui trouve sa source dans une représentation informationnelle du vivant considérant ce dernier sur le modèle d'un système bio-technologique dont l'accès à l'information génétique permet d'en transformer le développement[126].

I.II – De la biomédicalisation à la biopolitique :

La théorie de la biomédicalisation prend ainsi acte de l'inséparabilité théorique et pratique de la reconfiguration moléculaire du savoir et des nouvelles possibilités de contrôle technique du vivant afin de penser les implications de la nouvelle forme du pouvoir biomédical associée à la technoscientifisation des soins de santé. Sous l'effet des nouvelles connaissances et pratiques de manipulation de la vie à l'échelle moléculaire, la dynamique de biomédicalisation génère en effet une nouvelle forme de pouvoir sur la vie dont l'action n'est plus limitée à l'intérieur des pôles de la maladie et de la santé, ni réduite à l'élimination du pathologique, mais s'effectue au-delà de ce cadre en dissolution au niveau du développement de la vie *en elle-même*.

Cette reconfiguration va non seulement transformer la dynamique de médicalisation,

[124] Lily E. Kay, « Life as Technology : Representing, Intervening and Molecularizing », in *The Philosophy and History of Molecular Biology : New Perspectives*, éd. par S. Sarkar (Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1996), p. 87-99.
[125] Lily E. Kay, *The Molecular Vision of Life: Caltech, the Rockefeller Foundation, and the Rise of the New Biology* (Oxford: Oxford University Press, 1999).
[126] Céline Lafontaine, *L'Empire Cybernétique* (Paris: Seuil, 2004), p. 206.

mais, plus largement et de manière concomitante, donner sa spécificité contemporaine à ce que Foucault appelait la « biopolitique » pour désigner la forme du contrôle politique typique de la modernité occidentale s'exerçant sur la destinée biologique de l'être humain. En effet, pour Foucault, l'Occident entre dans la modernité par une profonde inversion de ses mécanismes de pouvoir basés jusqu'alors sur le droit de mort du pouvoir souverain, renversant les principes et les valeurs du politique dont l'enjeu et l'objet central du pouvoir se concentreront désormais non plus sur des sujets, mais sur une population. C'est ainsi que Foucault écrivit l'un des passages les plus célèbres de son œuvre : « [l]'homme, pendant des millénaires, est resté ce qu'il était pour Aristote : un animal vivant et de plus capable d'une existence politique; l'homme moderne est un animal dans la politique duquel sa vie d'être vivant est en question »[127]. Par cette formule, Foucault résumait avec force une rupture anthropologique essentielle constituant l'un des évènements majeurs sur lesquels se sont construites les sociétés modernes : l'être humain, en tant qu'espèce, est entré comme enjeu dans ses propres stratégies politiques. « Pour la première fois sans doute dans l'histoire, le biologique se réfléchit dans le politique ; le fait de vivre […] passe pour une part dans le champ de contrôle du savoir et d'intervention du pouvoir. […] S'ouvre ainsi l'ère d'un *bio-pouvoir* »[128].

C'est précisément la forme de ce *bio-pouvoir* qui prend aujourd'hui une nouvelle direction sous l'influence de la technoscientifisation de la pratique biomédicale. Pour Nikolas Rose : « [t]he biological existence of human beings has become political in novel ways. […] I argue that as the truth regimes of the life sciences have mutated, contemporary biopolitics has become *molecular politics*. […] Biopolitics now addresses human existence at the molecular

[127] Michel Foucault, *Histoire de La Sexualité I. La Volonté de Savoir* (Paris: Gallimard, 1976), p. 184.
[128] Ibid., p. 187 et 188.

level »[129]. Développant la théorie foucaldienne au regard de ces transformations, Rose considère que la biopolitique contemporaine s'enracine dans les nouvelles potentialités d'optimisation technoscientifique de la vie consécutives à sa molécularisation qui a ouvert la voie à la gestion, à la manipulation, à l'altération et à la transformation des processus vitaux individuels. Le sociologue parle de « biopolitique moléculaire » afin d'exprimer le passage à une nouvelle forme de politisation de l'existence biologique humaine ayant pour finalité autant d'en contrôler le développement que d'en altérer et transformer techniquement la forme afin d'en améliorer la condition. Autrement dit, la biopolitique contemporaine se caractérise par l'augmentation des capacités de contrôle, de gestion, d'*engineering* et de refaçonnement des capacités vitales individuelles. Si, comme le soutenait Foucault, l'un des événements majeurs à la source de la modernité politique fut l'entrée de l'existence biologique humaine dans ses propres stratégies de pouvoir, nous faisons aujourd'hui face à une nouvelle forme de politisation de la vie qui fait de sa transformation, au niveau de ses unités fondamentales (gènes, molécules, cellules), un nouvel enjeu biopolitique.

Dans un contexte culturel où l'amélioration de la vie biologique individuelle a été élevée au rang de valeur culturelle suprême[130], la biopolitique contemporaine ajoute à l'organisation et à la gestion politique des conduites de vie et des corps *en masse* (la population)[131] la mise en place de nouveaux dispositifs de pouvoir qui offrent les conditions nécessaires au développement de la manipulation et de la transformation technoscientifique *individualisée* de la vie *en elle-même*. Nouveaux dispositifs qui prennent notamment la forme d'initiatives politiques visant à promouvoir le modèle d'une médecine technoscientifique. La

[129] Nikolas Rose, "The Politics of Life Itself," *Theory, Culture & Society* 18, no. 6 (December 1, 2001), p. 1 et 17.
[130] Knorr Cetina, K. (2004). Au-delà des Lumières : l'essor d'une culture de la vie. In *Biologie moderne et visions de l'humanité*. Bruxelles: De Boek, p. 31-45.
[131] Stratégies qui définissent originellement la forme de l'action biopolitique : Michel Foucault, *Naissance de la biopolitique: cours au Collège de France (1978-1979)* (Paris: Gallimard, 2004).

reconnaissance culturelle et politique de ce nouveau modèle biomédical, en tant que forme socialement légitime de prise en charge de la santé individuelle, est particulièrement claire dans la manière dont les institutions de santé publique envisagent le futur médical au travers de l'idéal d'une « bio-ingénierie ».

I.III – La bio-ingénierie comme modèle :

Le 21 septembre 2005, lors du discours d'ouverture de l'Académie canadienne des sciences de la santé – créée un an plutôt par le gouvernement du premier ministre Paul Martin –, le Dr. Albert Bernstein, alors président des Instituts de recherche en santé du Canada (IRSC), donna un discours, *Promesses offertes par les sciences de la santé au 21e siècle*, dans lequel il présentait pour « cette réunion inaugurale historique » l'ampleur des répercussions, non moins historiques, des innovations technoscientifiques sur le futur des soins de santé :

> « *Une révolution est en cours dans les sciences de la santé et nous oblige à voir de façon différente la santé humaine et les soins de santé au 21e siècle. […] La fusion de l'ingénierie avec la nanotechnologie, la biologie des cellules souches et la génomique crée la* bio-ingénierie*, une nouvelle science extraordinaire avec ses méthodes tout à fait inédites pour détecter précocement des maladies, mettre au point des médicaments et réparer des organes. […] En raison de cette révolution,* la médecine passe rapidement du mode réactif au mode proactif. *La détermination des facteurs de risque pour une maladie dans une population et le repérage des personnes prédisposées génétiquement à cette maladie auront pour effet de déplacer l'accent vers la prévention.* L'homogénéité de la maladie et des patients sera supplantée par l'hétérogénéité de la maladie *à mesure que nous découvrirons les différentes voies sous-jacentes qui peuvent donner naissance aux mêmes symptômes cliniques.* La médecine deviendra ainsi plus ciblée ou personnalisée*, et les essais cliniques, plus efficients. Les médicaments qui semblent avoir une efficacité marginale seulement pourront en réalité être très efficaces chez des* sous-ensembles de patients définis*. […] Si nous réussissons à soutenir et à nourrir cette révolution de la recherche en santé, […] alors nous léguerons un monde meilleur à nos enfants* »[132].

[132] Albert Bernstein, *Discours d'ouverture devant l'Académie canadienne des sciences de la santé : promesses offertes par les sciences de la santé au 21e siècle* (Ottawa: IRSC, 21/09/2005).

Dans un autre discours, prononcé deux ans plus tôt, l'ancien président des IRSC annonçait déjà ce tsunami scientifique :

> « *Nous nous trouvons à un moment unique* […]. *Cette vague scientifique gigantesque commence à toucher les rives du système de santé et transforme la médecine, qui n'est plus une science qui réagit et décrit, mais qui sera de plus en plus* proactive*,* fondée sur des mécanismes *et* individualisée »[133].

L'image de cette « vague gigantesque » déferlant sur les rives du système de santé se veut une métaphore forte à la hauteur de la révolution médicale attendue qui touchera en profondeur les soins de santé du futur. Autrement dit, ce qu'annonçait ici le Dr. Bernstein était la fin de la médecine telle que nous la connaissons aujourd'hui. Une révolution aussi profonde que celle qui donna naissance à la médecine moderne à la fin du XVIIIème siècle et qui aura des répercussions sur l'ensemble de la société :

> « *Les révolutions scientifiques des 17e et 18e siècles ont été à l'origine de la révolution industrielle du 19e siècle, alors que les découvertes en physique et en chimie des 19e et 20e siècles annonçaient l'ère de l'électronique. De même, les avancées spectaculaires en sciences de la santé qui ont débuté au cours de la seconde moitié du 20e siècle façonneront et transformeront sans aucun doute les soins de santé et les sociétés humaines au 21e siècle* »[134].

Prenant la forme d'une bio-ingénierie, cette nouvelle révolution se développe sous les traits d'une médecine *proactive*, *fondée sur des mécanismes* et *individualisée* qui permet

[133] Albert Bernstein, *La révolution mondiale de la recherche en santé. Gala de remise des prix internationaux de la Gairdner Foundation* (Toronto: IRSC, 23/10/2003).
[134] Ibid.

d'envisager, soutient Alan Bernstein, « l'éradication des maladies »[135]. L'entrée dans le nouveau millénaire coïnciderait ainsi avec une transformation qualitative d'ensemble des soins de santé, placés sous la tutelle de la technoscience et dont la nanomédecine va incarner la forme idéale à suivre.

II - La nouvelle frontière de la recherche en santé

Loin d'interpréter les propos de l'ancien président des IRSC comme la manifestation d'un constat qui rendrait compte de l'évolution naturelle et inéluctable des soins de santé, il nous faut plutôt y déceler l'expression de l'importante transformation de l'objet et du rôle de la médecine consécutive à sa technoscientifisation. À un ancien modèle « réactif » de soins est opposé un nouveau modèle « proactif » d'ingénierie biomédicale qui est à la fois considéré comme l'aboutissement historique des efforts scientifiques passés et le début d'une nouvelle ère biomédicale : celle de la bio-ingénierie.

À la tête de cette déferlante, la nanomédecine fait office de *guiding ideal*[136]. Elle représente l'idéal futur des soins de santé fusionnant la logique interventionniste de l'ingénierie et la pensée moléculaire. Ce rôle de *guiding ideal* est particulièrement visible dans le premier document de présentation de l'Initiative canadienne en médecine régénératrice et nanomédecine (IMRN) dans lequel Albert Bernstein présente les

[135] Ibid.

[136] Nous reprenons ici l'expression de la philosophe Marianne Boenink dans : Marianne Boenink, "Tensions and Opportunities in Convergence: Shifting Concepts of Disease in Emerging Molecular Medicine," *Nanoethics* 3, no. 3 (December 1, 2009), p. 243–255.

technologies nanomédicales comme les « nouvelles frontières de la recherche en santé »[137]. Le sous-titre du document est lui-même évocateur : *Investir aujourd'hui dans la promesse de demain*.

Ce sentiment de nouveau départ historique trouve un écho similaire dans les propos de l'un des plus ardents promoteurs de la nanomédecine, l'ingénieur américain Robert Freitas, pour qui la nanomédecine représente un « nouveau paradigme médical » étant à la fois le point historique culminant et le dépassement de l'ensemble des efforts médicaux passés :

> « Humanity is poised at the brink of completion of one of its greatest and most noble enterprises. Early in the 21st century, our growing abilities to swiftly repair most traumatic physical injuries, eliminate pathogens, and alleviate suffering using molecular tools will begin to coalesce in a *new medical paradigm* called nanomedicine »[138].

Cette représentation nano-centrée, voulant que nous serions à la veille d'une nouvelle ère médicale, ressort également de la présentation des potentialités de la nanomédecine offerte par le Foresight Institute, créée par Eric Drexler, dont certaines des affirmations rejoignent les propos de l'ancien président des IRSC lorsque, parlant des potentialités futures de la bio-ingénierie, celui-ci y voyait « l'éradication des maladies » :

> « *Nanomedicine will eliminate virtually all common diseases of the 20th century, virtually all medical pain and suffering, and allow the extension of human capabilities most especially our mental abilities*. […] But perhaps the most important long-term benefit to human society as a whole could be the dawning of a new era of peace. We could hope that people who are independently well-fed, well-clothed, well-housed, smart, well-educated, healthy and happy

[137] Instituts de recherche en santé du Canada, *Médecine régénératrice et nanomédecine : investir aujourd'hui dans la promesse de demain* (Ottawa: Instituts de recherche en santé du Canada, 2006), p. 2.
[138] Robert Freitas, *Nanomedicine.Vol.I: Basic Capabilities'* (Austin, TX: Landes Bioscience, 1999), p. 2.

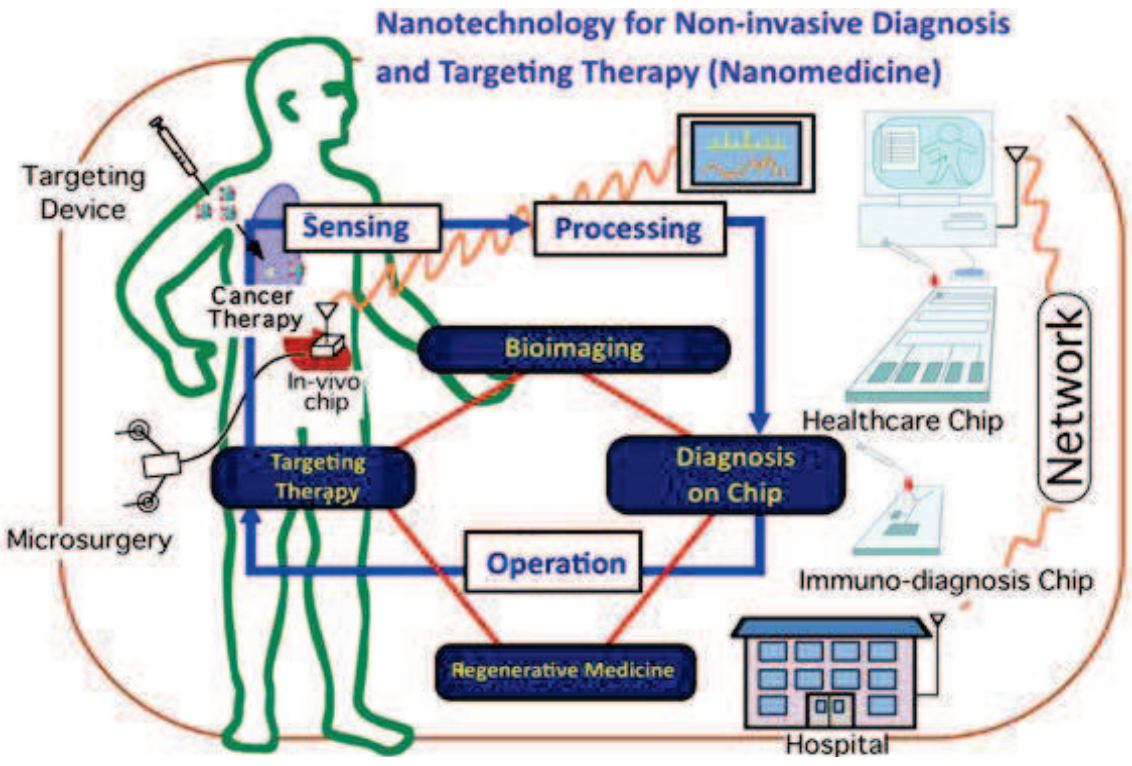
> will have little motivation to make war. Human beings who have a reasonable prospect of living many "normal" lifetimes will learn patience from experience, and will be extremely unlikely to risk those "many lifetimes" for any but the most compelling of reasons »[139].

Contrairement, entre autres, à la thérapie génique ou à la génomique, la nanomédecine ne représente ni une nouvelle stratégie de soin, ni un nouveau domaine, mais un nouveau paradigme. Le préfixe *nano* est ni plus ni moins utilisé en tant que synonyme d'innovation biomédicale. Il incarne le futur de la médecine qui deviendrait une *nano*médecine. Un rapport pilote réalisé sous l'égide du Conseil national de recherches du Canada (CNRC) soutient même que la nanomédecine pourrait remplacer dès 2020 les « *older forms of medicine* »[140]. Le potentiel technoscientifique des innovations nanomédicales promet par conséquent de radicalement transformer les soins de santé qui s'ouvriraient vers une nouvelle ère où il serait possible de contrôler techniquement l'état du développement biologique de chacun. Comme le remarque Andreas Lösch, la nanomédecine se développe en véhiculant l'image d'une ingénierie de la santé qui insiste sur le contrôle technoscientifique du corps et met de l'avant le caractère novateur de cette vision du soin par opposition à une ancienne représentée par la médecine clinique traditionnelle[141]. Cette séparation entre le « nouveau », fondé sur l'innovation technoscientifique, et l'« ancien », représenté par le modèle clinique, renvoie à la dichotomie proposée par Albert Bernstein entre une médecine « proactive » et une médecine « réactive » et exprime l'émergence d'un nouveau paradigme biomédical fondé sur le contrôle technique du devenir biologique dont la nanomédecine

[139] http://www.foresight.org/Nanomedicine/NanoMedFAQ.html#FAQ19 [consulté le 27/01/2014]. Nous soulignons.
[140] Raymond Bouchard, *Bio-Systemics Synthesis: Science and Technology Foresight Pilot Project* (Ottawa: Canadian Researd Council, 2003), p. 20.
[141] Andreas Lösch, "Nanomedicine and Space : Discursive Orders of Mediating Innovations," in *Discovering the Nanoscale*, by David Baird, Alfred Nordmann, and Joachim Schummer (Amsterdam: IOS Press, 2004), p. 193–202.

incarne l'idéal. L'**image 1** ci-dessous permet de visualiser la représentation générale de ce nouveau paradigme promu par la nanomédecine. Le **tableau 1** résume quant à lui les différents champs d'application de cette dernière – ce qui permettra au lecteur de cette thèse d'avoir une idée plus claire de l'étendue des technologies nanomédicales.

Image 1 – Nanotechnologies et médecine[142]



[142] Mihail C. Roco, Chad A. Mirkin, and Mark C. Hersam, *Nanotechnology Research Directions for Societal Needs in 2020* (New York: Springer, 2010), p. 272.

Tableau 1

Nano-diagnostic	Nano-thérapie
In vivo -*nanoparticules magnétiques* : nouveaux agents de contraste utilisant des particules bioreconnaissantes permettant d'accroître la précision et la qualité de l'imagerie à résonnance magnétique; -*quantum dots* : marqueurs fluorescents utilisant des nanoparticules pour le diagnostic et l'imagerie; -*implants* : nanodispositifs comme des puces *in vivo* permettant une mesure continue et « intelligente », par exemple, du glucose ou de certains marqueurs sanguins. Possibilité également de nouveaux instruments pour l'endoscopie avec notamment des « nano-pilules » pour l'imagerie médicale (*swallowable imaging pills*).	*Vectorisation nanoparticulaire* La vectorisation nanoparticulaire consiste en le développement de nanodispositifs de ciblage précis d'une partie de l'organisme. On en distingue trois catégories générales : - *drug delivery* : nanoparticules ou nanocapsules utilisées pour la délivrance d'agents actifs par voie cutanée, pulmonaire, orale ou ophtalmique; - *vaccine delivery* : nanosystèmes utilisés comme transporteurs pour la délivrance de vaccins; - *gene delivery* : nanoparticules utilisées comme vecteurs de délivrance de gènes pour la thérapie génique.
In vitro *Lab-on-a-chip, biopuces* : les laboratoires sur puce et les biopuces (*microarrays*) font partie des innovations biomédicales phares des nanotechnologies. Les premiers consistent en le développement de systèmes intégrant l'ensemble des étapes du diagnostic (analyse, traitement et rendu des résultats). Les secondes, aussi appelées puces ADN, sont des systèmes permettant de faire de l'analyse de l'expression des gènes.	*Ingénierie tissulaire (médecine régénératrice)* L'ingénierie tissulaire ou médecine régénératrice a pour objectif la régénération, la réparation ou le remplacement de tissus malades par l'implantation de tissus naturels, synthétiques ou semi-synthétiques visant à « mimer » les fonctionnalités du tissu originel malade.
	Nanorobotique Champ le plus hautement expérimental. Vise à développer des *nanorobots* ou *nanobots* capables de circuler dans le corps par le système vasculaire afin de réaliser des opérations chirurgicales précises au niveau cellulaire et moléculaire. Ex. de laboratoire : le *Laboratoire de NanoRobotique* à l'École Polytechnique de Montréal.

À cela, il faut ajouter la centralité du potentiel économique dans les promesses attachées à cette « nouvelle frontière de la recherche en santé ». On peut par exemple lire dans le document de l'IMRN déjà cité qu'au potentiel « d'améliorer la santé des Canadiens et de changer la façon dont notre système de santé protège, maintient et restaure la santé, elles [les innovations nanomédicales] offrent également un potentiel de croissance économique du fait d'un transfert de technologie rapide et efficace par une collaboration avec le secteur privé »[143]. Loin de n'être qu'un souci propre à l'initiative canadienne, l'importance des retombées économiques des innovations nanomédicales est une constante dans l'ensemble des discours entourant la nanomédecine. Et cela aussi bien au niveau des différentes initiatives gouvernementales qu'au niveau de la recherche elle-même. Comme nous le verrons en détails dans le chapitre VI, ce souci économique met de l'avant le rôle essentiel de la logique d'innovation dans le développement du modèle biomédical porté par la nanomédecine.

III – Définir la nanosanté

Le développement de la nanomédecine nous confronte ainsi à l'émergence d'un nouveau modèle biomédical recoupant des transformations et des enjeux tant épistémologiques, politiques qu'économiques. C'est afin de saisir la spécificité et les implications sociales et culturelles de ces derniers que nous avons structuré notre modèle de la nanosanté autour des trois dimensions idéaltypiques que sont la *transversalité*, l'*amélioration* et la *globalisation*. Ces trois dimensions permettent de rendre

[143] Instituts de recherche en santé du Canada, *Médecine régénératrice et nanomédecine. Investir aujourd'hui dans la promesse de demain*, op. cit., p. 7.

conceptuellement compte des caractéristiques constitutives de ce modèle biomédical en émergence ainsi que les implications des dynamiques de technoscientifisation et de biomédicalisation attachées à son développement. Dans les pages suivantes, nous allons donner le sens général de ces trois catégories qui seront par la suite développées empiriquement dans les chapitres IV, V et VI.

III.I – Un modèle transversal :

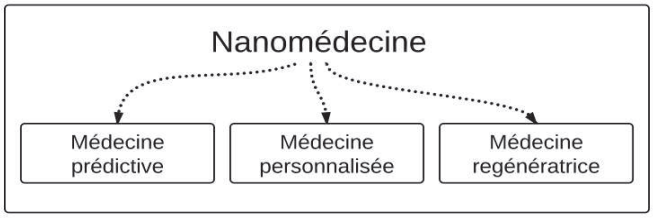
Dans son discours *Promesses offertes par les sciences de la santé au 21e siècle*, l'ancien président des IRSC mettait l'accent sur trois éléments clés formant les « méthodes tout à fait inédites » de l'idéal médical constitué par la bio-ingénierie : « détecter précocement les maladies », une « médecine plus ciblée ou personalisée » et « réparer les organes »[144]. Ces trois éléments renvoient plus largement aux grands champs d'activités autour desquels se développe la recherche biomédicale contemporaine et sur lesquels se construit le nouveau paradigme de la bio-ingénierie : la médecine prédictive, la médecine personnalisée et la médecine régénératrice. Ils forment un triptyque dont chacun des éléments permet d'en penser la structure générale de développement.

Incarnant la pointe idéale de ce nouveau paradigme, la nanomédecine a comme particularité de se développer autour de ce triptyque. Notre modèle de la nanosanté trouve là sa première caractéristique idéaltypique : celle de sa *transversalité*, c'est-à-dire que la nanomédecine recoupe, en les absorbant dans son modèle, l'ensemble de ces trois grands

[144] Albert Bernstein, *Discours D'ouverture Devant l'Académie Canadienne Des Sciences de La Santé : Promesses Offertes Par Les Sciences de La Santé Au 21e Siècle*, op. cit.

secteurs d'activités qui structurent la représentation de la forme idéale du développement des soins de santé et constituent les « méthodes » propres à une médecine technoscientifique centrée sur le contrôle moléculaire. Autrement dit, la transversalité de la nanomédecine rend compte du triptyque constitutif de la structure d'activités caractéristiques du développement d'une ingénierie biomédicale, permettant d'appréhender certaines de ses spécificités paradigmatiques et leurs implications.

Schéma 1
La transversalité de la nanomédecine



III.I.I – Une médecine prédictive :

Poursuivant le changement d'optique médicale amorcé par les recherches en génomique, la nanomédecine se développe sur la base d'un raisonnement prédictif qui oriente sa conception du diagnostic selon une logique pré-symptomatique. Cette logique se fonde sur une temporalité médicale inédite qui ne recherche plus idéalement un signe clinique avéré, mais, sur la base de corrélations de facteurs moléculaires, les risques de développer une pathologie avant l'existence préalable de symptômes. Le diagnostic se comprend ici comme la mesure quantitative du degré de risque, soit de probabilité de développement d'une

maladie. Comme le remarque Henri Verdier, dans le cadre d'une médecine prédictive, « la médecine n'est plus saisie par la maladie : elle travaille sur le risque », dénotant nous dit-il « une modification comparable à celle que Michel Foucault décrit pour la clinique au XVIIIe siècle »[145].

La nanomédecine est en ce sens porteuse d'un nouveau modèle biomédical qui met l'accent sur la prédiction et la gestion du risque médical à partir des informations produites par les technologies de diagnostic moléculaire. Grâce à ces informations, les technologies nanomédicales visent à déceler un état proto-maladif dans l'optique de contrôler l'état de santé futur, ayant pour conséquence d'engendrer une nouvelle figure médicale : le patient-en-devenir. Il en résulte un double élargissement : celui du pathologique (le corps à risque du patient-en-devenir) et, de manière concomitante, celui de l'intervention thérapeutique (l'action préventive). Le diagnostic prédictif et l'action thérapeutique préventive vont de pair. Nous verrons que cette association trouve un exemple frappant dans le nouveau concept de « théragnostic » qui exprime au plus haut point l'inséparabilité de la logique prédictive avec la logique interventionniste caractéristique de la nanomédecine. Le *théra* (thérapie) devance le *gnostic* (diagnostic) ; l'effet de style exprime cette perspective où le diagnostic prédictif trouve son complément logique dans l'action technique sur le corps.

Selon Nikolas Rose[146], cette orientation remet théoriquement en cause le constat classique de Georges Canguilhem dans son fameux ouvrage *Le normal et le pathologique*[147]. En tant que « technique d'instauration ou de restauration du normal »[148], nous dit

[145] Henri Verdier, "La « Médecine Prédictive ». Entre Croyance et Construction de Nouvelles Catégories de Risques," *L'année Sociologique* 46, no. 2 (1996), p. 426.
[146] Ce paragraphe se fonde sur l'analyse de Rose dans : Nikolas Rose, *The Politics of Life Itself*, op. cit., p. 84.
[147] Georges Canguilhem, *Le Normal et Le Pathologique* (Paris: Presses Universitaires France, 2009).
[148] Ibid., p. 8.

Canguilhem, la médecine moderne a traditionnellement cherché à combattre le pathologique, la souffrance due à la maladie afin de rétablir la santé. Or, pour Rose, l'introduction de la logique prédictive – ce qu'il désigne par la notion de *susceptibility* (sensibilité à) – a pour effet de redéfinir les paramètres médicaux qui ont historiquement défini la nature de la pratique médicale moderne selon une logique de restauration – ou de « réaction » – et non une logique de « proaction » pour reprendre encore une fois les termes d'Albert Bernstein. Elle crée un état intermédiaire entre le normal et le pathologique. Un état pré-maladif où il n'existe pas encore de symptômes.

Comparativement à la médecine préventive qui a une longue histoire, pensons aux mesures hygiénistes ou à la vaccination, la médecine prédictive introduit une nouvelle logique d'action médicale se situant dans un autre paradigme médical. Figure marquante de cette nouvelle orientation, Jean Dausset, découvreur du système HLA (système de reconnaissance immunitaire des cellules), faisait remarquer que « la médecine prédictive diffère de la médecine préventive en ce qu'elle est strictement individuelle alors que la médecine préventive est le plus souvent une médecine de masse, comme par exemple la vaccination obligatoire. En somme, la médecine prédictive est une médecine individuelle. De plus les études statistiques permettent de mesurer le degré de risque (risque relatif). C'est donc un diagnostic de probabilité quantifié »[149]. Autrement dit, une autre des particularités essentielles de la logique prédictive est de reposer sur l'individualisation du risque moléculaire. La nanomédecine est par là même un modèle de soins qui dénote une perte de l'intérêt médical pour la prévention collective en faveur d'un recentrement sur l'individu et le contrôle technique de son devenir biologique au niveau de ses particularités moléculaires.

[149] Jean Dausset, "Les Bases de La Médecine Prédictive," *ADSP* 34 (2001), p. 66.

III.I.II – Une médecine personnalisée :

Liée à la détection précoce, l'autre grande promesse de la nanomédecine est de « contribuer au développement d'une médecine personnalisée où un diagnostic personnel permettrait de prescrire une thérapie personnalisée efficace »[150]. Cependant, que faut-il entendre précisément par le terme « personnalisée » qui est en soi porteur d'ambigüité ? En offrant la possibilité de recueillir un certain nombre d'informations biologiques dont le point de référence est l'individu lui-même, les technologies nanomédicales promettent d'adapter les traitements en fonction des profils génétiques ou protéiques de chaque patient. Ces profils personnels sont par la suite rapportés à des sous-classes de population exprimant les mêmes prédispositions. L'action thérapeutique est alors adaptée non pas à la personne en tant que telle, mais à la sous-catégorie de prédisposition à laquelle le profil du patient se rapporte. La nanomédecine incarne de ce fait un modèle de soin pour lequel la personnalisation du soin se comprend au regard de caractéristiques moléculaires individualisées et ne signifie pas la prise en compte de ce que Canguilhem, en opposition à la conception objectiviste ou quantitative du pathologique, considérait comme la réalité individuelle et qualitative de la maladie en tant que rapport subjectif au vécu corporel[151].

Ce recentrement sur l'individualité moléculaire renvoie à un renouvellement du modèle objectiviste de la biomédecine sur les bases d'une individualisation de la frontière entre la santé et la maladie, le normal et le pathologique caractéristique de la

[150] Patrick Boisseau et Bertrand Loubaton, "Nanomedicine, Nanotechnology in Medicine," *Comptes Rendus Physique* 12, no. 7 (September 2011), p. 620–636.
[151] Georges Canguilhem, *Le normal et le pathologiqu*e, op. cit.

biomédicalisation et qui contribue au développement d'une « biosocialité »[152] sur laquelle s'élabore une « biocitoyenneté »[153], c'est-à-dire une nouvelle forme de citoyenneté fondée sur la politisation de la santé individuelle et la reconnaissance d'identités liées à une condition biomédicale particulière. En effet, la nanomédecine ne réfère pas uniquement à des technologies de contrôle et de modification du biologique, mais aussi à des technologies pouvant avoir un effet sur la subjectivité individuelle – ce que Clarke et al. nomment, en se référant à Michel Foucault[154] et à Nikolas Rose[155], des « technologies de soi » (*technologies of the self*). Les technologies nanomédicales participent à l'émergence d'une nouvelle forme de gouvernement de soi, typique de la biopolitique moléculaire, qui repose sur la production d'informations génétiques et la génération d'un diagnostic spéculatif, ayant pour conséquence d'influencer la définition de l'identité personnelle et de participer à l'individualisation du devoir de santé et de la prise en charge de la destinée biologique. Selon la formule d'Alex Pentland, chercheur au MIT, la nanomédecine marque la substitution de la figure *patient* au profit de celle du *consommateur* : de l'individu passif à l'individu prenant le contrôle de sa santé et de son maintien[156].

Ainsi, le devoir de santé s'ancre dans le quotidien et s'inscrit dans les gestes qui sont guidés technologiquement. Clarke et al. remarquent en ce sens que « [s]uch technologies pervade more and more aspects of daily life and the lived experience of health and illness, creating new biomedicalized subjectivities, identities, and biosocialities – new social forms

[152] Paul Rabinow, "Artificiality and Enlightment: From Sociobiology to Biosociality," in *Incorporations*, by J. Crary and S. Kwinter (New York: Zone, 1992), p. 243–252.
[153] Nikolas Rose and Carlos Novas, "Biological Citizenship," in *Global Assemblages: Technology, Politics, and Ethics as Anthropological Problems*, by Aihwa Ong and Stephen J. Collier (Malden: Blackwell, 2004), p. 439–463.
[154] Michel Foucault, *L'herméneutique Du Sujet. Cours Au Collège de France. 1981-1982* (Paris: Gallimard, 2001).
[155] Nikolas Rose, "The Death of the Social ? Re-Figuring the Territory of Government," *Economy and Society* 25 (1996), p. 327–356.
[156] Mark Anderson, "Dreaming About Nano Health Care," *WIRED*, November 14, 2000, http://www.wired.com/science/discoveries/news/2000/11/40166 [consulté le 27/01/2014].

constructed around and through such new identities »[157]. Un nouveau rapport à soi est négocié et produit en rapport aux classifications et diagnostics moléculaires qui sont appelés à fonctionner comme des symboles doués de sens au niveau du vécu personnel. D'où l'émergence d'une biocitoyenneté.

Cependant, si ces nouvelles technologies contribuent effectivement à l'émergence d'une nouvelle forme d'individualité moléculaire, il faut introduire dans ce chapitre théorique deux importantes précautions et nuances. D'une part, il faut préciser que la biocitoyenneté doit se comprendre comme un élément conceptuel permettant d'appréhender l'influence grandissante de cette nouvelle dynamique biomédicale technoscientifique et moléculaire sur l'identité et ne peut évidemment pas être associée à l'unique facteur à la source de la définition de soi et de la socialité contemporaine – les éléments contribuant à l'individualité et aux ressorts de l'action sont le produit de multiples expériences socialisatrices provenant et se réalisant dans différents mondes sociaux[158]. D'autre part, il faut également ajouter que l'expérience d'une maladie ou d'un handicap ne peut pas uniquement être appréhendée dans les termes de la biomédicalisation ou de ce que la sociologue Gayle Sulik appelle une *technoscientific illness identity*[159]. Prenant l'exemple des associations de patients et des individus atteints de maladies rares, Peter Wehling montre dans un article éclairant que si les associations de patients se réfèrent effectivement à des définitions technoscientifiques de leurs maladies, elles négocient et transforment continuellement ces dernières en fonction de leur propre expérience de la maladie[160]. De même, nous dit-il, « the ‘‘biosociality’’ of rare

[157] Adele Clarke et al., "Biomedicalization.", op. cit., p. 165.
[158] Bernard Lahire, *L'homme Pluriel. Les Ressorts de L'action* (Paris: Hachette, 1998).
[159] Gayle Sulik, " 'Our Diagnoses, Our Selves': The Rise of the Technoscientific Illness Identity," *Socioloy Compass* 5/6 (2011), p. 463–477.
[160] Peter Wehling, "The Technoscientization'' of Medicine and Its Limits: Technoscientific Identities, Biosocialities, and Rare Disease Patient Organizations," *Poiesis Prax* 8 (2011), p. 67–82.

disease patients emerges from the shared experience of having been neglected by mainstream medical research rather than from supposedly objective biomedical classifications »[161].

III.I.III – Une médecine régénératrice :

Troisième partie du triptyque formant le caractère transversal de notre modèle de la nanosanté, la médecine régénératrice vise au développement de stratégies et d'outils permettant la régénération biologique. En cela, elle est totalement étrangère aux stratégies de restauration de la normativité qui pour Canguilhem constituaient le propre de l'acte médical. Fondée sur les recherches en cellules souches[162] et sur les techniques de l'ingénierie tissulaire, la médecine régénératrice s'appuie sur les potentialités de contrôle moléculaire des nanotechnologies pour proposer une nouvelle forme de thérapeutique qui consiste à reproduire artificiellement, *in vivo* et *in vitro*, les processus à la base de la régénération du corps afin de « réparer les organes » endommagés, d'après l'expression d'Alan Bernstein. Autrement dit, elle propose un véritable modèle de ré-ingénierie du corps.

[161] Ibid., p. 67.

[162] Selon la définition qu'en donne Le grand dictionnaire terminologique de l'Office québécois de langue française, une cellule souche réfère à une « [c]ellule non différenciée, issue de l'embryon, du fœtus ou de tissus adultes, qui possède à la fois la capacité de se multiplier par divisions successives pendant une période indéfinie, et celle de donner naissance, dans des conditions déterminées, à une ou à plusieurs lignées d'éléments cellulaires différenciés. Il existe différents types de cellules souches, dont les capacités de différenciation varient : certaines sont capables de donner naissance à un organisme complet (cellules souches totipotentes), d'autres à tous les types de cellules différenciées d'un organisme, sans toutefois pouvoir donner naissance à l'organisme dans sa totalité (cellules souches pluripotentes, ou embryonnaires), d'autres encore uniquement à certains types de cellules différenciées (cellules souches multipotentes) et, enfin, certaines ne peuvent produire qu'un seul type de cellules différenciées (cellules souches unipotentes).La capacité d'auto-renouvèlement des cellules souches leur permet d'assurer une réserve permanente de cellules initiales ». Consulté le 30/08/12 : http://www.gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=8360143

Tant au niveau de ses techniques que de son approche conceptuelle, la médecine régénératrice incarne au plus haut degré le modèle technoscientifique de la nanomédecine : celle de l'appropriation et du contrôle technique des composantes et des processus biologiques fondamentaux. Elle est fondée sur une logique de (re)façonnement technoscientifique des processus biologiques. Elle marque nettement un point de rupture entre la médecine clinique traditionnelle et le nouvel idéal de la bio-ingénierie proposé par la nanomédecine[163]. Son modèle de soin n'est pas celui de la médecine thérapeutique moderne cherchant, dans sa lutte contre le pathologique, à restaurer un état de normalité corporelle, mais plutôt à générer une nouvelle normalité par la reprogrammation des processus cellulaires.

Conçue comme un problème purement technique, le combat contre la maladie suppose ici de reprogrammer les processus cellulaires pour générer une nouvelle normalité biologique produite techniquement : une normalité qui serait bio-technique. Comme le remarque Eugen Thacker, « [t]he body of the tissue engineering model does not simply spontaneously heal, but requires an elaborate apparatus for properly enframing the regenerative potential of cells and tissues »[164]. Cette logique nous confronte clairement à un effacement de la frontière entre le normal et le pathologique qui s'estompe en faveur d'une nouvelle normativité biomédicale fondée sur l'amélioration technique du corps humain.

[163] Céline Lafontaine, "Regenerative Medicine's Immortal Body : From the Fight against Ageing to the Extension of Longevity" *Body & Society* 15, no. 4 (2009), p. 53–71.
[164] Eugen Thacker, *The Global Genome. Biotechnology, Politics, and Culture* (Cambridge: MIT Press, 2005), p. 260.

III.II – Un modèle amélioratif :

Il est ressorti des éléments précédents que la nanomédecine relève de la bio-ingénierie et qu'elle contribue à redéfinir la ligne de partage entre le normal et le pathologique qui fut l'un des soubassements épistémologiques fondamentaux sur lesquels s'est constituée la biomédecine. Cette redéfinition nous confronte à la seconde dimension idéaltypique de notre modèle de la nanosanté : l'*amélioration*. Moins centrée sur le combat contre la maladie que sur le contrôle de la santé, la nanomédecine se caractérise par l'intégration d'une logique d'amélioration technoscientifique de l'état biologique individuel à son modèle de soin.

III.II.I – Des technologies d'optimisation :

À l'ère du « contrôle biologique », remarque l'anthropologue Sarah Franklin, « we can no longer assume that the biological 'itself' will impose limits on human ambitions. As a result, humans must accept much greater responsibility toward the realm of the biological, which has, in a sense, become wholly contingent condition »[165]. L'état biologique individuel se comprend de plus en plus comme une condition précaire et contingente dont nous avons le devoir de contrôler, par les moyens technoscientifiques à notre disposition, le devenir afin

[165] Sarah Franklin, "Ethical Biocapital," in *Remaking Life and Death: Towards an Anthropology of the BioSciences*, by Sarah Franklin and Margaret Lock (Santa Fe: School of American Research Press, 2003), p 100.

qu'il soit en adéquation avec l'idéal culturel, profondément ancré dans nos sociétés contemporaines, d'accéder un jour à un corps parfait à la santé parfaite.

Avec les capacités des nouvelles technologies biomédicales, la santé est devenue ouverte au contrôle technoscientifique qui cherche à prédire son développement et à intervenir sur les processus vitaux afin d'en transformer le devenir. En ce sens, nous dit Nikolas Rose, « contemporary medical technologies do not seek merely to cure diseases once they have manifested themselves, but to control the vital processes of the body and mind. They are […] technologies of *optimization* »[166]. Permettant d'envisager la possibilité de modifier et d'améliorer le corps humain au-delà des frontières biologiques de l'espèce humaine, les technologies biomédicales contemporaines se caractérisent par une nouvelle finalité pratique : l'*optimisation* de la santé en vue d'assurer le meilleur futur biologique possible à ceux qui y ont recours. La nanomédecine nous confronte ainsi à l'émergence d'un nouveau modèle biomédical qui tend à substituer à la médecine de restauration une médecine d'amélioration.

III.II.II – Vers une médecine transhumaniste ?

Se développant en relation à la production d'un nouveau fantasme culturel inspiré par les visions imaginatives de ce que pourrait être un « homme enrichi » technoscientifiquement, un trans-humain ou un post-humain[167], les outils de la nanomédecine

[166] Nikolas Rose, *The Politics of Life Itself*, op. cit., p. 16.

[167] Selon la définition qu'en donne l'Extropy Institute : « "Posthuman" is a term used by transhumanists to refer to what humans could become if we succeed in using technology to remove the limitations of the human

représentent la forme la plus achevée des technologies d'optimisation dont parle Nikolas Rose. Elles incarnent une importante tendance culturelle vers la recherche d'une « bioperfectibilité »[168] caractéristique d'une culture qui fait de la perfection biologique la forme ultime de la réalisation de soi[169]. La nanomédecine propose en fait le premier modèle de soin qui incorpore aussi nettement comme finalité la réalisation de cet objectif culturel. Elle représente la forme médicale la plus aboutie et représentative d'un nouveau paradigme en santé centré sur l'amélioration technoscientifique de l'humain.

Pour Keer et Wishart, le modèle biomédical que propose la nanomédecine marque clairement l'émergence d'une « médecine transhumaniste »[170], dont la particularité est de développer un ensemble de procédures et de techniques ayant pour principale fin d'agir sur le devenir biologique afin d'en améliorer la condition par le moyen d'actions technoscientifiques préventives et personnalisées à l'échelle des processus moléculaires et cellulaires.

Corrélativement, la dynamique de biomédicalisation portée par la nanomédecine nous renvoie à une profonde mutation de la définition de ce que nous considérons culturellement « être en santé ». Le bioéthicien Gregor Wolbring remarque à cet effet que : « [t]he medicalization and disease-mongering phenomenon increases and moves toward the

---

condition. […] Posthumans may be partly or mostly biological in form although, by definition, they would have overcome most of the constraints of the genetic structure of *homo sapiens*. Many transhumanists find it highly plausible that posthumans would be partly or wholly postbiological – the personalities of biological humans having been transferred "into" (or gradually replaced by) more durable, modifiable, faster, and more powerful bodies and thinking hardware. Some of the disciplines that transhumanists currently expect to play a role in allowing us to become posthumans include genetic engineering, neural-computer integration, biomedicine and nanobiotechnology, regenerative medicine, and the cognitive sciences ». Consulté le 02/09/2012 : http://www.extropy.org/faq.htm.

[168] Nicolas Le Dévédec, "De l'humanisme au post-humanisme : les mutations de la perfectibilité humaine.," *Revue du MAUSS permanente* [en ligne] (21 décembre 2008), p. 1–11.

[169] Karin Knorr Cetina, "The Rise of a Culture of Life," *EMBO Reports* 6, no. S1 (juillet 2005), p. S76–S80.

[170] Ian Kerr and James Wishart, "Tsunami Wave of Science: How the Technologies of Transhumanist Medicine Are Shifting Canada's Health Research Agenda," *Health Law Journal* Special Ed. (2008), p. 13–39.

transhumanization of medicalization, where enhancing, improving and modifying the human body beyond its species-typical boundaries is part of the concept of being healthy »[171]. Ce que Wolbring appelle la « transhumanisation de la médicalisation » nous confronte à un élargissement de la signification culturelle du concept de santé lié au déplacement du gradient de la normativité médicale de la guérison (restauration) vers l'amélioration.

Cet élargissement est caractéristique de l'émergence d'une approche individualisante de la santé où la définition de cette dernière est de plus en plus renvoyée à l'individu lui-même, compris comme un « consommateur de santé » (*health consumer*) poussé à prendre en charge non seulement son devenir biologique, mais aussi la définition de ce dernier [172]. La recherche d'une bioperfectibilité, associée à la transformation technoscientifique de l'humain, touche ainsi aux nouvelles définitions de l'identité et de la liberté individuelle caractéristiques de l'émergence d'une biocitoyenneté.

III.III – Un modèle global :

S'inscrivant dans la continuité des biotechnologies et de l'industrie « biotech », la nanomédecine se développe dans le contexte ce que Michel Freitag appelle « la globalisation techno-économique » [173]. Elle est liée à l'émergence d'un « complexe industriel technoscientifique global » qui a progressivement pris la place du « complexe militaro-

[171] Gregor Wolbring, *The Triangle of Enhancement Medicine, Disabled People, and the Concept of Health: A New Challenge for HTA, Health Research, and Health Policy* (Edmonton: Alberta Heritage Foundation for Medical Research, 2005), p. 3.
[172] Ibid.
[173] Michel Freitag, *L'impasse de la globalisation: une histoire sociologique et philosophique du capitalisme* (Montréal: Éditions Écosociété, 2008).

industriel » déclinant après la fin de la Guerre Froide[174]. Au cœur des dynamiques et des enjeux politico-économiques contemporains, la nanomédecine donne lieu à une véritable course mondiale qui s'inscrit dans la logique de compétitivité internationale propre à la globalisation où la recherche d'innovations technoscientifiques joue un rôle essentiel dans son déploiement[175], et dont les nanotechnologies représentent l'exemple le plus emblématique[176].

Aussi bien au niveau symbolique que stratégique, les nanotechnologies incarnent au plus haut point le rôle structurant des technosciences dans le développement de l'économie globalisée et incarnent un processus, largement soutenu et encadré par les gouvernements, d'internationalisation de la compétitivité scientifique tournée vers la recherche de nouvelles innovations commercialisables[177]. Comme le remarque Kaushik Sunder Rajan, le capitalisme technoscientifique repose aujourd'hui sur une « idéologie de l'innovation » (*ideology of innovation*) qui fait des promesses technologiques le moteur central de son développement[178].

En intégrant l'innovation comme finalité intrinsèque à son développement, la nanomédecine est porteuse d'un modèle biomédical en adéquation avec les finalités et les enjeux de la globalisation techno-économique. Ce modèle a pour conséquence de faire du contrôle technique de la santé et de la vie *en elle-même* l'une des sources majeures de promesses de gains économiques. La poursuite culturelle de la bioperfectibilité se confond

[174] Hans Lenk, *Global TechnoScience and Responsibility* (Berlin: LIT Verlag, 2007), p. 2.
[175] Daniele Archibugi and Simona Iammarino, "Innovation and Globalization," in *European Integration and Global Corporate Strategies*, by François Chesnais, Grazia Ietto-Gillies, and Roberto Simoneti (London: Routledge, 2000), p. 91–116.
[176] John Harris, *Nanotechnology World Economy* (Bloomington: AutorHouse, 2009); Lerwen Liu, *Emerging Nanotechnology Power. Nanotechnology R&D and Business Trends in the Asia Pacific Rim* (Singapore: World Scientific Press, 2009).
[177] Céline Lafontaine et al. (2010), *Nanotechnologies et société. Enjeux et perspectives : entretiens avec des chercheurs*, op.cit., p. 99.
[178] Kaushik Sunder Rajan, *Biocapital: The Constitution of Postgenomic Life*, op. cit., p. 113.

avec la recherche de profits économico-politiques, plaçant les processus vitaux au centre des grandes dynamiques et enjeux globaux.

En ce sens, notre modèle de la nanosanté rend compte de l'émergence de ce que Clarke et al. ont nommé, en référence à Donna Haraway[179], un « Complexe biomédical de technoservices^{TM}, Inc » pour désigner une profonde transformation globale des modalités de la production du savoir et des formes de prise en charge biomédicale du corps en rapport aux nouvelles exigences de compétitivité économique et de recherche d'innovation[180]. Cette transformation participe au redéploiement de l'économie de la santé autour du contrôle et de l'exploitation des processus et des éléments vitaux du corps individuel.

III.III.I – Nanomédecine et bioéconomie :

À ce titre, la nanomédecine contribue à la construction d'un nouvel espace économique – la bioéconomie – et à la création d'une nouvelle forme de capital – le biocapital[181]. Définie par l'OCDE comme « […] that part of economic activities which captures the *latent value* in biological processes and renewable bioresources to produce improved health and sustainable growth and development »[182], la bioéconomie est considérée non seulement d'un point de vue sanitaire comme la solution d'avenir pour « *produce improved health* », mais aussi d'un point de vue politique comme un vecteur essentiel pour le

[179] Donna J. Haraway, *Modest_Witness@Second_Millennium.FemaleMan@_Meets_OncomouseTM: Feminism and Technoscience.* (New York: Routledge, 1997).
[180] Adele Clarke and al., "Technosciences et Nouvelle Biomédicalisation : Racines Occidentales, Rhizomes Mondiaux," *Sciences Sociales et Santé* 18, no. 2 (2000), p. 31.
[181] Kaushik Sunder Rajan, *Biocapital: The Constitution of Postgenomic Life*, op. cit.
[182] Voir : http://www.oecd.org/LongAbstract/0,3425,en_2649_34537_34823103_1_1_1_1,00.html [consulté le 17/04/2012].

développement économique global. La particularité de la bioéconomie tient à sa capacité à articuler les nouvelles attentes biopolitiques centrées sur l'individualité moléculaire avec la promesse de profits économiques dérivés de la création de nouveaux produits et services biomédicaux individualisée rendus possible par « […] our rapidly expanding knowledge of how living organisms develop, react, and interact at fundamental levels that range from nano molecular structure to genes »[183]. La connaissance du savoir instrumental des différents secteurs d'innovations de la nanomédecine permettent par là même l'exploitation individualisée de la « valeur latente » (*latent value*) ou ce que Catherine Waldby a conceptualisé par le terme de « biovaleur » (*biovalue*) des processus et éléments biologiques de chaque patient[184].

La nanomédecine est ainsi liée au développement d'un nouveau modèle économique de la santé où le corps des patients se trouve être à la fois la cible et la source de l'innovation biomédicale. S'opposant au modèle économique classique de l'industrie pharmaceutique fondé sur la production en série de produits médicaux applicables au plus grand nombre, ce modèle repose sur un recentrement des stratégies commerciales des compagnies biomédicales sur les particularités biologiques individuelles. Recentrement qui fait directement écho à l'individualisation du rapport à la santé et au corps caractéristique de la redéfinition de l'individualité autour de la perfectibilité biologique.

[183] OECD, *The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda*, op. cit., p. 7.
[184] Cathy Waldby, *The Visible Human Project Informatic Bodies and Posthuman Medicine* (London: Routledge, 2000); Cathy Waldby and Robert Mitchell, *Tissue Economies: Blood, Organs, and Cell Lines in Late Capitalism* (Durham [N.C.]: Duke University Press, 2006).

III.III.II – Bioinégalité et biocolonialisme :

En adéquation avec les finalités biopolitiques attachées à la notion de biocitoyenneté, ce nouveau modèle économique n'accorde toutefois pas la même « valeur » à tous les corps[185]. Le déploiement global de la bioéconomie ne touche pas les corps de la même manière selon que l'on soit citoyen d'un pays occidental ou d'un pays en développement, que l'on soit issu d'une classe sociale favorisée ou non. Ainsi, cette entreprise de capitalisation globale de la santé et du corps individuels participe à accroitre ce que Didier Fassin appelle la « bioinégalité »[186], dans le sens où les innovations « amélioratives » et « individualisées » de la nanomédecine ciblent des « consommateurs de santé » ayant les ressources financières nécessaires pour s'offrir ces technologies coûteuses à développer. Et cela au détriment de la lutte contre l'amélioration globale de la santé qui constitue pourtant l'objectif central de l'OMS.

D'autre part, la croissance de la bioéconomie repose en partie sur une dynamique de délocalisation des essais cliniques vers les pays en développement qui renouvèle la problématique de l'exploitation coloniale. Poussée par la recherche d'innovations, cette dynamique contribue à un « biocolonialisme »[187] fondée sur la production d'informations biologiques par l'expérimentation clinique des nouvelles technologies biomédicales sur des groupes de patients provenant de pays comme la Chine, l'Inde, la Russie ou les pays de l'ex-

[185] Céline Lafontaine, *Le corps-marché. La marchandisation de la vie humaine à l'ère de la bioéconomie* (Paris: Seuil, 2014), p. 64.
[186] Didier Fassin, "Another Politics of Life Is Possible," *Theory, Culture & Society* 26, no. 5 (2009), p. 44–60.
[187] Margaret Lock and Vinh-Kim Nguyen, *An Anthropology of Biomedicine*, op. cit., p. 219.

Union soviétique[188]. Le corps de ces patients produit ce que les sociologues Melinda Cooper et Catherine Waldby appellent un « travail clinique »[189], c'est-à-dire une « force de travail » qui est exploitée pour produire de la « biovaleur ».

[188] Adriana Petryna, *When Experiments Travel. Clinical Trials and the Global Search For Human Subjects* (Princeton: Princeton University Press, 2009).
[189] Melinda Cooper and Catherine Waldby, *Clinical Labor : Tissue Donors and Research Subjects in the Global Bioeconomy* (Durham: Duke University Press, 2014).

Chapitre IV

Un modèle transversal

> *The medical advances that may be possible through nanotechnologies range from diagnostic to therapeutic, and everything in between*[190].
>
> Michael Berger, directeur de *Nanowerk*

Lors d'une entrevue avec Michel F., toxicologue spécialiste dans l'évaluation des nanomédicaments, ce dernier définit l'application des nanotechnologies en médecine dans les termes suivants :

> « *En fait, l'utilisation des nanotechnologies [en médecine] c'est* trois aspects*. Vous avez l'*aspect diagnostic*, c'est-à-dire dispositifs médicaux pour diagnostiquer, un meilleur diagnostic plus précoce, plus près. Vous avez un* aspect mieux soigner *donc c'est la manière de s'en servir donc c'est la vectorisation. Vous avez des principes actifs qui sont extrêmement intéressants puissants à l'heure actuelle. Qui dit puissant dit aussi toxique, ça va de pair donc mieux apporter le médicament sur sa cible. C'est un deuxième aspect. Enfin, vous avez* mieux réparer *où vous allez avoir l'utilisation de cette nanotechnologie pour reconstruire du tissu ou redonner, reconstruire. Donc en fait ce sont trois secteurs* ».

[190] Michael Berger, *Nano-Society. Pushing the Boundaries of technology* (Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2009), p. 136.

Ces « trois secteurs » ou « aspects » (*diagnostic*, *mieux soigner*, *mieux réparer*) renvoient à la médecine prédictive, à la médecine personnalisée et à la médecine régénératrice qui forment le triptyque constitutif de la transversalité de la nanomédecine et constituent, chacune à leur façon, des portes d'entrées vers la compréhension de l'originalité des différentes problématiques biomédicales recoupant son modèle technoscientifique. Ce sont ces problématiques que nous aborderons dans ce chapitre. Mais, en premier lieu, il est important d'expliciter clairement sur quel fondement s'appuie cette transversalité : qu'est-ce qui la rend possible ? Nous allons voir qu'elle s'ancre dans un discours moléculaire qui en constitue la condition de possibilité.

I – Les sources moléculaires de la transversalité

Le caractère transversal de la nanomédecine incarne l'ambition de cette dernière de ne pas simplement être un nouveau domaine médical qui viendrait se greffer à ceux déjà existants, mais d'être le point de départ d'une nouvelle manière d'envisager les soins de santé où la pratique médicale prendrait les traits d'une technomédecine-moléculaire englobant l'ensemble du processus de soin. Cet ambitieux programme transparaît dans des propos comme ceux de Michael Berger, cités en exergue de ce chapitre.

Plus précisément, la nanomédecine est identifiée à un modèle biomédical capable à la fois d'identifier et de traiter toutes formes de pathologie *et* de contrôler techniquement les processus de la croissance et de la régénération biologique. Ce potentiel s'enracine dans la molécularisation du discours et de la pratique médicale. C'est en effet au niveau de son échelle d'action technique (le nanomètre) que la nanomédecine fonde sa transversalité qui

représente l'aboutissement pratique du paradigme moléculaire pour lequel les mécanismes de la santé comme de la maladie sont déterminés à cette échelle. Le professeur Kewal K. Jain explique par exemple que : « *physiological and pathological processes at cell level occur on nanoscale* »[191]. Les technologies nanométriques agiraient ainsi, selon l'expression de Boisseau et Loubaton, à « l'échelle idéale » pour la médecine[192]. La définition suivante est explicite sur ce point :

> « Nanomedicine […] refers to highly specific medical intervention at the molecular scale for curing disease or repairing damaged tissues, such as bone, muscle, or nerve. A nanometer is one-billionth of a meter, too small to be seen with a conventional lab microscope. *It is at this size scale – about 100 nanometers or less – that biological molecules and structures inside living cells operate* »[193].

Fondée sur l'*a priori* théorique selon lequel l'action de la nanomédecine se situe au niveau même des processus biologiques fondamentaux, cette définition montre que sa transversalité s'articule à partir de l'échelle nanométrique. La rhétorique moléculaire est la pierre angulaire au fondement de la justification des discours sur l'étendue du spectre d'action de la nanomédecine et de ses possibilités techniques. Un autre exemple de l'importance fondatrice du discours moléculaire nous est donné par une citation du célèbre physicien Richard E. Smalley reprise abondamment dans le milieu de la nanomédecine. On la

---

191 Kewal K. Jain, « Nanomedicine: Application of Nanobiotechnology in Medical Practice », *Medical Principles and Practice* 17 (2008), p. 90.

192 Patrick Boisseau et Bertrand Loubaton, « Nanomedicine, nanotechnology in medicine », *Comptes Rendus Physique* 12, n° 7 (septembre 2011): p. 620-636. Voir la section 3 de l'article « Nanotechnology in medicine: the ideal scale ».

193 Définition provenant du site Internet de la NIH Nanomedicine Roadmap Initiative aux États-Unis : https://commonfund.nih.gov/nanomedicine/overview.aspx [consulté le 08/11/2012].

retrouve notamment en épigraphe du site Internet de l'Alliance for NanoHealth[194] et en ouverture de plusieurs conférences[195] :

> « *Human health has always been determined on the nanometer scale;* this is where the structure and properties of *machines of life* work in every one of the cells in every living thing. The practical impact of nanoscience on human health will be huge » [italiques ajoutés].

L'utilisation de la métaphore machinique met ici en évidence l'indissociabilité du fondement moléculaire de la transversalité et de sa finalité de contrôle technique de la santé. C'est non seulement l'accès aux structures et propriétés moléculaires des « machines de la vie » (*machines of life*) à la source de la santé humaine, mais aussi leur maîtrise technique qui en constitue la condition de possibilité. Loin d'être neutre, une telle métaphore exprime la logique d'ingénierie caractéristique de la pensée moléculaire et inhérente à la nanomédecine. Issue d'un article de présentation des innovations nanomédicales, cette citation est typique de la perspective d'ingénierie moléculaire propre à la nanomédecine :

> « It is interesting to note that *biologic systems are inherently composed of nanoscale building blocks*. The width of a DNA molecule is approximately 2.5 nm. The dimensions of most proteins are in the range of 1.0 to 15.0 or 20.0 nm, and the width of cell membranes is in the range of 6–10 nm. […] *basic life processes take place on the nanoscale* […]. In this way, protein (basic compo- nents of all organelles) *acts as building elements for bio-nanomachines*. Nanotechnology makes additional use of biological components *to design and construct machinery at the molecular level*. *It could thus make cellular engineering possible*, *by designing living cells to perform certain tasks, produce specific molecules, or link biological processes with man-made technology, such as computer chips, and in this way enable scientists to control them*. […] Thus nanobiotechnology *extends the language of engineering* […] The fact that biological processes are in a way dependent on molecular

[194] http://www.nanohealthalliance.org

[195] Par exemple, Patrick Boisseau (directeur du programme nanomédecine au CEA-Leti en France) l'utilise régulièrement en ouverture de ses conférences. Entre autres : Patrick Boisseau. Nanomedicine to 2020. *Nanomedicine in Europe: present and for the future.* Brussels: Eur. Parliament (2nd June 2010) [http://www.eurosfaire.prd.fr/7pc/doc/1276500644_nanomedecine_patrick_boisseau_02_06_2010.pdf].

> machines and clearly defined structures shows that building new nanomachines is nowadays physically possible »[196].

Permettant d'« étendre le langage de l'ingénierie » (*extends the language of engineering*), les applications nanomédicales visent clairement à augmenter le niveau de raffinement du contrôle technique de la santé au niveau des composantes élémentaires du système biologique humain, lequel est appréhendé sur le modèle d'une biomécanique composée de « briques nanométriques » (*nanoscale building blocks*) manipulables à souhait. Une telle perspective n'est pas sans rappeler les racines drexleriennes du projet nanomédical voulant que les nanotechnologies, à la manière d'un jeu de Lego, n'auraient, pour guérir, qu'à remettre en place les configurations moléculaires « incorrectes » dans un « ordre fonctionnel » :

> « Nous utiliserons la technologie moléculaire pour guérir, parce que *le corps humain est fait de molécules*. Une personne âgée, un malade ou un blessé souffrent tous de configurations d'*atomes incorrectes*, qu'ils soient mal placés à cause du temps écoulé, d'une invasion de virus ou d'un accident de voiture. Des dispositifs capables de réarranger les atomes pourront les remettre à la bonne place. Les nanotechnologies apporteront une percée fondamentale en médecine. […] Les désordres physiques prennent leur source dans la désorganisation des atomes ; les machines réparatrices pourront restaurer la santé puisqu'elles pourront replacer les atomes dans un *ordre fonctionnel*. […] En travaillant cellule par cellule et tissu après tissu, elles régénéreront des organes entiers […]. Comme nous sommes constitués de molécules et que nous sommes soucieux de notre santé, nous utiliserons les machines moléculaires en médecine »[197].

La condition de possibilité de la transversalité de la nanomédecine repose ainsi sur la représentation d'un système biologique dont l'état de santé tient à la configuration de ses composantes moléculaires. Composantes pouvant être manipulées, transformées,

---

[196] Chandana Mohandy et al., « Nanobiotechnology: Application of Nanotechnology in Therapeutics and Diagnosis », *International Journal of Green Nanotechnology: Biomedecine* 1 (2009), p. B25. [Italiques ajoutés]
[197] K. Eric Drexler, *Engins de création. L'avènement des nanotechnologies*, op. cit., p. 125, 133 et 138.

réorganisées grâce aux technologies nanométriques. Ceci dit, nous allons maintenant entrer dans l'analyse proprement dite des trois branches de la transversalité : la médecine prédictive, la médecine personnalisée et la médecine régénératrice.

II – Prédire la maladie, contrôler la santé future : la logique *a*symptomatique du nanodiagnostic

Dans un document de la Plateforme technologique européenne en nanomédecine (PTEN), on pouvait lire que, « [i]n nanodiagnostics, the ultimate goal is to identify disease at the earliest stage possible, ideally at the level of a single cell »[198]. L'une des grandes promesses de la nanomédecine est en effet de développer de nouvelles technologies de diagnostic capables de détecter une maladie le plus précocement possible grâce à la recherche de marqueurs biologiques (les biomarqueurs). Référant à toute altération cellulaire au niveau de l'ADN, de l'ARN ou des protéines, les biomarqueurs sont des caractéristiques moléculaires qui peuvent être « objectivement » mesurées et évaluées comme indicateurs du fonctionnement normal ou pathologique des processus biologiques[199]. Ils sont considérés par un grand nombre de chercheurs comme étant l'essence même d'une maladie en gestation[200].

198 European Technology Platform on Nanomedicine, *Vision Paper and Basis for a Strategic Research Agenda for Nanomedicine* (Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, septembre 2005), p. 6.

199 Kewal K. Jain, *Biomarkers: Technologies, Markets and Companies* (Basel: Jain PharmaBiotech Publications, 2007).

200 Margaret Lock, « The future is now. Locating biomarkers for dementia », in *Biomedicine as Culture. Instrumental Practices, Technoscientific Knowledge, and New Modes of Life*, éd. par Regula Valérie Burri et Joseph Dumit (Routledge, 2010), p. 61-86.

Le nanodiagnostic se développe plus particulièrement à partir de deux grandes voies : la détection moléculaire *in vitro*[201] et *in vivo*[202]. Le diagnostic *in vitro* (dit aussi diagnostic décentralisé) se développe notamment par la production de « biopuces » (*microarrays*), utilisant des molécules biologiques pour analyser des échantillons cellulaires (gènes ou protéines et propriétés physico-chimiques particulières), et de « laboratoires sur puce » (*lab-on-a-chip*) qui sont des systèmes sur puce permettant de réaliser l'ensemble des étapes d'une analyse en laboratoire, du traitement de l'échantillon au diagnostic proprement dit. Le diagnostic *in vivo* réfère quant à lui, en général, à la détection de molécules par le moyen de techniques d'imagerie moléculaire utilisant des nanoparticules comme agents de contraste. Ces nanoparticules, aux propriétés physico-chimiques particulières, sont capables « […] de cibler et de s'attacher à certaines molécules et de rendre ainsi détectables des processus moléculaires au sein de la cellule »[203]. Le nano-diagnostic développe également des dispositifs de détection implantables à l'intérieur du corps permettant des mesures biologiques continues, destinés pour l'essentiel aux maladies chroniques (SIDA, diabètes, etc.).

Ainsi, contrairement à des spécialités comme l'épidémiologie, recherchant des éléments pathogènes externes (virus ou bactéries), ou à l'anatomie pathologique, observant les changements morphologiques des tissus, la nanomédecine s'intéresse essentiellement à la détection des signes de la maladie avant même qu'une personne ait commencé à être malade. Le nanodiagnostic génère ce que Margaret Lock appelle un *premonitory knowledge*, c'est-à-dire une forme de savoir qui cherche, dans la condition biologique présente, les éléments

201 Analyses *extra*corporelles, c'est-à-dire hors de l'organisme.

202 Analyses *intra*corporelles, au sein même de l'organisme.

203 CEA, *Nanobiotechnologies-Nanomédecine : quels espoirs, quelles limites ?* (Gif-sur-Yvette: CEA, 12 juin 2007), p. 8.

prédictifs de sa condition future en rendant cette dernière calculable[204]. La mise en évidence de certains biomarqueurs sert à produire une connaissance prédictive de l'histoire « naturelle » du développement pathologique à venir afin d'intervenir le plus tôt possible. La nanomédecine se fonde par conséquent sur un raisonnement prédictif qui oriente sa conception du diagnostic selon une logique *a*symptomatique, laquelle implique un modèle particulier de conceptualisation du pathologique caractéristique de son orientation moléculaire.

II. I – Le modèle de la « cascade » :

« L'établissement d'un diagnostic, peut-on lire dans *Le grand dictionnaire terminologique* de l'OQLF, implique un *mécanisme intellectuel* par lequel le praticien convertit les observations dont il dispose (signes et symptômes, données d'interrogation de la personne ou de ses proches, résultat des examens ou des tests subis par la personne, etc.) en *entités conceptuelles* lui servant d'une part à reconnaître les causes et les signes de l'affection et à les expliquer en vue d'une action préventive ou curative, et d'autre part à la différencier des affections voisines en fonction du *système nosographique* auquel il se réfère »[205]. Cette définition suggère qu'un diagnostic n'a pas d'existence propre en lui-même, mais qu'il relève d'un « mécanisme intellectuel » se référant à un ensemble de catégories conceptuelles pré-existantes et légitimées par l'institution médicale qui permettent l'élaboration d'un plan

[204] Margaret Lock, « The eclipse of the gene and the return of divination. », *Current Anthropology* 46 (2005), p. S47-S70.

[205] Voir la définition de « diagnostic » proposée sur le site Internet du *Grand dictionnaire terminologique* de l'Office québécois de la langue française : http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=8366863 [italiques ajoutés]

d'action par le médecin[206]. Quelle que soit la nature des faits qu'il interprète, le diagnostic renvoie à un processus interprétatif et décisionnel, circonscrit théoriquement et historiquement, qui aura une profonde influence sur la construction de l'expérience subjective (identité et sentiments) et l'existence sociale (interactions avec autrui, stratégies de vie) du patient qui recevra le diagnostic[207]. En ce sens, le processus de diagnostic implique *a priori* une représentation spécifique de la nature, de l'origine et du développement du pathologique à laquelle se rapporte non seulement le médecin, mais aussi le patient.

Dans le cas précis du nanodiagnostic, sa logique asymptomatique est liée à une conceptualisation du pathologique qui s'enracine dans les origines moléculaires de la nanomédecine. Selon l'expression de la philosophe Marianne Boenink, cette dernière se fonde sur un modèle de conceptualisation du pathologique que l'on peut décrire à partir de la métaphore d'une « cascade »[208]. Basé sur la connaissance du fonctionnement des processus moléculaires, le modèle de la cascade comprend la maladie d'après le schéma suivant : des mutations moléculaires au sein de la cellule mènent à des changements au niveau cellulaire qui transforment le fonctionnement des tissus et des organes et causent des symptômes, des signes et des expériences subjectives de mal-être (**schéma 2**).

Ce modèle considère la maladie comme un processus dynamique dont la source se trouve au niveau de l'altération des composantes intracellulaires, c'est-à-dire des unités fondamentales du vivant. Il porte l'attention sur le développement temporel du pathologique et les relations de cause à effet entre ses différents stades. Une telle conceptualisation va au-

---

206 Annemarie Goldstein Jutel, *Putting a Name to It: Diagnosis in Contemporary Society*, 1re éd. (Johns Hopkins University Press, 2011), p. 13.

207 Kathy Charmaz, « Loss of Self: a Fundamental Form of Suffering in the Chronically Ill », *Sociology of Health & Illness* 5, no 2 (1983), p. 168–195.

208 Marianne Boenink, « Molecular medicine and concepts of disease: the ethical value of a conceptual analysis of emerging biomedical technologies », *Medicine, Health Care and Philosophy* 13, no 1 (2010), p. 11-23.

delà de la simple représentation « ontologique » de la maladie comme altération d'un état de nature[209]. Raisonnement que l'on retrouve, notamment, à la base de l'anatomo-pathologie classique qui ne s'intéresse pas au processus précédant l'altération de l'état biologique. Cherchant à objectiver les éventuelles corrélations entre les facteurs de risques mis en évidence par les biomarqueurs et les maladies auxquelles ceux-ci pourraient se rapporter, la nanomédecine transcende le raisonnement épidémiologique sous-jacent à la médecine préventive et pousse vers de nouvelles avenues la médecine prédictive, telle qu'elle s'est développée jusqu'à présent avec la génomique. Elle cherche non seulement à saisir les conditions de possibilité d'émergence du pathologique le plus en amont possible, mais également à prédire l'ensemble des stades de son développement pour intervenir le plus tôt possible.

Schéma 2

Conceptualisation du pathologique d'après la théorie moléculaire



[209] Ibid. p.17.

II.II – « Avoir de l'avance sur la maladie » :

Pierre B., radiologiste et chercheur travaillant sur l'application des nanoparticules pour l'imagerie médicale en milieu clinique, résume comme suit le raisonnement caractéristique du nanodiagnostic : « *Ça [la nanotechnologie] permettra d'avoir des outils pour être plus prédictif, de faire des diagnostics plus précoces. [...] comme on va faire le diagnostic très amont,* on va avoir de l'avance sur la maladie ».

Le modèle du nanodiagnostic suggère non pas que les biomarqueurs révèlent la présence d'une maladie, mais en prédisent le développement. Ils sont considérés comme faisant partie intégrante de la définition d'une maladie car ils en incarnent statistiquement la « présence ». Ainsi, une patiente à qui l'on détecte par *microarrays* un marqueur associé au cancer du sein « a » ce cancer[210], même si la présence de la maladie n'est qu'embryonnaire ou, plutôt, virtuelle. L'analyse moléculaire nous confronte en fait à une situation paradoxale où la preuve de la maladie repose sur son absence, c'est-à-dire sur des signes non-accessibles au champ perceptif[211]. Le présent de la maladie se définit en fonction d'un futur probabiliste, ayant pour effet d'introduire un raisonnement prédictif à la base duquel les faits objectifs sont définis à partir de corrélations de facteurs moléculaires de risques. Et cela malgré le fait que les relations de causes à effets entre la détection des prédispositions moléculaires et le développement futur de certaines maladies soient loin d'être évidentes. Une publication récente du gouvernement français sur la médecine prédictive notait par exemple que, en l'état actuel de l'avancement scientifique, prévoir avec précision le passage du génotype au

210 DaoHai Zhang et al., « Reliability of Tissue Microarrays in Detecting Protein Expression and Gene Amplification in Breast Cancer », *Modern Pathology* 16, n° 1 (janvier 1, 2003), p. 79-85.

211 Alexandra Dürr et al., « Enjeux de la médecine prédictive en neurogénétique : quelle place pour l'homme ? », *Champ psychosomatique* 55, n° 3 (2009), p. 84.

phénotype ainsi que la gravité et l'âge d'apparition d'une maladie reste quasi-impossible pour les maladies multifactorielles qui représentent la plupart des pathologies courantes[212].

Fondé sur une temporalité médicale tournée vers l'avenir de la santé (pour en prédire une éventuelle altération) plutôt que sur la présence effective de la maladie, le « mécanisme intellectuel » du nanodiagnostic se comprend donc comme la mesure quantitative du degré de risque, soit de probabilité de développement d'une pathologie en gestation. Comme le remarque le fameux biologiste américain Leroy Hood, le raisonnement prédictif vise à « *interrogating health rather than disease* »[213]. Ce raisonnement oriente entièrement le développement de la nanomédecine qui s'intéresse moins à combattre la maladie, qu'à maintenir la santé par le contrôle technologique de son état futur, exprimant une profonde transformation de la finalité de la pratique médicale qui redéfinit non seulement sa temporalité, mais aussi de manière concomitante son territoire d'intervention.

II.III – La production technologique du corps à risque du *patient-en-devenir* :

Le raisonnement asymptomatique et prédictif de la nanomédecine nous confronte à un brouillage de la frontière entre le corps normal et le corps pathologique, au milieu desquels émerge le corps à risque du « patient-en-devenir » (*patient-in-waiting*)[214]. Le statut probabiliste de la catégorisation prédictive induit un état d'incertitude médical qui génère

[212] Mathilde Reynaudi et Sarah Sauneron, « Médecine prédictive : les balbutiements d'un concept aux enjeux considérables », *La Note d'analyse* n° 289 (octobre 2012), p. 4-5.

[213] Leroy Hood, « A Vision for Personalized Medicine », *MIT Technology Review* (9 mars 2010), http://www.technologyreview.com/news/417929/a-vision-for-personalized-medicine/.

[214] Timmermans et Buchbinder définissent le patient-en-devenir « as an umbrella concept for those under medical surveillance between health and disease ». Stefan Timmermans et Mara Buchbinder, « Patients-in-Waiting: Living Between Sickness and Health in the Genomics Era », *Journal of Health and Social Behavior* 51, n° 4 (décembre 1 2010), p. 408.

cette nouvelle figure d'un patient asymptomatique se situant dans une zone intermédiaire à la frontière de la santé et de la maladie, du normal et du pathologique. Alors que la biomédecine conçoit traditionnellement son objet par rapport à un corps pathologique défini par la présence de symptômes avérés en opposition à un corps normal asymptomatique, la nanodiagnostic conçoit son objet par rapport à un corps à risque produit par les nouveaux dispositifs techniques de diagnostic moléculaire. Ce sont en effet ces nouvelles technologies qui, avec les informations qu'elles produisent, donnent consistance à ce corps virtuellement porteur d'une maladie en devenir[215], inversant le rapport présence/absence caractéristique de la médecine clinique. Elles sont, à l'image du laboratoire sur puce, des « objets inter-médiaires »[216], c'est-à-dire des supports, des vecteurs de la pensée moléculaire qui matérialisent son système de pensée et de classification *et* à partir desquels se construit le corps à risque. Le pouvoir normatif du savoir médical est matérialisé dans ces nouvelles technologies capables d'effectuer le travail de traitement et d'analyse d'un processus de diagnostic sans forcément avoir besoin de la présence d'un médecin.

Pierre B. remarque ainsi que « *pour le [nano]diagnostic on a vraiment un saut technologique majeur parce que vous avez l'entrée d'une nouvelle science, la physique de l'information, l'électronique, le microprocesseur*. […] *C'est le fait de traiter de l'information qui est important* ». Bien que ce « saut technologique » ne soit pas propre à la nanomédecine, mais s'enracine plus profondément dans la dynamique de molécularisation, cette remarque met en évidence le fait que ce changement d'optique du savoir médical vers la connaissance du futur biologique trouve sa condition de possibilité matérielle dans les nouvelles

[215] Regina H. Kenen, « The at-risk health status and technology: A diagnostic invitation and the 'gift' of knowing », *Social Science & Medicine* 42, n° 11 (juin 1996), p. 1545-1553.

[216] Le concept est emprunté au sociologue Dominique Vinck. Voir : Dominique Vinck, « De l'objet intermédiaire à l'objet-frontière », *Revue d'anthropologie des connaissances* 3, 1, n° 1 (2009), p. 51.

technologies de traitement informationnel[217]. En ce sens, les propos de Pierre B. font échos à ceux du biologiste Leroy Hood :

> « *Medicine is going to become an information science*. The whole health-care system requires a level of IT [information technology] that goes beyond mere digitization of medical records, which is what most people are talking about now. In 10 years or so, we may have billions of data points on each individual, and the real challenge will be to develop information technology that can reduce that to real hypotheses about that individual. […] I also think it will lead *to digitization of medicine, the ability to get relevant data on a patient from a single molecule, a single cell* »[218].

Puisque « c'est le fait de traiter de l'information qui est important », les technologies informationnelles sont la condition essentielle à la production et à la diffusion du *premonitory knowledge* caractéristique du nanodiagnostic. Ce sont elles qui donnent « réalité » à ce qui n'en a pas encore, soit le corps à risque du patient-en-devenir. En tant que vecteurs de la logique prédictive et asymptomatique de la pensée moléculaire, les technologies de nanodiagnostic produisent une « hyperréalité »[219] de l'état de santé, c'est-à-dire qu'elles font coïncider la réalité de l'état présent avec la connaissance prédictive générée par les dispositifs de diagnostic moléculaire. La réalité simulée par ces dispositifs se superpose à la réalité effective de l'état de santé et crée cette situation paradoxale d'un état de normalité anormal. Autrement dit, la présentation de la réalité simulée ou informationnelle du futur biologique devient la réalité biologique présente, une *hyper*réalité qui, d'une part, oblitère la virtualité originelle du corps à risque pour en faire une condition « réelle » en gestation et, d'autre part, masque l'opération technique productrice de cette condition.

---

[217] L'anthropologue Kaushik Sunder Rajan souligne l'importance des nouvelles technologies informationnelles comme condition de possibilités au savoir prédictif dans son important ouvrage : Kaushik Sunder Rajan, *Biocapital: The Constitution of Postgenomic Life*, op. cit.

[218] Leroy Hood, « A Vision for Personalized Medicine », op. cit.

[219] Je reprends ici le concept utilisé par Jean Baudrillard dans : Jean Baudrillard, *Simulacres et simulation* (Editions Galilée, 1981), p. 10.

II.IV – Contrôler la santé, surveiller le corps :

L'importance croissante de la place des technologies de prédiction moléculaire, remarquent Lock et Nguyen, tend à faire de chacun de nous les membres d'une même communauté : celle des malades asymptomatiques[220]. Considérant notre héritage génétique, nous sommes en effet tous susceptibles d'être porteur d'une condition à risque, voire de plusieurs. Au regard du prisme de la pensée moléculaire, nous partageons une condition biologique aussi précaire que celle du malade chronique dont il faut suivre en permanence l'évolution de l'état de santé afin de guetter la moindre défaillance biologique. À cet effet, le développement de nouvelles technologies d'évaluation permanente de la santé est l'une des priorités de la nanomédecine[221]. Caractéristique de cette priorité, les implants *in vivo*[222] sont l'un des exemples les plus remarquables de cette nouvelle forme de « médecine de surveillance »[223]. Ils dénotent l'une des conséquences majeures de la nanomédecine : *l'accroissement du contrôle médical de l'état de santé sur la base d'une surveillance technologique permanente du corps*, pouvant être directement intégrée à ce dernier.

Parmi ces nouvelles technologies de surveillance, il existe déjà des micropuces *wireless* implantables dans le corps qui permettent de surveiller en continu les changements biochimiques en réalisant diverses tâches comme l'enregistrement et la diffusion simultanés d'informations biologiques (température du corps, taux de pH, etc.)[224] ou qui permettent

220 Margaret Lock et Vinh-Kim Nguyen, *An Anthropology of Biomedicine*, op. cit., p. 331.

221 Neil Gordon et Uri Sagman, « Nanomedicine Taxonomy » (Canadian Institutes of Health Research & Canadian NanoBusiness Alliance, février 2003), p. 14.

222 Thomas J. Webster, *Nanotechnology Enabled In Situ Sensors for Monitoring Health* (Springer, 2011).

223 David Armstrong, « The Rise of Surveillance Medicine », *Sociology of Health & Illness* 17, n° 3 (1995), p. 393–404.

224 R. Bashirullah, « Wireless Implants », *IEEE Microwave Magazine* 11, n° 7 (décembre 2010), p. S14 -S23.

simplement de mesurer le taux de glucose dans le sang[225]. Certains de ces implants peuvent également être reliés à des dispositifs d'administration automatique de médicament, comme des systèmes d'injection d'insuline, qui sont déclenchés à partir des informations recueillies. On trouve également la création d'implants de reconnaissance moléculaire permettant de suivre en continu la présence de certains marqueurs sanguins[226]. Ces technologies ne sont pas uniquement destinées à des malades chroniques, mais sont aussi considérées comme des moyens de suivre en continu l'état de santé de personnes dites à risque sans nécessairement avoir besoin de recourir dans l'immédiat à l'expertise d'un médecin :

> « Diagnostic techniques based on nanotechnologies are already available. However, in the more distant future, *miniaturised devices with biocompatible surfaces could remain in the body to constantly monitor and report certain markers* to medical practitioners (for cancer or cardiovascular conditions in high-risk patients, for instance) »[227].

Plus largement, la représentation idéale guidant le développement de l'ensemble des technologies de diagnostic moléculaire est celle d'une surveillance technologique du corps qui non seulement s'intègrerait à la vie quotidienne, mais s'étendrait aussi tout au long de la vie. De la naissance jusqu'à la mort[228], le cours de l'existence serait entièrement (bio)médicalisé et sous contrôle technologique permanent :

---

225 M.M. Ahmadi et G.A. Jullien, « A Wireless-Implantable Microsystem for Continuous Blood Glucose Monitoring », *IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems* 3, n° 3 (juin 2009), p. 169 -180.

226 Paolo Fortina et al., « Nanobiotechnology: the promise and reality of new approaches to molecular recognition », *Trends in Biotechnology* 23, n° 4 (avril 1, 2005), p. 168-173.

227 European Group on Ethics in Science and New Technologies, *Opinion on the ethical aspects of nanomedicine* (Brussels: The European Group on Ethics in Science and New Technologies to the European Commission, 2007), p. 17.

228 Céline Lafontaine, *La société postmortelle* (Paris: Seuil, 2008).

> « These molecular diagnostics will become more widely used as their clinical importance is more definitively established, as molecular genotyping becomes more widely available and less expensive, and as user-friendly systems are developed to translate data on genetic variability into individualized treatment algorithms. *Ultimately, it might be envisioned that when an infant is born, a blood sample will be collected for the purpose of determining the baby's genome. That information will then be used throughout that person's life to guide primary prevention strategies, make diagnoses on a molecular basis, and individualize drug therapy* »[229].

Les dispositifs de nanodiagnostic élargissent ainsi considérablement les possibilités de surveillance technique du corps non seulement dans le temps (n'importe quand), mais aussi dans l'espace (n'importe où). Alors que les procédures de suivi de la santé étaient essentiellement circonscrites à un contrôle à l'hôpital ou dans une clinique, la miniaturisation des dispositifs de diagnostic permet aux instruments médicaux de se diffuser au-delà des murs des institutions médicales dans l'espace intérieur du corps et d'en surveiller continuellement les moindres changements physiologiques et moléculaires :

> « Medical procedures are increasingly carried out outside the hospital, clinic, or practice location. This is also referred to as *decentralization of medical care*. Nanotechnology plays a crucial role in this trend of decentralization by contributing to the miniaturisation of technology and the development of smart environments »[230].

Cette « décentralisation du soin » a pour conséquence de remettre en cause les frontières de l'intimité corporelle en renversant radicalement l'axe intériorité-extériorité, public-privé. Renversement qui est une conséquence directe des nouvelles technologies de

[229] Julie A Johnson et William E Evans, « Molecular diagnostics as a predictive tool: genetics of drug efficacy and toxicity », *Trends in Molecular Medicine* 8, n° 6 (juin 1, 2002), p. 304-305. Italiques ajoutés.

[230] Bart Walhout et al., *Nanomedicine in the Netherlands: social and economic challenges* (The Hague: Rathenau Instituut, 2010), p. 10.

l'information dont la particularité est de contribuer au rétrécissement de l'espace intime[231]. Les nanodispositifs ouvrent en effet la voie à une lecture permanente du fonctionnement des mécanismes vitaux et des comportements de santé. Comme un gant que l'on retournerait sur lui-même, le corps est entièrement mis à jour pour en évaluer en permanence les déviations et anormalités afin d'éviter tout « risque ». Cette mise sous observation constante de l'intimité biologique contribue à brouiller toute différenciation claire entre ce qui relève du privé et du public, rendant flou ce que l'on considère comme appartenant aux territoires de l'intime. Ce qui n'est pas sans soulever d'importantes questions éthiques et juridiques quant à la protection de la vie privée et du consentement éclairé[232]. Sébastien R., chimiste et toxicologue, nous a clairement exprimé ses craintes quant au développement de ces dispositifs de surveillance :

> « *Il y a un gros problème éthique. Jusqu'où va la liberté ? J'ai d'ailleurs aussi un problème avec le RFID*[233]*. On vend de la RFID à tout vent. On en est à dire « On va nano-taguer ». […] C'est nano-taguer des médicaments comme l'insuline qui permettrait simplement de dire par relais satellite à l'infirmière ou au médecin que le patient a bien pris son médicament. Ça veut dire quoi ? Ça soigne quoi ? Ça soigne rien. […] Le fait de rajouter une puce RFID ne va pas améliorer quoi ce soit à l'efficacité de l'insuline. […] Pour moi, ça, c'est un grave problème.* C'est de l'électronisation de l'homme*, un asservissement du patient et de l'homme. […] Moi, ça me fait très peur ces medical devices.* On perd une indépendance, une liberté*. Il y a un humanisme qui est perdu je pense…* ».

---

231 Céline Lafontaine, « Nouvelles technologies et subjectivité », *Sociologie et sociétés* 35, n° 2 (2003), p. 203.

232 Janet Brewer et Ogan Gurel, « Nanomedicine: Issues of Privacy and Informed Consent », *Nanotechnology Law & Business* 6 (2009), p. 45.

233 Acronyme de *Radio Frequency Identification*. « Technique qui permet d'identifier des objets en utilisant une puce mémoire ou un dispositif électronique capable, à l'aide d'une antenne radio, de transmettre des informations à un lecteur spécialisé ». Définition proposée par l'Office québécois de la langue française : http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=8362543#eng [consulté le 11/12/2012]. Pour une introduction aux problématiques soulevées par les puces RFID, consulter : Michel Alberganti, *Sous l'oeil des puces* (Actes-Sud, 2007).

III – Vers une médecine personnalisée ?

Les nanodispositifs de détection prédictive et de surveillance biologique nous confrontent à l'autre grande promesse de la nanomédecine : celle d'être une médecine personnalisée. La nanomédecine se présente en effet comme une approche médicale *patient-friendly*[234] qui permettrait à partir d'un diagnostic personnalisé d'avoir une thérapeutique « sur mesure », offrant la promesse d'une médecine qui prendrait en compte la « spécificité » de chaque patient (*tailored to individual needs*)[235]. Mais de quelle « spécificité » parle-t-on au juste ? Et qu'entend-t-on exactement par « sur mesure » ?

III.I – Individualité moléculaire et personnalisation du soin :

La nanomédecine se veut l'application la plus poussée du concept de médecine personnalisée qui doit son essor aux avancées en pharmacogénomique[236] et en pharmacoprotéomique[237], s'inscrivant elles-mêmes dans le sillon du décryptage du génome humain. Pierre B. résume cette application de la manière suivante :

---

234 Ramya Ranganathan et al., « Nanomedicine: towards development of patient-friendly drug-delivery systems for oncological applications », *International Journal of Nanomedicine* 7 (2012), p. 1043-1060.

235 European Technology Platform on Nanomedicine, *Vision Paper and Basis for a Strategic Research Agenda for Nanomedicine*, p. 15.

236 Kk Jain, « Personalized Medicine. », *Current Opinion in Molecular Therapeutics* 4, n° 6 (décembre 2002), p. 548.

237 Kk Jain, « Role of pharmacoproteomics in the development of personalized medicine », *Pharmacogenomics* 5, n° 3 (avril 2004), p. 331-336.

> « la médecine personnalisée […] c'est *l'idée qu'avant on prenait un médicament pour tout le monde, alors que maintenant on va pouvoir définir des profils par patient en fonction de son patrimoine génétique, de son métabolisme*. Tel patient il faudra en mettre plus, d'autres moins, d'autres on sait à l'avance que ça marchera pas. Donc c'est ce concept-là, *c'est d'arriver à avoir des objets qui sont plus façonnés, adaptés pour le patient spécifiquement et pas un produit qu'on va donner à tout le monde*. Moi je vois dans la nanomédecine cet aspect, l'aspect personnalisation au patient. Pour moi, c'est un concept qui est vrai et également qui va passer par des nouveaux outils qui seront soit des produits de contraste, soit des nano-sondes ou des nanos… qui vont nous aider à faire le diagnostic. […] *C'est pas une personnalisation au sens interpersonnel, psychologique ou autres. C'est vraiment la personnalisation au sens de la variabilité biologique* ».

Jusqu'au développement de la médecine moléculaire, le savoir biomédical s'est développé à partir d'une conception de la santé et de la maladie définie sur une base populationnelle. La population était le point de référence permettant de définir la normalité de l'anormalité. Les dispositifs de diagnostic moléculaire offrent cependant la possibilité d'avoir un certain nombre d'informations dont le point de référence central est l'individu lui-même. La normalité et l'anormalité ne sont plus considérées uniquement au regard de la mesure moyenne du fonctionnement biologique d'un groupe, mais comme pouvant être mesurées à partir des régularités et des variations moléculaires propres à un individu donné, c'est-à-dire en fonction des déviations par rapport aux *patterns* individuels de fonctionnement[238]. L'histoire de l'évolution biologique individuelle devient centrale. La valeur prédictive des informations issues des données fournies par les biomarqueurs se comprendrait par rapport à la comparaison des valeurs antécédentes propres au développement biologique d'une même personne.

Cependant, l'identification des biomarqueurs n'aboutit pas à une individualisation radicale du soin, malgré ce que laisse entendre l'utilisation ambigüe du concept de personnalisation dans les discours présentant les potentialités de la nanomédecine. La

[238] Boenink, « Molecular medicine and concepts of disease », op. cit., p. 18.

personnalisation du soin se comprend dans un sens plus réductionniste qui ne remet pas foncièrement en question le modèle de référence populationnel. Elle est en fait un raffinement de ce modèle sur la base d'une stratification plus poussée des groupes de patients d'après leur « *patrimoine génétique* » et leur « *variabilité biologique* ». Les dispositifs nanométriques contribuent moins au développement d'une médecine dont le seul point de référence serait l'individu lui-même qu'à celui d'une catégorisation plus fine du profil moléculaire de chaque patient permettant de développer des thérapies adaptées à des « sous-groupes » de population. Et cela afin de réduire les chances de sur-traitement ou, à l'inverse, de sous-traitement. C'est ce qu'expriment Joelle D., chercheuse en imagerie moléculaire, et Pierre B. :

> « *en fait personnaliser le traitement ça veut dire, j'ai l'impression, je prends une femme qui a un cancer du sein, je vais faire une analyse génétique pour voir, et puis une analyse de ses cellules tumorales pour voir si ça va réagir à tel ou tel traitement, si elle a tel ou tel gène qui permet de montrer qu'il y a une résistance*, enfin screener le profil biologique, génétique du malade et de la maladie et dire quel sera le traitement le plus adapté à la cible […] »

> « *on adapte déjà la dose de médicament au poids des gens, mais là ça va beaucoup plus loin, c'est-à-dire, par exemple, qu'un patient qui a une tumeur exprimera tels et tels antigènes, donc* on saura très tôt qu'il fera partie d'un sous-groupe, donc on va arriver à individualiser tellement de paramètres du malade… *que ça sera un individu spécifique qui ressemblera pas à celui d'à côté parce que celui d'à côté il aura pas de diabète, il aura 10 ans de moins et donc le traitement sera un tout petit peu différent à cause de cette différence. On va arriver à faire des paradigmes… enfin des armes décisionnelles adaptées aux multiples paramètres d'un individu* ».

La « spécificité » du patient s'élabore sur la base d'une catégorisation moléculaire à partir de laquelle se comprend concrètement le sens de l'expression médecine personnalisée. Après avoir « *screener* » son profil génétique, celui-ci est comparé à des « sous-groupes » de référence afin d'évaluer auxquels il se rapporte. Si les données utilisées réfèrent effectivement à des données individuelles, ces données ne prennent pas sens par elles-mêmes,

mais par leur confrontation empirique à une population source. Pour reprendre l'expression de Ricroch et Dekeuwer, la médecine personnalisée fait *comme si* le diagnostic était sur mesure et le patient un cas individuel, mais il reste un cas dans une série de référence statistiquement établie, quoique plus fine[239]. Les propos de May C. Morris, directrice de recherche au CNRS, exemplifient bien cette idée :

> « L'application biomédicale des outils issus de la nanotechnologie permet d'envisager l'évolution vers une médecine personnalisée, dans laquelle chaque patient et chaque cancer seront traités *comme des cas individuels*, aussi bien en termes de diagnostic que par rapport à l'intervention thérapeutique, au suivi de la maladie et la réponse au traitement »[240].

Comme l'exprimait le chercheur cité plus haut, c'est parce que le patient « *fera partie d'un sous-groupe* » que « *ce sera un individu spécifique* ». La personnalisation du soin se comprend en rapport à une conception de l'individualité définie sur la base des caractéristiques moléculaires d'un sous-groupe d'individus partageant la même condition. L'individualité biologique et, en tout premier lieu, l'individualité moléculaire sont les points de départ à partir desquels est pensé le soin. C'est sur la base de ce réductionnisme que s'élaborent les nouvelles possibilités thérapeutiques « sur mesure » qui remettent en cause le modèle pharmaceutique du *blockbuster*, dont le principe est de créer un médicament dans l'optique qu'il soit utilisable par le plus grand nombre possible d'individus[241]. L'historienne Johanne Collin remarque qu'après le paradigme de la spécificité du médicament, la perspective ouverte par « la pharmacogénétique remet au goût du jour le primat de la

---

239 Agnès Ricroch et Catherine Dekeuwer, « Enjeux éthiques de la médecine prédictive », *Droit, Déontologie & Soin* 7, n° 2 (juillet 2007), p. 190.

240 May C. Morris, « Cancer et nanotechnologie. Innovation en diagnostic, vectorisation et thérapeutique », *Rayonnement du CNRS* n° 58 (2012), p. 55.

241 Marianne Dion-Labrie et al., « Réflexions éthiques sur la médecine personnalisée: l'alliance de la science et de la médecine enfin réalisée? », *Revista Colombiana de Bioética* 3, n° 2 (2008), p. 36.

spécificité du patient, mais une spécificité objectivée, seule compatible avec la ‘‘vraie science’’»[242].

Loin de signifier la réintroduction de ce que Canguilhem considérait être la réalité individuelle et qualitative de la maladie[243], le passage d'un modèle de traitement *en masse* à un modèle *personnalisé* s'effectue sur la base d'un renouvellement du modèle biomédical qui s'est historiquement constitué à partir du rejet de l'expérience subjective du patient et de l'objectivation de son corps. La figure du patient, telle qu'elle est conceptualisée par la médecine personnalisée et reprise par la nanomédecine, s'inscrit dans cette perspective. Elle renvoie à un individu réifié à partir de ses caractéristiques moléculaires et consacre la représentation informationnelle de l'humain propre à la molécularisation[244]. Bien qu'elle soit porteuse de promesses médicales, cette conception entraîne clairement une réduction de l'homme socialisé à l'homme moléculaire. La médecine personnalisée repose ainsi sur un important paradoxe : « c'est en se faisant la plus scientifique et objective possible que cette médecine veut devenir adaptée à la situation unique de chaque patient »[245].

De ce point de vue, la nanomédecine est moins une révolution que la poursuite de l'orientation amorcée par la génétique et la génomique avec la thérapie génique, dont elle tente de ranimer l'enthousiasme déçu[246]. Sous un autre angle, la convergence de cette orientation réductionniste avec la logique « proactive » de la nanomédecine fait de celle-ci une pratique qui accentue cette mise à distance objective du patient. Son modèle

---

242 Johanne Collin et al., *Le médicament au coeur de la socialité contemporaine: Regards croisés sur un sujet complexe* (PUQ, 2006), p. 146.

243 Georges Canguilhem, *Le normal et le pathologique*, op. cit.

244 Céline Lafontaine, *L'Empire Cybernétique* (Paris: Seuil, 2004).

245 Dion-Labrie et al., « Réflexions éthiques sur la médecine personnalisée: l'alliance de la science et de la médecine enfin réalisée? », p. 60.

246 A ce sujet voir le numéro spécial « Guérir grâce à la thérapie : peut-on encore y croire ? » paru dans la version française de Technology Review : *Technology Review* n° 3 (2007), p. 42-68.

technoscientifique propose en effet de techniciser l'ensemble du processus de soin par la délégation des procédures médicales à des dispositifs techniques de plus en plus complexes capables de maîtriser les processus vitaux.

III.II – Une « personnalisation très technique » :

Si, en insistant sur la nécessité de personnaliser le soin, la nanomédecine véhicule l'espoir d'un modèle biomédical qui serait adapté à la singularité du patient et respecterait son autonomie en tant qu'être individuel, nous faisons plutôt face à un modèle qui non seulement réduit le patient à ses caractéristiques moléculaires, mais qui accorde aussi grande importance à la singularité et à l'autonomisation du dispositif technique. Fondée sur le présupposé technoscientifique selon lequel l'accroissement du degré de contrôle technique des composantes biologiques élémentaires est le moyen privilégié pour améliorer la pratique biomédicale, la nanomédecine accorde une place centrale à l'amélioration des capacités de contrôle des outils nanométriques.

Caractéristique d'une bio-ingénierie, l'intérêt principal de la nanomédecine se porte sur la singularité et l'autonomisation des dispositifs nanométriques, ne faisant du patient qu'un acteur passif et secondaire dans un processus de soin hautement technicisé et dépersonnalisé. Pour la nanomédecine, la personnalisation du soin passe par l'accroissement du degré de complexité et de maîtrise moléculaire de ces dispositifs et non par un meilleur dosage entre la nécessité d'objectivité, propre à toute pratique scientifique, et l'intégration de la subjectivité individuelle.

Parlant du concept de personnalisation, Joelle D. faisait la remarque suivante : « est-ce que ça va être une médecine personnalisée au sens d'un rapport plus personnel entre le patient et le médecin ? C'est de la *personnalisation très technique* en fait ». A ce titre, le concept de *théragnostic* est exemplaire de cette conception technoscientifique de la personnalisation.

III.II.I – Les nanotechnologies intelligentes : le cas du théragnostic

Concept propre à la nanomédecine, le « théragnostic » vise à développer des dispositifs nanométriques au design modulaire combinant le diagnostic et la thérapeutique pour réaliser un traitement « sur mesure ». Il consiste plus précisément à créer des vecteurs ou nanoplateformes multifonctions, appelés « *smart nanoparticles* »[247] ou « *smart drugs* »[248], capables, lors d'une même procédure, de réaliser un test diagnostic, de délivrer un traitement à une cible précise et de suivre la réponse à ce même traitement. Incarnant le principe de « nanotechnologies intelligentes »[249], ces plateformes multifonctions intègrent des agents de contraste, permettant une imagerie ultra-sensible, à des agents thérapeutiques adaptés au patient. Ainsi, nous dit Nicolas L., chercheur en nanopharmaceutique :

> « *[la] nanotechnologie en théragnostic, c'est vraiment* l'alliance entre l'imagerie et la thérapeutique*, c'est-à-dire avoir un objet qui permet d'être imagé, qui va aller se balader*

[247] Mauro Ferrari, « Cancer Nanotechnology: Opportunities and Challenges », *Nature Reviews Cancer* 5, n° 3 (janvier 3, 2005), p. 161-171.

[248] Mahesh Kumar Teli et al., « Nanotechnology and Nanomedicine: Going Small Means Aiming Big », *Current Pharmaceutical Design* 16, n° 16 (2010), p. 1882-1892.

[249] Patrick Couvreur, « Les nanotechnologies peuvent-elles contribuer à traiter des maladies sévères ? » (Leçon inaugurale de la Chaire d'innovation Technologique Liliane Bettencourt 2009-2010, Collège de France, janvier 21, 2010).

vers la tumeur, on va observer ça sur un écran, et par une source externe on va déclencher la libération du principe actif au niveau de la tumeur ».

L'« intelligence » de ces nano-objets tient à leurs fonctions et à leurs propriétés physico-chimiques particulières qui sont à la base de leurs capacités à se « balader » dans le corps pour aller vers les tissus ou les cellules malades afin de délivrer l'agent thérapeutique. Concrètement, les nanoplateformes sont constituées de deux parties (voir **image 2**)[250]. D'une part, un « cœur » dans lequel est encapsulé le principe actif qui sera libéré une fois la cible atteinte et qui peut être équipé d'agents de contraste pour visualiser le trajet dans le corps avec l'aide d'un dispositif d'imagerie médicale. D'autre part, une « couronne » qui constitue la partie extérieure de la nanoparticule et dont les propriétés sont à la base de sa capacité d'adressage sélectif. Ses propriétés physico-chimiques permettent à la nanoparticule de traverser facilement certaines parties du corps, comme l'endothélium vasculaire, en se rendant indétectable par les macrophages du foie, de la rate et de la moelle osseuse, et de reconnaître un tissu pour s'adresser à lui. Grâce à leurs propriétés, ces « vecteurs furtifs »[251] se déplacent dans le corps en déjouant les mécanismes de défense biologique. Patrick Couvreur, pionnier de la recherche en nanopharmaceutique, utilise explicitement l'image du « missile magique » du médecin allemand Paul Ehrlich[252] pour décrire l'effet recherché de ces dispositifs : « Grâce au développement des nanotechnologies, le *magic bullet* ou ''missile magique'' imaginé par le savant et immunologiste Paul Ehrlich est devenu réalité »[253].

---

250 Ibid.

251 Ibid.

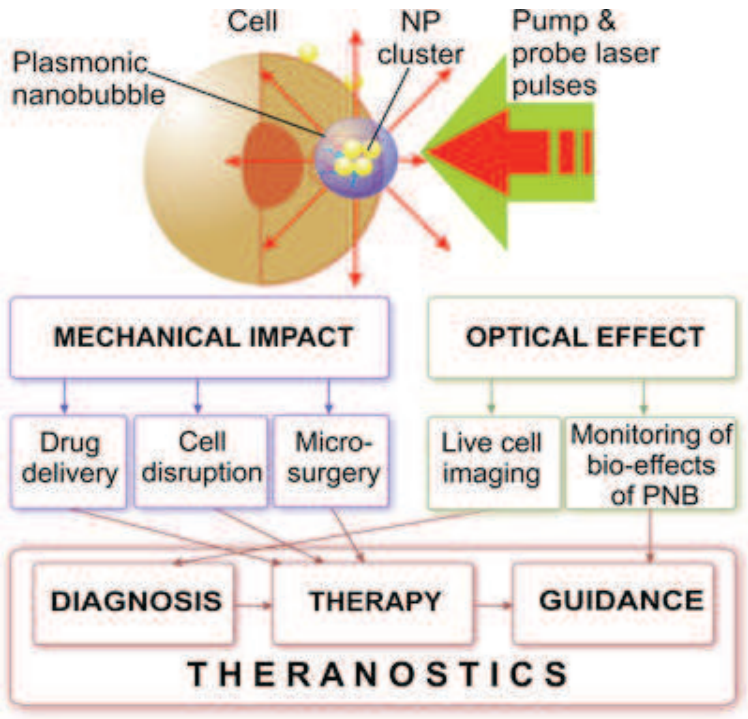
252 Célèbre pour avoir inventé la chimiothérapie, Paul Ehrlich proposa le concept de *magic bullets* en 1908 lors d'une lecture au Royal Institute of Public Health à Londres. Pour plus de détails voir : Bernard Witkop, "Paul Ehrlich and His Magic Bullets, Revisited," *Proceedings of the American Philosophical Society* 143, no. 4 (1999), p. 540–557.

253 Patrick Couvreur, « Les nanotechnologies peuvent-elles contribuer à traiter des maladies sévères ? », op. cit.

Au-delà de la référence à Paul Ehrlich visant à inscrire la nanomédecine dans la continuité d'un projet scientifique dont elle serait la concrétisation historique, l'utilisation de la métaphore guerrière du « missile magique » exprime la logique proactive sous-jacente à cette nouvelle forme d'intervention médicale, considérée comme la voie par excellence pour développer une « therapy that will take us beyond the era of 'one-size-fits-all' generic medicine to truly personalized medicine »[254]. Comme le remarquent Bernadette Bensaude-Vincent et Sacha Loeve, la métaphore guerrière rend compte de la traduction du problème thérapeutique en termes strictement d'ingénierie[255].

Image 2[256]

Principe du théragnostic



[254] Baran Sumer et Jinming Gao, « Theranostic nanomedicine for cancer », *Nanomedicine* 3, n° 2 (2008), p. 137.
[255] Bernadette Bensaude-Vincent and Sacha Loeve, "Metaphors in Nanomedicine: The Case Targeted Drug Delivery," *Nanoethics*, 2013, published on line [consulté le 22/03/2014].
[256] Michael Berger, « Plasmonic nanobubbles combine diagnosis and treatment in one theranostic method », *Nanowerk*, février 1, 2010, http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=14603.php. [consulté le 30/12/2012]

III.II.II – De l'effacement du geste médical à sa délégation aux dispositifs technologiques: la mort annoncée du médecin :

La conception de la personnalisation à laquelle nous confronte le théragnostic renvoie à une individualisation proprement technoscientifique du soin où l'emphase n'est pas mise sur l'individualité du patient comme personne, mais sur la spécificité de l'action et les critères techniques du dispositif nanométrique en lui-même. Spécificité et critères qui confèrent aux *smart nanoparticles* cette aura « magique ». Le développement d'une médecine « véritablement » (*truly*) personnalisée se comprend en effet par rapport à la capacité à faire converger les potentialités de contrôle technique en un même dispositif grâce à une « alliance » des fonctionnalités (imagerie + adressage sélectif) :

> « *Avec le théragnostic à la fois* on va voir et on va contrôler, *mais on va contrôler que le médicament qu'on veut il est bien allé dans la tumeur qu'on veut parce qu'on va le voir. Et là c'est intéressant parce qu'on contrôle en visualisant où ça va. […] on peut avoir un* contrôle à distance *et changer au dernier moment* » [Pierre B.].

Cette alliance des fonctionnalités correspond au processus de technoscientifisation de la pratique médicale propre à la nanomédecine. Le corps du patient devient accessible uniquement par la médiation d'un dispositif technologique à qui est déléguée la capacité d'agir, laissant place à une relation patient-médecin entièrement définie technologiquement. Ces deux citations de chercheurs sont explicites sur ce point :

> « *disons que la relation… c'est clair que…* en théragnostic avec l'imagerie c'est plus une relation individuelle, on est dans la technique, dans une relation technique avec le patient » [Nicolas L.].

> « La relation du toucher entre le médecin et le patient par lequel il pouvait diagnostiquer des choses ça existe de moins en moins et on passe plus par l'imagerie médicale non-invasive à distance. Donc de ce point de vue-là, effectivement je pense que les traceurs type agents de contraste éloignent. *[…] C'est clair que maintenant quand on se fait opérer l'essentiel des trucs se font par endoscopie où on voit… où finalement le médecin voit l'intérieur du corps par l'intermédiaire de petites caméras introduites et de petits scalpels.* On va vers ça. Je pense que c'est la suite logique d'aller vers des… la nanomédecine… c'est un petit peu vers la suite logique d'aller vers des trucs activables à distance. Oui, je pense qu'on va s'éloigner » [Joelle D.].

Comme le laisse sous-entendre la formule de Joelle D. « *on va s'éloigner* », cette mise à distance technologique ne doit toutefois pas se comprendre comme une rupture radicale avec la tradition médicale moderne. Pour le chirurgien Alain-Charles Masquelet, « l'évolution de la chirurgie moderne peut être lue comme l'histoire d'un double reflux : retrait de la main de l'opérateur en même temps que s'accomplit une clôture des corps souffrants »[257]. Le philosophe François Dagognet soutient également en ce sens que « la chirurgie moderne […] peut se définir par la ''mort du chirurgien'' et son élimination. Autant il aura été nécessaire pour affranchir sa discipline des limites que lui imposait son naturalisme originel, autant il doit disparaître avec et par le progrès auquel il a travaillé. La chute du Prométhée, du démiurge ou du *pater artifex* qui, plus que toute autre figure, retient l'imagination, conditionne et définit pleinement la chirurgie contemporaine »[258].

La métaphore de la « chute du Prométhée » proposée par Dagognet exprime la remise en cause du modèle de la toute puissance d'action du chirurgien par l'objectivisme scientiste moderne qui le dépossèdera graduellement de sa volonté d'action propre, de son agir opératoire. La modernité médicale a signifié la maîtrise et l'inhibition progressive du geste chirurgical et médical par sa mécanisation et sa standardisation, dont l'instrument médical va

---

257 Alain-Charles Masquelet, « La relégation du corps à corps chirurgical », in *La relégation du corps* (Paris: PUF, 2007), p. 139.

258 François Dagognet, *Raison et ses remèdes* (Presses Universitaires France, 1984), p. 153.

s'imposer comme le moyen de contrôle privilégié[259]. La mise à distance progressive du sujet agissant et de son ressenti subjectif (le toucher) par la rationalisation de la pratique médicale a constitué la garantie de sa scientificité et marqué l'émergence du rôle central de l'instrument comme médium de contrôle de la pratique.

La technoscientifisation de la médecine va cependant marquer la chute définitive du Prométhée s'aventurant dans l'intimité des viscères en faisant de la délégation systématique de l'agir humain aux innovations technologiques le fondement même d'une pratique médicale *post*-moderne, dont la nanomédecine incarne l'expression la plus achevée. La représentation du progrès médical est désormais associée au développement d'une médecine entièrement technicisée où le retrait du geste et du corps à corps apparaît comme la garantie de l'amélioration du soin. La déshumanisation de l'agir médical par sa technoscientifisation représente l'idéal du progrès de la médecine. L'emphase mise sur le développement de nouvelles technologies non-invasives, ne nécessitant plus l'intrusion dans le corps par incision cutanée, considérée comme un acte violent et incertain, est caractéristique de cette mise à distance technologique et de cette croyance en la supériorité d'une action technologique écartant totalement la subjectivité de l'agir humain. La non-invasivité du théragnostic est d'ailleurs un argument récurrent dans les discours de présentation des innovations nanomédicales qui cherchent à promouvoir leur nouveauté. On peut notamment lire dans un document de la PTEN : « radical innovations are expected in the area of activable nanomedicines using external non-invasive forces »[260].

[259] Stanley Joel Reiser, *Medicine and the Reign of Technology*, 1st ed. (Cambridge: Cambridge University Press, 1978).
[260] European Commission et ETP Nanomedicine, « ROADMAPS IN NANOMEDICINE TOWARDS 2020 », op. cit., p. 5.

III.II.III – Les nanorobots ou la technique autonomisée :

À cet égard, plus encore que le théragnostic, l'ambition de créer des *nanorobots*, c'est-à-dire des nanodispositifs entièrement autonomes capables de se déplacer librement dans le corps et de réaliser des interventions personnalisées indépendamment de toutes médiation humaine[261], symbolise au plus haut point cette dynamique de dépossession technologique du geste médical où le soignant s'efface du processus de soin. Prenant pour exemple le développement de simples systèmes électroniques, Nicolas L. nous exprimait cette problématique ainsi :

> « *[…] si on commence à travailler sur des systèmes qui sont reliés à l'électronique, on a parlé des robots, on peut envisager des micro-systèmes, des petites pompes. Il y a une société aux États-Unis qui s'appelle Microchips qui développe des microprocesseurs qui contiennent des médicaments. Alors là effectivement il y a de l'électronique derrière. Là effectivement* le médecin y sera pas. *[…]* c'est un geste qui n'est pas le geste quotidien du médecin *et ça va lui compliquer l'existence et donc… je ne sais pas du tout ce qu'il faut derrière, mais* le médecin ou l'infirmière ou l'infirmier ne sera pas là. *Ça risque de poser quelque chose de complexe.*

Malgré son caractère spéculatif et expérimental, le nanorobot symbolise au plus haut degré le principe de « nanotechnologies intelligentes » et représente l'aboutissement le plus radical de cette « personnalisation très technique » dont parlait Joelle D. Cette même chercheuse ne considère d'ailleurs pas ses recherches comme étant éloignées de la

[261] L'ingénieur Sylvain Martel, chercheur à l'École Polytechnique de Montréal, propose la définition technique suivante : « Nanorobots are defined here as micro-entities operating under feedback control and relying on parts of less than around 100 nm used to implement new embedded functionalities ». Voir : Sylvain Martel et al., « Flagellated Magnetotactic Bacteria as Controlled MRI-trackable Propulsion and Steering Systems for Medical Nanorobots Operating in the Human Microvasculature », *The International Journal of Robotics Research* 28, n° 4 (janvier 4, 2009), p. 571-582.

perspective de créer des nanorobots. Au contraire, nous dit-elle :

> « *Moi je trouve qu'on fait vraiment des nanorobots. Je veux dire on l'écrit, on le fait, on fait tourner des nanoparticules dans des cellules. On les fait osciller, on les fait chauffer. Donc est-ce que c'est différent d'un nanorobot ? Moi je pense que c'est assez réaliste ce que montrent ces trucs.* La question c'est qu'on n'est pas très loin de ça, qu'il y a une maîtrise de plus en plus importante. *[…] moi je suis souvent très étonnée des effets qui sont produits. On arrive à faire des trucs épatants. Il y a dans la tête des chercheurs des choses plus folles !* »

Loin de se cantonner au seul imaginaire drexlerien ou aux récits d'anticipation technologique, le nanorobot est considéré par cette chercheuse comme un développement tout-à-fait réaliste de la recherche biomédicale, proche de ses préoccupations et de ses propres méthodes. L'accroissement des capacités de contrôle technique des éléments biologiques fondamentaux est pour elle un signe significatif de la faisabilité de tels nanodispositifs. En cela, la logique médicale sous-jacente à l'idée de nanorobot ne diffère pas de celle qui guide le développement de plateformes nanométriques multifonctionnelles ou de simples vecteurs nanoparticulaires. Ils partagent la même conception technoscientifique du soin, ce qui amène cette chercheuse à mettre sur le même pied d'égalité le développement de nanoparticules et celui de nanorobots médicaux, malgré leurs profondes différences quant à leur complexité conceptuelle et technique. Le nanorobot est considéré dans un continuum de l'évolution de la nanomédecine, dont il représente une phase de sa complexification.

Ainsi, tout un champ de la nanorobotique se consacre au développement de nanorobots médicaux. Des chercheurs australiens et japonais ont notamment proposé un modèle possible de nanorobot capable de franchir la barrière hémato-encéphalique pour

prévenir les anévrismes cérébraux[262]. Sylvain Martel, chercheur au département de génie informatique de l'École Polytechnique de Montréal et directeur du *Laboratoire de nanorobotique*, travaille explicitement au développement de plateformes nanorobotiques autonomes[263]. Dans un article, il propose un prototype de nanorobot capable de se déplacer librement dans les vaisseaux sanguins grâce à ce qu'ils appellent un « nanomoteur »[264]. Ces recherches renvoient explicitement à la conception de la nanomédecine proposée par l'ingénieur Robert Freitas, chercheur au Foresight Institut fondé par Drexler, pour qui la création de nanorobots fonctionnels devrait être considérée comme l'aboutissement même de la nanomédecine.

Cette conception robotique de la nanomédecine soulève cependant un grand nombre de critiques de la part de chercheurs qui, sans aller à s'opposer à de telles recherches, mettent en doute la faisabilité des nanorobots dans un futur à court ou moyen terme. Marc-André A., travaillant sur la vectorisation nanoparticulaire, nous disait :

> « *[…] le problème des ingénieurs électroniciens est qu'ils ne savent pas quelles sont les pathologies. Ils ne connaissent pas non plus les aspects toxicologiques. En plus de ça, il faut se méfier des effets d'annonce. Je vais vous dire que, pour le moment, il n'y a rien. Il n'y a pas un essai clinique en phase 1 qui est en cours avec des nanorobots. Je n'ai même pas vu de publication avec des nanorobots en préclinique. Donc, ce n'est pas pour demain. Cependant, ce n'est pas pour ça qu'il faut pas s'y intéresser* ».

Ou encore, Nicolas L. :

---

262 Adriano Cavalcanti et al., « Nanorobot for Brain Aneurysm », *The International Journal of Robotics Research* 28, n° 4 (janvier 4, 2009), p. 558-570.

263 Pour consulter les recherches du Laboratoire de nanorobotique de l'École Polytechnique de Montréal, voir : http://www.polymtl.ca/recherche/rc/unites/details.php?NoUnite=160

264 Sylvain Martel et al., « Flagellated Magnetotactic Bacteria as Controlled MRI-trackable Propulsion and Steering Systems for Medical Nanorobots Operating in the Human Microvasculature », *The International Journal of Robotics Research*, op. cit.

« *Moi je ne suis pas cette littérature là, mais… attention le corps c'est fragile ! Aussi si l'on parle de médicament encore une fois, vous savez que quelques fois l'industrie pharmaceutique il y a des recherches qui sont allées très très loin et leur ont coûté une fortune et qu'ils ont été obligés de les arrêter tout simplement parce qu'un médicament a un goût bizarre et que le patient ne supporte pas l'odeur. Alors vous comprenez que quand on veut administrer des matériaux électroniques… Je ne crois pas à ces fantasmes personnellement* ».

Malgré le fait qu'elle se développe dans plusieurs laboratoires, la recherche sur les nanorobots médicaux reste un développement marginal de la nanomédecine face auquel les chercheurs sont sceptiques : « *Je n'ai même pas vu de publication avec des nanorobots en préclinique* » ou *« Je ne crois pas à ces fantasmes personnellement ».* Toutefois, malgré leur caractère expérimental et controversé, le fait que ces recherches, comme un grand nombre en nanomédecine, trouvent leur force motrice dans des laboratoires d'ingénierie symbolise l'orientation technoscientifique de la nanomédecine et la dynamique de déshumanisation de l'acte médical qui l'accompagne. Elles sont un symbole fort de l'effacement de la figure du soignant en faveur de l'ingénieur biomédical, du concepteur d'innovations en santé travaillant dans son laboratoire sans avoir de rapport immédiat avec le patient. Elles incarnent le versant radical d'une relation de soins entièrement technicisée qui ramène la médecine à une branche de l'ingénierie.

IV – La médecine régénératrice ou le (re)façonnement technique du vivant

Visant à reproduire artificiellement les processus biologiques permettant la régénération tissulaire, la médecine régénératrice est certainement le secteur de

développement de la nanomédecine qui correspond au plus haut point à sa logique technoscientifique. Isabelle V., directrice d'un laboratoire d'ingénierie cellulaire, définit la médecine régénératrice comme suit :

> « *Ma définition c'était celle-là en fait. Ce sont des approches qui sont basées* soit sur des cellules ou des molécules pour favoriser la réparation des tissus. *Alors on peut soit remplacer les cellules du tissu en faisant de la culture ex vivo de cellules et produire des cellules semblables et les transplanter ou on peut, par exemple, faire des injections d'un médicament qui va favoriser la prolifération, la différentiation des cellules souches qui sont déjà présentes dans ce tissu-là. Alors nous c'est plutôt ça qu'on fait, mais y a d'autres personnes qui vont* utiliser des biomatériaux pour favoriser la régénération. *Ils vont soit implanter des biomatériaux, des matériaux synthétiques qui sont à base de polymères, pour favoriser la croissance, la prolifération des cellules ou, par exemple, qui vont développer des biomatériaux sur lesquels ils vont ensemencer des cellules et faire la culture ex vivo et puis transplanter une structure avec des cellules puis des polymères* ».

L'approche de la médecine régénératrice consiste à combiner les principes de l'ingénierie avec ceux des sciences du vivant afin de développer des procédés permettant la régénération des tissus et organes en dégénérescence. Comme nous l'explique Isabelle V., deux approches coexistent. La première vise à créer « *des biomatériaux pour favoriser la régénération* » ou ce que les chercheurs nomment aussi des *smart biomaterials* (biomatériaux intelligents)[265]. Il s'agit de créer *in vitro* des matériaux bioactifs à base de polymères qui vont faciliter la régénération des tissus et des organes, lesquels seront par la suite transplantés dans le corps. La seconde approche consiste à régénérer les tissus et les organes endommagés *in vivo* (à l'intérieur même du corps) à partir de techniques visant à stimuler l'auto-régénération par l'injection de cellules élevées *ex vivo*.

[265] European Commission et ETP Nanomedicine, « ROADMAPS IN NANOMEDICINE TOWARDS 2020 », Op. cit., p.31.

IV.I – Aider le corps à se soigner lui-même :

L'originalité du projet de la médecine régénératrice consiste à vouloir « aider le corps à se soigner lui-même » (*help the body to heal itself*)[266]. Souvent considérée comme une nouvelle forme de la médecine de transplantation, elle se distingue cependant de cette dernière qui sous-tend une logique de remplacement ou de réparation, plutôt que de régénération. La transplantation a pour objectif de pallier à la dégénérescence d'un organe par son remplacement sans tenter d'en rétablir l'état normal. Par contraste, la régénération implique de restaurer la structure et la fonction normales d'un organe sans le substituer. Elle ne cherche pas à pallier à un dysfonctionnement organique, mais à retrouver la fonction « normale » de l'organe en en stimulant l'auto-régénération. Elle souhaite non seulement arrêter, mais aussi inverser le processus de la dégénérescence tissulaire pour, d'une certaine manière, retourner dans le temps afin de recouvrer l'état organique antérieur. Alex C., chercheur travaillant sur la neurodégénérescence, fit clairement apparaitre cette différence lorsque nous lui avons demandé de définir la spécificité de la médecine régénératrice. Pour lui, la transplantation relève bien d'une autre logique thérapeutique par rapport à ce qu'il appelle l'« auto-réparation » (*self-repair*) caractéristique de la médecine régénératrice :

> « *I guess the simplest definition that I would think about would be …* self-repair. *And I think about it at a tissue level. There is tissue damage. Can you self-repair a tissue? I would say that this sort of the core of my definition. […] Now, that is a little bit different from transplantation where you control tissues and cells outside the body and you put them back in. It's still in the overall umbrella of regenerative medicine, let's say. But in my view* regeneration is … is redoing a process that has already been done. *That's a kind of* tissue self-repair because the tissues have already been made and now have to make itself again. *Either as the result of a normal process, or as a result of damage or diseases* ».

[266] European Technology Platform on Nanomedicine, *Vision Paper and Basis for a Strategic Research Agenda for Nanomedicine*, Op. cit., p. 27.

En ce sens, l'aspect révolutionnaire de la médecine régénératrice, peut-on lire dans un rapport du gouvernement américain, serait de proposer une approche qui ambitionne de « guérir » (*curing*) plutôt que de simplement « traiter » (*treating*) les maladies : « Regenerative medicine is a revolutionnary approach that focuses on curing conditions as opposed to treating them. […] Regenerative medicine is a cure, not a treatment »[267]. C'est ce que nous dit également Jamie B., chercheur en ingénierie tissulaire : « *So you really try to cure the diseases as opposed to just treat the symptoms… regeneration implies the cellular process that… corrects or overcomes a certain disease state* ».

La médecine régénératrice trouverait ainsi son originalité dans la possibilité de guérir en arrivant à restaurer l'état de normalité physiologique d'avant la maladie. Autrement dit, elle développe des techniques qui cherchent à restaurer une normativité physiologique qui serait l'état naturel passé d'une personne. Or, cet objectif de retour à une normativité naturelle passée est en lui-même paradoxal par rapport à l'approche technoscientifique du soin qu'elle propose en pratique. En fait, l'aspect « révolutionnaire » de la régénération ne réside pas dans la restauration d'une condition biologique antérieure, mais dans le refaçonnement technique de la condition biologique présente, faisant écho à l'idéal d'« ingénierie biologique » que le biologiste Jacques Loeb tentait déjà de développer à la fin du XIXe siècle [268].

[267] U.S. Department of Health and Human Services, *2020 : A new Vision. A Future for Regenerative Medicine* (Washington D.C.: U.S. Department of Health and Human Services, janvier 2005), p. 6.
[268] Jane Maienschein, « Controlling Life: From Jacques Loeb to Regenerative Medicine », *Journal of the History of Biology* 42, n° 2 (juillet 1, 2009), p. 215-230.

IV.II – Régénérer les tissus, refaçonner le corps, améliorer le biologique :

L'expression « aider le corps à se soigner » est en elle-même hautement représentative de ce paradoxe. On cherche à rétablir un état naturel antérieur à partir d'une « aide » médicale qui implique l'intervention technique de l'être humain dans le cours du développement biologique, c'est-à-dire une intervention qui implique une transformation des processus biologiques et non pas la restauration de leur état antérieur. Voici comment Isabelle V. et Alex C. conçoivent la différence entre la médecine régénératrice et la médecine clinique traditionnelle :

> « *La différence que je pourrais voir, y a certaines nouvelles approches en médecine régénératrice qui essaient vraiment de* comprendre comment le corps se répare ou se régénère naturellement puis essaient d'améliorer ou de renforcer ces processus-là, qui sont latents dans le tissu. *Je pense que* la médecine conventionnelle va pas vraiment cibler des processus qui sont latents*, elle va cibler des processus qui sont actifs puis essayer probablement de les favoriser ou de les faciliter* »

> « *... what we call now regenerative medicine in a sense…* it's replacing tissues with newly improved tissue. *The newer aspect of regenerative medicine in my view is just* trying to stimulate the body, stimulate the tissue to heal itself *in addition to new forms of transplantations for tissues that previously we didn't even thought about doing.* ».

En s'appuyant sur la compréhension des processus naturels de la régénération tissulaire (« *comprendre comment le corps se répare ou se régénère naturellement* »), la médecine régénératrice n'a pas pour objectif de restaurer le fonctionnement normal de ces processus, mais « *d'améliorer ou de renforcer ces processus-là, qui sont latents dans le tissu* » par le recours à des techniques qui essaient « *to stimulate the body, stimulate the tissue to heal itself* ». À l'inverse de la transplantation d'organes, la médecine régénératrice vise à donner une nouvelle direction à la croissance tissulaire par le refaçonnement des processus

naturels à la base du développement biologique (« *ces processus-là, qui sont latents* »)[269]. Elle implique un ensemble de connaissances et de pratiques provenant de la biologie, de l'immunologie et de la chirurgie, mais son raisonnement pratique est celui d'une ingénierie tissulaire visant le contrôle et la transformation du biologique. En cherchant « l'auto-régénération » ou « l'auto-réparation » des tissus, son objectif en soi n'est pas tant la guérison que le refaçonnement du corps, ce qui suppose la maîtrise et la reconfiguration des processus vitaux et implique la génération d'une nouvelle normalité biologique produite techniquement.

Alors que la transplantation d'organes est fondée sur une conception mécanique et fragmentaire du corps, où les organes et les tissus sont pensés à l'image de pièces pouvant être remplacées et transférées d'un corps à l'autre, la « médecine régénératrice repose sur un modèle du corps entièrement remodelable où les distinctions entre intérieur et extérieur, entre nature et artifice tendent à s'estomper »[270]. Appliquant une véritable approche de réingénierie du corps, elle remplace la substitution d'organes ou de tissus naturels par des techniques de refaçonnement ou de remodelage organique en utilisant des biomatériaux synthétiques ou des cultures de cellules considérés comme des objets techniques.

Aussi bien le corps que les éléments utilisés pour son refaçonnement reposent sur ce que l'anthropologue Hannah Landecker appele une représentation de la « vie comme technologie » (*life as technology*)[271]. Cette représentation emprunte à la biologie moléculaire et aux biotechnologies l'idée d'une « plasticité » fondamentale du vivant, condition théorique essentielle à la mise en pratique de méthodes d'opérationnalisation du biologique. Le vivant

---

[269] Linda F. Hogle, « Life/Time Warranty: Rechargeable Cells and Extendable Lives », in *Remaking Life and Death: Toward an Anthropology of Biosciences*, éd. par Sarah H, and Lock, Margaret (Santa Fe: School of American Research Press, 2003), p. 61-98.

[270] Lafontaine, *La société postmortelle*, op. cit., p. 152.

[271] Hannah Landecker, *Culturing Life: How Cells Became Technologies*, 1re éd. (Harvard: Harvard University Press, 2010).

est fondamentalement considéré comme une matière qui peut être synthétisée, reproduite, manipulée ou transformée sans que cela n'en altère pour autant sa nature première puisque celle-ci est définie par son artificialité, sa plasticité. Fondée sur une double dynamique d'artificialisation du biologique et de naturalisation de la technique, caractéristique des nanotechnologies[272], la médecine régénératrice nous confronte à un brouillage de la frontière entre le naturel et l'artificiel, le normal et le pathologique qui est à la source de l'émergence d'une nouvelle « forme de vie » (*emergent form of life*)[273] où l'organicité du vivant s'entremêle à la facticité de l'objet technique.

[272] Bernadette Bensaude-Vincent, *Se libérer de la matière ? Fantasmes autour des nouvelles technologies* (Paris: Quae, 2004); Daphné Esquivel Sada, « Le « nanomonde » et le renversement de la distinction entre nature et technique : entre l'artificialisation de la nature et la naturalisation de la technique », Mémoire de maîtrise, Département de sociologie, Université de Montréal, avril 16, 2009.

[273] Nikolas Rose, *The Politics of Life Itself: Biomedicine, Power, and Subjectivity in the Twenty-First Century*, op. cit., p. 80.

Chapitre V

Un modèle amélioratif

La limite possible ? Moi je ne vois pas de limites !
Franchement là, je ne vois pas de limites.

Monique H., ingénieure biomédical

Dans ce chapitre, nous allons maintenant aborder la seconde dimension de notre modèle de la nanosanté : l'amélioration. Nous verrons que le modèle biomédical qu'implique la nanomédecine contribue à l'émergence d'une « médecine transhumaniste »[274], c'est-à-dire d'une ingénierie biomédicale centrée, à la fois, sur la réingénierie de la condition biologique et sur la recherche de l'autodétermination individuelle par rapport au devenir de celle-ci. En insistant sur la dimension améliorative de la nanomédecine, notre modèle de la nanosanté permet de mettre plus largement en évidence une importante dynamique de mutation concomitante de la finalité de la biomédecine et de la signification culturelle d'« être en santé » qui renvoie au nouveau régime de gouvernance de la santé caractéristique de la biomédicalisation et de l'émergence d'une « biocitoyenneté » centrée sur la recherche de l'optimisation des potentialités biologiques du corps individuel. Ce nouveau régime vise à la

[274] Ian Kerr et James Wishart, « Tsunami Wave of Science: How the Technologies of Transhumanist Medicine are Shifting Canada's Health Research Agenda, A », *Health Law Journal* Special Ed. (2008), p. 13□39.

fabrique sociale d'un certain « type d'Homme »[275] médicalisé, le « biocitoyen », dont nous verrons pour finir qu'il ne fait qu'un avec la figure du « consommateur de santé ».

I – Une médecine sans limites

Interrogés sur les limites de l'intervention nanomédicale, plusieurs chercheurs ont explicitement mentionné que pour eux « *il n'y a pas de limites* » à la nanomédecine. Pour Monique H., travaillant à la création de nouveaux biomatériaux, la limite de la nanomédecine, particulièrement du sous-champ de la régénération tissulaire, est « *infinie* » – bien que, précise-t-elle, l'état d'avancement des recherches est pour l'instant limité :

> « La limite possible ? Moi je ne vois pas de limites ! Franchement là, je ne vois pas de limites, *mais c'est vrai que le besoin actuel est plus avancé que la science.* […] *Le besoin est là, mais* la limite est infinie, la limite de la médecine régénératrice est infinie. Les possibilités c'est incroyable. *Tous les papiers qui sortent de différentes possibilités pour régénérer tout ça. Je ne sais pas si vous avez vu le papier de l'oreille qui pousse dans le dos. Comme je le disais,* il n'y a pas de limites ».

Pour Zyg N., chercheur dans le domaine de la régénération de la cornée, les connaissances scientifiques permettaient déjà de faire ce qu'il appelle des « *super-humains* » – comme le dopage dans le sport[276]. Selon lui, les nanotechnologies médicales viennent surajouter à ce potentiel une capacité d'intervention illimitée sur le corps. De plus, ajoute-t-il,

[275] L'expression « type d'Homme » est de Max Weber. Utilisée par : Bernard Lahire, *Dans les plis singuliers du social: individus, institutions, socialisations* (Paris: La Découverte, 2013), p. 116.
[276] Jean-Noel Missa, "Dopage Sportif et Médecine D'amélioration," *Journal International de Bioéthique* 22, no. 3–4 (2011), p. 93–121; Olivier Le Noé and Patrick Trabal, "Sportifs et Produits Dopants: Prise, Emprise, Déprise," *Drogues, Santé et Société* 7, no. 1 (2008), p. 191–236.

la nanomédecine est à ce point sans limites qu'il convient à l'être humain de mettre ses propres barrières à ce potentiel technologique indéfini afin d'éviter les utilisations abusives :

> « *Oui*, on peut faire des super-humains. […] *Tant mieux si on peut* faire mieux que la nature *sans avoir de conséquences négatives. Fantastique.* […] *L'humain a un potentiel extraordinaire de connaissance puis d'application de ces connaissances là, mais c'est ce que l'on fait qui est important.* Il n'y a pas de limites à la nanotechnologie et la biologie des cellules souches. Dans 20, 30 ans, on va pouvoir faire des choses extraordinaires. *Cependant, ces limites là peuvent aller du mauvais côté. Oui, il y a plein de limites qu'il faut mettre* ».

Convaincus du pouvoir interventionniste des technologies nanomédicales, ces chercheurs voient dans la nanomédecine une « médecine sans limites » qui serait capable d'intervenir à volonté sur une condition biologique dont nous avons vu dans le chapitre précédent qu'elle est appréhendée à partir de l'idée de sa plasticité fondamentale. Cette conviction rejoint la croyance démiurgique des « transhumanistes »[277] dans le potentiel de l'action illimitée des nanotechnologies sur le corps[278]. Considérant la nature humaine comme étant ontologiquement indéterminée, c'est-à-dire transgressant continuellement sa condition antérieure, le transhumanisme voit dans les nanotechnologies l'opportunité historique d'arracher l'Homme à des limites biologiques longtemps considérées immuables[279], tel le vieillissement que le biogérontologue britannique et membre actif du mouvement transhumaniste, Aubrey De Grey, pense pouvoir retarder indéfiniment[280].

---

[277] L'ensemble des détails concernant les thèses soutenues par le mouvement transhumaniste sont disponibles sur le site Internet de la World Tanshumanist Association : http://transhumanism.org/index.php/WTA/hvcs/

[278] Pour une présentation complète des thèses soutenues par le mouvement transhumaniste consulter : Michèle Robitaille, « Culture du corps et technosciences : vers une « mise à niveau » technique de l'humain ? Analyse des représentations du corps soutenues par le mouvement transhumaniste » (Thèse de doctorat: Université de Montréal, 2008).

[279] Jean-Michel Besnier, *Demain les posthumains. Le futur a-t-il encore besoin de nous ?* (Paris: Fayard, 2012).

[280] Aubrey De Grey and Michael Rae, *Ending Aging: The Rejuvenation Breakthroughs That Could Reverse Human Aging in Our Lifetime* (New York: St. Martin's Griffin, 2008).

En postulant qu'« *il n'y pas de limites à la nanotechnologie et à la biologie des cellules souches* », les propos de Zyg N. nous indiquent que le projet nanomédical est porteur d'un important changement de perspectives dans la conception de la pratique biomédicale. Ils mettent en évidence le développement d'un modèle de soin fondé sur l'*a priori* transhumaniste de la perfectibilité technoscientifique de la santé[281]. La nanomédecine est en effet porteuse d'un élargissement de la perspective biomédicale qui n'intègre plus seulement dans son champ de vision la lutte contre la maladie, mais englobe plus largement dans ce dernier un nouveau point de fuite : l'amélioration technique du biologique.

II – De la restauration à l'amélioration de la santé

Particulièrement présente chez les chercheurs dans le domaine de la régénération tissulaire, la volonté de vouloir « *faire mieux que la nature* » a souvent été mentionnée lors des entrevues. Zyg N. nous disait par exemple : « *le but de la médecine régénératrice est de se substituer à la nature* ». Même discours de la part d'Isabelle V. disant que les nouvelles approches qu'elle développe « […] *essaient vraiment de comprendre comment le corps se répare ou se régénère naturellement puis essaient d'améliorer ou de renforcer ces processus là qui sont latents dans le tissu* ». Ou encore d'Alex C. pour qui « *what we call now regenerative medicine […] it's replacing tissues with newly improved tissues* ».

Cette volonté de « *faire mieux que la nature* » renvoie à une préoccupation caractéristique de la biomédecine contemporaine. De plus en plus préoccupée par l'idée de

[281] Nicolas Le Dévédec, « De l'humanisme au post-humanisme : les mutations de la perfectibilité humaine », op. cit.

développer des pratiques qui visent « à aller au-delà de la nature » (*moving to a point after nature*), elle promet la possibilité de devenir « *better than normal* »[282] grâce aux potentialités de réingénierie du corps offertes par les technosciences et, tout spécialement, par les nanotechnologies. La nanomédecine est en ce sens porteuse d'une nouvelle conception de la pratique biomédicale orientée vers la recherche de l'« optimisation technologique »[283] du corps dans l'espoir d'en améliorer la condition au-delà des normes vitales typiques permettant le maintien de la santé. Elle nous confronte à une réorientation du modèle « classique » de la biomédecine qui s'est historiquement constitué autour du principe de la *restitutio ad integrum*[284].

II.I – A la recherche de la santé perdue :

Dans *Le normal et le pathologique*, Georges Canguilhem définissait la pratique médicale comme « une technique d'instauration ou de restauration du normal, qui ne se laisse pas entièrement et simplement réduire à la seule connaissance »[285]. Proposée dès l'introduction de l'ouvrage, cette courte définition est particulièrement intéressante pour ce qui nous intéresse ici. Canguilhem expose le principe délimitant les frontières du paradigme « classique » de la biomédecine : sa pratique a pour but de restaurer ou d'instaurer un état « normal » de fonctionnement du système biologique, soit devenu pathologique suite à une

[282] Margaret Lock et Vinh-Kim Nguyen, *An Anthropology of Biomedicine*, op. cit., p. 55.
[283] Nikolas Rose, *The Politics of Life Itself: Biomedicine, Power, and Subjectivity in the Twenty-First Century*, op. cit., p.15.
[284] Sur l'histoire de l'expérience médicale moderne consulter : Michel Foucault, *Naissance de la clinique*, op. cit.
[285] Georges Canguilhem, *Le normal et le pathologique*, op. cit., p. 8.

maladie ou à un accident, soit n'ayant tout simplement jamais été atteint du fait d'une maladie congénitale.

Pour Canguilhem, la zone d'activité de la biomédecine a historiquement été circonscrite autour de la lutte contre l'« anormalité » (le pathologique) afin de rétablir le fonctionnement « normal » du corps. Constituant la condition biologique recherchée qui guide la finalité de la pratique biomédicale, la normalité réfère à l'état de fonctionnement typique du corps évalué sur la base des critères considérés caractéristiques de l'espèce humaine et en fonction desquels est déterminée la santé ou la maladie d'une personne. La santé se comprend comme l'état biologique où la normativité du corps est maintenue, c'est-à-dire où la maladie ne se montre pas au travers de signes évidents de rupture avec l'ordre « normal ». Pour reprendre la célèbre formule de René Leriche, souvent citée par Canguilhem, « la santé, c'est la vie dans le silence des organes ». A l'inverse, le pathologique renvoie à un état de suspension de l'état de normalité du corps qui se caractérise par une condition sous-normale de fonctionnement du système biologique que la pratique médicale vise à renormaliser.

Délimitant son champ d'action à partir du principe de la *restitutio ad integrum*, la biomédecine « classique » trouve un point précis d'arrivée à son intervention lorsqu'une personne a atteint un état de santé dit typique. Son modèle de soin se comprend au regard d'une fonction thérapeutique normalisatrice ayant pour finalité le retour de la santé du corps en combattant les manifestations du pathologique, de la maladie. Autrement dit, originellement, la biomédecine a cherché à « réduire des ‘‘moins’’ » et non à « donner des

‘‘plus’’ »[286]. Elle s’est développée à partir d’un ensemble de connaissances et de pratiques cliniques orientées vers la recherche de la normalité nécessaire à la santé du corps et non vers la recherche de son altération en vue de son dépassement.

II.II – Au-delà du normal :

Or, la caractéristique fondamentale du modèle biomédical qu’implique la nanomédecine est de brouiller les territoires qui ont jusqu’à présent délimités le champ d’action de la biomédecine autour du principe de la *restitutio ad integrum*. Exprimant une dynamique de mutation profonde de l’« essence » de cette dernière, la nanomédecine nous confronte à l’émergence d’un nouveau modèle biomédical qui réoriente la pratique de la médecine d’après une logique de *transformatio ad optimum*[287], c’est-à-dire de transformation du corps en vue d’en optimiser le fonctionnement au-delà du seuil biologique idéal de maintien de la santé. Ce nouveau principe d’orientation renvoie au développement d’une médecine qui intègre la réingénierie du corps comme finalité à sa pratique. Proposée par la European Science Foundation lors du lancement de la PTEN en 2005, la définition suivante montre l’imbrication de cette nouvelle logique améliorative avec le projet nanomédical :

> « The aim of ‘Nanomedicine’ may be broadly defined as *the comprehensive monitoring, control, construction, repair, defence and improvement of all human biological systems*, working from the molecular level using engineered devices and nanostructures, ultimately to

[286] Jérôme Goffette, *Naissance de l’anthropotechnie : De la médecine au modelage de l’humain* (Paris: Librairie Philosophique Vrin, 2006), p. 9.
[287] Urban Wiesing, « The History of Medical Enhancement: From Restitutio ad Integrum to Transformatio ad Optimum ? », in *Medical Enhancement and Posthumanity*, éd. par Bert Gordijn et Ruth Chadwick, The International Library of Ethics, Law and Technology 2 (Springer Netherlands, 2009), p. 9□24.

achieve medical bene- fit »[288].

Révélatrice des ambitions de la nanomédecine, cette définition nous incite à considérer la portée des technologies nanomédicales le long d'un continuum qui inclut aussi bien la restauration, le maintien que l'amélioration technoscientifique de « tous les systèmes biologiques humains » (*all human biological systems*). Contrairement à la biomédecine « classique » qui trouve son point d'arrivée dans le retour à un état biologique dit typique, la nanomédecine ne s'arrête pas aux frontières de la normalité. Elle pointe, au-delà de cette limite, les territoires du corps amélioré, associant étroitement le « mieux soigner » à l'« optimisation technoscientifique » de la vie *en elle-même*.

En ce sens, si la nanomédecine incorpore dans sa définition l'objectif classique de restauration de la santé, la portée de son action technologique se mesure plus largement par rapport à un horizon amélioratif. L'amélioration est partie prenante de son développement et par là même du modèle biomédical qu'elle implique, ayant pour effet de repousser les limites de l'intervention médicale en brouillant la frontière symbolique qui séparait traditionnellement la guérison de l'amélioration. Avec la nanomédecine, « guérir » et « améliorer » forment un même couple dont chacune des entités tend à ne plus être distinguée pour devenir interchangeable. Issues d'un éditorial du journal *Nanomedicine*, les deux citations suivantes rendent clairement compte de la dimension améliorative des technologies nanomédicales et de l'effritement sémantique entre les termes « guérir » et « améliorer » – ici « restaurer » (*restoring*) et « améliorer » (*enhancing*) fusionnent :

[288] European Science Foundation, *Nanomedicine: An ESF - European Medical Research Councils (EMRC) Foward Look report* (Strasbourg: European Science Foundation, 2005), p. 8. Italiques ajoutés.

« Among the many applications of nanotechnology, some of the most promising, and those likely to be first on the market, are within the biomedical sciences. *These applications have the potential to impact directly the very existence of human beings by restoring/enhancing their natural abilities* »[289].

Et, à la toute fin de l'éditorial, en conclusion :

« Undeniably, nanotechnology and its applications in the biomedical sciences could provide new opportunities that could *change and improve our way of life*. The development of procedures and devices in medicine generate great hopes for *the improvement of the human condition* »[290].

II.II.I – Deux exemples de recherche « améliorative » :

Les développements nanomédicaux sont ainsi les véhicules d'une nouvelle manière d'envisager la pratique médicale à laquelle est attachée la perspective du refaçonnement technique de l'être humain. Ils sont associés à l'idée que la médecine peut grâce aux nouvelles technologies de contrôle moléculaire altérer les normes biologiques fondamentales et élargir l'horizon de la santé humaine « au-delà » du normal. A cet égard, deux exemples de projets de recherche peuvent nous aider à mieux cerner comment s'incarne l'orientation améliorative de la nanomédecine. Ils rendent particulièrement floue la ligne de démarcation entre le thérapeutique et l'amélioratif.

[289] Fabrice Jotterand, « Nanomedicine: how it could reshape clinical practice », *Nanomedicine* 2, n° 4 (août 2007), p. 401. Italiques ajoutés.
[290] Ibid., p. 405. Italiques ajoutés.

Le projet NEURONANO *: des interfaces cerveau-machine pour améliorer l'apprentissage et la mémoire*

Impliquant l'Université de Trieste (Italie), le CNRS (France), l'Université Polytechnique de Lausanne (Suisse) et l'Université de Jérusalem (Israël), NEURONANO[291] est un projet qui a été financé, entre 2006 et 2009, à hauteur de 1.800.000 Euros dans le cadre du 6ème Programme-cadre de recherche de l'Union européenne. De manière générale, NEURONANO visait à créer une nouvelle génération de matériaux pour la neurobiologie en développant des nanodispositifs implantables dans le cerveau (*neuronal nano-engineered biochips*). Plus concrètement, l'objectif était de réaliser des réseaux neuronaux artificiels qui, grâce à la taille et à la capacité conductrice de « nano-objets » (*nano-objects*), permettraient une activité électrique suffisamment profonde dans le cerveau pour venir stimuler des zones précises et traiter certaines maladies neurodégénératives. Les auteurs résument comme suit l'objectif du projet :

> « *The novel development of brain-machine interfaces capable of stimulating the cellular processes for learning and memory has been suggested as a solution of great relevance to develop new generations of cerebral implants*. Recently, the potential usefulness of treatments by brain stimulations has been indicated in the control of Parkinson's tremors. In that case, brain stimulation involves the insertion of metal electrodes deep in the brain to hit a precise neuro-anatomical target, believed to be central to the disease being treated »[292].

Cette volonté de créer de telles « interfaces cerveau-machine » traduit l'émergence de nouvelles formes de pratiques biomédicales cherchant à réingénier les processus neuronaux

[291] Pour plus de détails, consulter le site Internet du projet : http://www.neuronano.net/Homea2ce.html?section=1

[292] http://www.neuronano.net/Sections23ae.html?section=1.71 [consulté le 12 juillet 2013].

grâce aux capacités de contrôle moléculaire des technologies nanométriques. En fusionnant le naturel et l'artificiel, le projet NEURONANO cherche explicitement à transformer ces processus fondamentaux afin d'améliorer l'apprentissage et la mémoire en créant des connexions cellulaires inédites à l'état naturel.

Le Cyborg Tissue *: des tissus intelligents pour surveiller la santé*

A la fin de l'été 2012, la *Harvard Gazette* rapportait qu'une équipe de chercheurs de leur université avait réussi à « cultiver » pour la première fois un *cyborg tissue* en associant un réseau nanoélectrique à du tissu humain artificiel[293]. Ce « tissu intelligent » (*smart tissue*) est en fait une architecture tridimensionnelle de nanocanaux électriques qui a été « ensemencée » par des cellules humaines. Selon les chercheurs, cette architecture hybride extrêmement flexible est virtuellement compatible avec n'importe quoi et permet d'envisager une nouvelle génération de tissus humains multifonctionnels fusionnant l'organique et l'électronique, à l'image de la figure du cyborg[294].

Actuellement, l'équipe de chercheurs réalise des expérimentations avec des cellules vivantes afin de tester les capacités de reconnaissance chimique de leur tissu intelligent. Bozhi Tian, l'un des instigateurs du projet, pense qu'il sera possible d'intégrer une telle architecture au système biologique de l'être humain pour détecter électroniquement à

[293] Peter Reuell, « Merging the biological, electronic », *Harvard Gazette*, 26 août 2012, http://news.harvard.edu/gazette/story/2012/08/merging-the-biological-electronic/ [consulté le 12 juillet 2013].
[294] Pour une histoire détaillée du concept de cyborg dans la recherche scientifique, consulter l'ouvrage de référence suivant : Chris Hables Gray, *The Cyborg Handbook* (New York: Routledge, 1995).

distance la présence de certaines protéines associées au cancer ou à d'autres maladies[295]. Le tissu cyborg ouvre ainsi la voie à une nouvelle forme de peau et d'organes humains « *that could report on their own health* »[296]. Il permettrait autant le suivi électronique de la réponse positive à un traitement en cours que la surveillance à distance du « bon » fonctionnement du corps chez un ancien malade ou chez une personne considérée « à risque » en vue d'en optimiser la santé.

*****

En toile de fond de ces deux exemples se dégage une nouvelle manière de penser à la fois la nature de la pratique biomédicale et celle de l'être humain en phase avec la conception transhumaniste d'un corps « extensible » et « adaptable » par les nanotechnologies[297]. Ces recherches présupposent que la réingénierie de la nature première du corps, afin de créer une seconde nature « hybride » aux propriétés nouvelles plus performantes soit la condition à la base de la santé. En cherchant non pas tant à restaurer les fonctions physiques ou mentales perdues, mais à les réingénier, de telles recherches s'inscrivent directement dans la logique biomédicale de la *transformatio ad optimum*. Elles impliquent que la recherche de la santé est fondamentalement liée à des technologies de transformation améliorative de la vie *en elle-même*.

[295] Susan Young, « Innovator Under 35: Bozhi Tian, 32 - MIT Technology Review », *MIT Technology Review*, consulté le 13 juillet 2013, http://www2.technologyreview.com/tr35/profile.aspx?TRID=1295 [consulté le 12 juillet 2013].
[296] Charles Choi, « Soft Circuits May Lead To "Cyborg Tissues" », *Scientific American*, 30 avril 2013, http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=soft-circuits-cyborg-tissues [consulté le 12 juillet 2013]. Italiques ajoutés.
[297] Céline Lafontaine and Michèle Robitaille, "Entre science et utopie, le corps transfiguré des nanotechnologies," in *Les technologies de l'espoir - La fabrique d'une histoire à accomplir*, Annette Leibing (ed.) (Québec: Presses de l'Université Laval, 2010), p. 47.

III – Être en santé, être amélioré

Avec la biomédecine « classique », nous avons vu que la norme de santé était définie par rapport au fonctionnement « normal » du système biologique. Une personne était considérée en santé si son corps fonctionnait dans le cadre des normes considérées typiques de l'espèce humaine. En ligne de mire se trouvait le retour à une condition biologique « normale ». Cependant, comme l'exemplifie le projet NEURONANO ou celui du *Cyborg Tissue*, la nanomédecine est porteuse d'un modèle biomédical qui ne suppose pas tant le retour au normal que l'engendrement d'une nouvelle normativité biologique se situant « au-delà » du normal. Par conséquent, la nanomédecine implique un déplacement de la norme de santé et suppose un nouveau sens à l'idée d'« être en santé » qui intègre la réingénierie du corps en vue de son amélioration. Amélioration qui en soi n'a pas de limites compte tenu de la représentation du potentiel d'action « indéfinie » des technologies nanomédicales.

Le développement de la nanomédecine contribue ainsi à l'émergence de ce que Gregor Wolbring appelle un « modèle transhumaniste de la santé » (*transhumanist model of health*) où « être en santé » signifie avoir obtenu le maximum d'amélioration biologique en fonction des potentialités d'optimisation technoscientifique disponibles[298]. Avec ce modèle, la norme de santé se déplace de la « santé normale » vers la « santé améliorée ». L'Homme en santé est un Homme réingénié. Le corps « normal » est appréhendé à partir d'une perception négative qui le considère *a priori* comme étant défectueux. Il est tenu pour fondamentalement imparfait, limité, nécessitant une surveillance et une optimisation

[298] Gregor Wolbring, *The Triangle of Enhancement Medicine, Disabled People, and the Concept of Health: A New Challenge for HTA, Health Research, an Health Policy* (Edmonton: Alberta Heritage Foundation for Medical Research, 2005).

technique permanente – à l'image d'un logiciel qui doit être constamment mis à jour. La santé se comprend en relation à l'émancipation du normal par le refaçonnement technique du corps.

III.I – La pathologisation de la vie *en elle-même* :

Comme le rappelle le sociologue et économiste Hachimi Sanni Yaya, « [c]haque époque, fondée sur un ensemble de valeurs communes, développe une conception de la santé qui lui est propre. Elle sécrète ses propres maux et recherche des solutions adaptées à ses choix et ses préférences »[299]. Dans un contexte culturel où la réalisation de soi se pense à la croisée de la recherche de la perfection biologique[300] et de l'injonction néolibérale à être plus performant et compétitif[301], émerge une nouvelle conception de la santé en adéquation avec la volonté de dépasser ses propres limites physiques et mentales. Volonté indissociable de l'émergence de la biocitoyenneté. Sociologiquement liée au développement d'une nouvelle citoyenneté biologique, l'émergence de la conception « transhumaniste » de la santé est une réponse directe à ces finalités culturelles qui s'incarnent dans le développement de la nanomédecine. Cependant, loin d'ouvrir la voie à une humanité augmentée, ce déplacement de la norme de santé a plutôt pour conséquence d'accroître les territoires de la médicalisation en faisant entrer la vie *en elle-même* dans le domaine du pathologique et donc de l'intervention biomédicale.

[299] Hachimi Sanni Yaya, *Pouvoir médical et santé totalitaire conséquences socio-anthropologiques et éthiques* (Québec: Les Presses de l'Université Laval, 2009), p. 4.
[300] Je renvoie une nouvelle fois à l'article de Karin Knorr Cetina, « The Rise of a Culture of Life », *EMBO Reports* 6, n° S1 (juillet 2005), p. S76-S80.
[301] Pierre Dardot and Christian Laval, *La nouvelle raison du monde essai sur la société néolibérale* (Paris: La Découverte, 2010).

En définissant dans son préambule constitutionnel la santé comme « un état complet de bien-être *physique*, *mental* et *social* [qui] ne consiste pas seulement en une absence de maladies ou d'infirmité »[302], l'OMS posa les bases d'une conception de la santé qui ouvrit la porte à une pathologisation de l'existence ou, pour le dire dans les termes de Michel Foucault, à une « médicalisation indéfinie »[303]. Les éléments les plus communs de la vie, les humeurs et les comportements de chacun furent attirés vers le champ du pathologique. Ne se définissant plus directement en opposition à la maladie, le concept de santé s'est élargi au point d'inclure l'ensemble des éléments de l'existence humaine dans le spectre d'action de la médecine. La médicalisation du tabagisme dans l'ensemble des pays occidentaux et la véritable guerre de santé publique contre les fumeurs qui s'en est suivie est exemplaire de cette pathologisation de l'existence où une habitude de vie considérée tout à fait banal devient un objet médical[304].

La conception transhumaniste de la santé élève toutefois cette dynamique à son plus haut niveau de radicalité : ce n'est plus seulement l'existence humaine en tant que telle qui est médicalisée, mais aussi les éléments et processus vitaux à la base même de l'existence, la vie *en elle-même*. La dimension améliorative de la nanomédecine ne nous confronte donc pas à l'avènement prochain d'une humanité augmentée dont la supériorité biologique la délivrerait de la maladie et du recours à l'intervention médicale. Une humanité que les nanotechnologies délivreraient de toutes contraintes biologiques. Bien au contraire, elle nous confronte à l'image d'une humanité dont l'entièreté de la vie serait sous contrôle biomédical

[302] Préambule à la Constitution de l'Organisation mondiale de la santé, tel qu'adopté par la Conférence internationale sur la santé, New York, 19-22 juin 1946 ; signé le 22 juillet 1946 par les représentants de 61 États. 1946; (Actes officiels de l'Organisation mondiale de la Santé, n°2, p. 100) et entré en vigueur le 7 avril 1948. La définition n'a pas été modifiée depuis 1946. Italiques ajoutés.

[303] Michel Foucault, « Crise de la médecine ou crise de l'antimédecine ? », in *Dits et écrits II. 1976-1988*, Gallimard (Paris, 2001), p. 48.

[304] Fany Guis, "Vers un monde sans fumée : analyse sociologique du dispositif anti-tabac au Québec." (Université de Montréal, 2013).

et le corps en besoin de remodelages techniques permanent afin de répondre aux contraintes économiques et sociales du monde contemporain.

En ce sens, la transformation de la santé à laquelle participe la nanomédecine contribue à redéfinir l'espace de problématisation et d'action de la gouvernance biopolitique autour de la transformation technique de soi. Ce que permet de capturer le concept de biocitoyenneté. Nous sommes ainsi face à une profonde dynamique de politisation de l'existence biologique des êtres humains qui est moins liée à la venue de sur-hommes améliorés technoscientifiquement, qu'à celle d'individus sur-médicalisés par le moyen des innovations technoscientifiques.

III.II – Gouverner la santé, « customiser » son corps :

Lors de l'annonce officielle de l'Initiative Canadienne en Médecine Régénératrice et Nanomédecine en 2003, le Dr. Rémi Quirion, alors directeur de l'Institut canadien des neurosciences, de la santé mentale et des toxicomanies et, depuis 2011, scientifique en chef du Québec, faisait la remarque suivante : « Recognizing that Regenerative Medicine may well become *one of the most powerful tools available to improve the human condition*, the Canadian Insititutes of Health Research has embarked upon a strategic initiative to establish a national agenda for Regenerative Medicine [and Nanomedicine] in Canada *with particular emphasis on tissue engineering and artifical organs* »[305].

[305] Eric Marcotte, Molly Shoichet, and Richard Chenier, "Defining the National Strategy: Regenerative Medicine in Tissue Engineering and Artificial Organs - Executive Summary," *Regenerative Medicine & Nanomedicine*, May 2003, http://www.regenerativemedicine.ca/tissue/tissue-executive-summary-May2003.doc. [le lien n'est plus actif]. Italiques ajoutés.

La représentation de la santé qui transparaît dans cette citation repose sur l'étroite association de l'amélioration de la condition humaine avec la réingénierie de l'humain grâce aux nanotechnologies. L'accroissement des capacités de transformations techniques du corps à l'échelle moléculaire s'accompagnerait d'un accroissement parallèle du bien-être de l'humanité. Loin d'être anecdotique, cette association nous apprend que l'agenda de recherche en santé du Canada a intégré la pensée transhumaniste à son programme : il sous-tend une vision philosophique du développement de l'humanité qui associe la réalisation de soi avec le perfectionnement technoscientifique de ses capacités biologiques. Possédant des implications d'ordre normatif et prescriptif, le soutien politique au développement de la nanomédecine est le véhicule d'un projet philosophique qui fait reposer la liberté individuelle sur l'accès à des pratiques de réingénierie du corps.

Le développement de la nanomédecine renvoie ainsi plus largement au nouveau régime de gouvernance de la santé caractéristique de la biomédicalisation des sociétés occidentales et participe à une réorientation de la biopolitique vers la « customisation » de soi[306] et, en ce sens, à la production d'une biocitoyenneté. Si, comme Foucault l'avait montré, la biopolitique s'est traditionnellement développée par des pratiques de médicalisation orientées par la volonté de normaliser la santé et d'homogénéiser les corps[307], le régime biopolitique contemporain se caractérise par des pratiques de biomédicalisation visant à l'amélioration de la santé et la transformation technoscientifique individualisée du corps. En phase avec la rhétorique néolibérale du « libre choix », la biomédicalisation se déploie au travers de pratiques transformatives ayant pour finalité d'accomplir des « *desired*

[306] Adele Clarke, Laura Mamo, et Jennifer Ruth Fosket, éd., *Biomedicalization: Technoscience, Health, and Illness in the U.S.*, op. cit., p. 78.
[307] Michel Foucault, *Naissance de la biopolitique: cours au Collège de France (1978-1979)*, op. cit.

tailor-made differences »[308], c'est-à-dire au travers de pratiques technoscientifiques qui promettent d'individualiser l'intervention biomédicale en fonction des différences biologiques et des « désirs » de chacun. « Désirs » qui découlent de l'incitation culturelle à la prise en charge personnelle de sa santé en vue d'en améliorer la condition grâce aux moyens technoscientifiques disponibles.

Reposant sur l'injonction morale à l'amélioration biologique de soi, ce nouveau régime de gouvernance de la santé implique l'idée que le corps est un projet personnel en continuelle progression, dont l'accomplissement dépend de la capacité de l'individu à se transformer et à se réaliser lui-même par les nouvelles technologies biomédicales. L'importance du champ de la médecine personnalisée avec sa promesse d'intervention « sur mesure » est caractéristique de ce nouveau mode de gouvernance. Les technologies nanomédicales permettraient une individualisation de l'intervention médicale et un *management* personnalisé de la santé. Elles seraient la clé vers ce que les tenants du transhumanisme appellent la « liberté morphologique » (*morphological freedom*) :

> « What is morphological freedom? I would view it as *an extension of one's right to one's body, not just self-ownership but also the right to modify oneself according to one's desires*. […] Morphological freedom can of course be viewed as a subset of the right to one's body. But *it goes beyond the idea of merely passively maintaining the body as it is and exploiting its inherent potential*. Instead it affirms that *we can extend or change our potential through various means*. It is strongly linked to ideas of *self ownership and self direction* »[309].

De part son caractère radicalement individualiste et biologisant, cette conception transhumaniste de la liberté nous permet de mettre en évidence les présupposés biopolitiques

[308] Clarke, Mamo, et Fosket, *Biomedicalization : Technoscience, Health, and Illness in the U.S*, op. cit., p. 78.
[309] Anders Sanberg, « Morphological Freedom - Why We not just Want it, but Need it » (présenté à TransVision 2001, Berlin, 22 juin 2001), http://www.aleph.se/Nada/Texts/MorphologicalFreedom.htm [consulté le 23 juillet 2013]. Italiques ajoutés.

qui accompagnent le projet nanomédical. Caractéristique de l'émergence de ce que Foucault a appelé une « somatocratie »[310], dont le biocitoyen est la figure typique de citoyenneté, la nanomédecine rend compte d'une nouvelle forme de contrôle social du corps qui associe l'émancipation individuelle à l'instrumentalisation technique de soi, signifiant une importante transformation dans l'économie morale des politiques de santé. Ces dernières tendent vers la promotion de pratiques de customisation du corps qui font de la vie *en elle-même* une condition pathologique ouverte à l'intervention biomédicale.

III.III – Le corps désiré ou la maladie comme choix personnel : l'exemple du *modèle normatif volitif de la maladie*

L'un des exemples les plus frappants de l'enracinement culturel du nouveau mode de gouvernance biopolitique porté par la nanomédecine est sans nul doute la conceptualisation de la maladie proposée par Robert Freitas. Avec son « modèle normatif volitif de la maladie » (*volitional normative model of disease*), il considère que la nanomédecine rend désormais possible, et souhaitable, la détermination individuelle de la condition pathologique. Pour lui, la maladie devrait être le résultat d'un choix personnel réalisé sur la base de nos attentes biologiques par rapport au fonctionnement de notre corps.

Selon Freitas, la nanomédecine représente « a shift from today's molecular scientific medicine in which fundamental new discoveries are constantly being made to a molecular technologic medicine in which the molecular basis of life, by then well know, is manipulated

[310] Michel Foucault, « Crise de la médecine ou crise de l'antimédecine ? », op.cit., p. 43.

to produce *specific desired results* »[311]. L'originalité de la nanomédecine reposerait sur sa capacité technoscientifique à produire des interventions médicales fondées sur des « *specific desired results* ». C'est sur cette capacité de contrôle de la vie *en elle-même* qu'il fonde la possibilité de redéfinir le concept de maladie sur une base individuelle. Il propose « a new alternative view of disease which seems most suitable for the nanomedical paradigm »[312]. En s'appuyant sur une perspective qu'il appelle « fonctionnelle » et « idéaliste » de la maladie, Freitas postule que cette dernière devrait se comprendre non seulement comme la défaillance du système biologique par rapport à sa capacité optimale de fonctionnement, mais aussi comme la défaillance du corps par rapport à un état de fonctionnement non-désiré :

> « In the volitional normative model, *disease is characterized not just as the failure of 'optimal' functionning, but rather as the failure of either optimal functioning or 'desired' functioning*. Thus *disease may result from a failure to correctly specify desired bodily function* (specification error by the patient), a flawed biological program design that does not meet the specifications (programming design error), flawed execution of the biological program (execution error), external interference by disease agents with the design or execution of the biological program (exogenous error), or traumatic injury or accident (structural failure). Not the presence of the word or, not and, in regard to the optimal or desired function mentioned above. *If your biological function is not optimal (e.g., not executing as designed), then you are diseased*. *If your biological function is not desired, then you are also diseased*. If both situations obtain simultaneously, disease is present. Only if neither condition applies is the patient disease free »[313].

Le modèle de la maladie proposé par Freitas se comprend à partir de deux pôles : l'optimalité et la désirabilité. Dans une perspective radicalement individualiste, il associe la maladie à la volonté individuelle. L'état maladif pourrait alors correspondre à un choix personnel. En ce sens, soulignent Leontis et Agich, « Freitas thinks that not only should individual patients become active partners in their own health care (an already ongoing

[311] Robert Freitas, « Personal Choice in the Coming Era of Nanomedicine », in *Nanoethics. The Ethical and Social Implications of Nanotechnology*, par Fritz Allhoff et al. (New Jersey: John Wiley & Sons, 2007), p. 162.
[312] Ibid., p. 167.
[313] Ibid. Italiques ajoutés.

trend), but also that *their desires should control the provision of care, thus severely restricting, if not eliminating, professional medical judgment* »[314]. Au lieu de renvoyer le diagnostic de la maladie à un consensus social entre les professionnels de la santé et le patient, c'est à l'individu lui-même de décider de l'état de sa condition. La volonté personnelle est ici l'ultime juge.

D'un point de vue moral cette conception hyper-individualiste de la volonté individuelle implique que chacun soit son libre-arbitre. Elle présuppose une volonté ontologiquement « pure » capable de s'exprimer sans restrictions sociales et culturelles. Reprenant le modèle de l'agent économique rationnel (*homo oeconomicus*), une telle conception n'est évidemment pas neutre. Elle fait écho aux nouvelles stratégies biopolitiques néolibérales. La vision de Freitas fait reposer le poids de la santé sur la responsabilité individuelle à contrôler sa propre destinée biologique. Destinée qui, avec la nanomédecine, ne serait plus un *fatum*, mais un espace ouvert sur lequel on peut et doit agir techniquement d'après sa « volonté ».

La nanomédecine permettrait donc d'avoir une main mise sur la destinée biologique individuelle et offrirait l'opportunité d'une amélioration des capacités physiques selon l'état désiré par chacun. Pour Freitas, le corps humain n'est désormais plus un bastion de la naturalité, un lieu sacré et inviolable laissé aux aléas naturels : « Now we are set to embark upon an era in which our natural physiological equipment may for the first time in history become capable of being altered, improved, augmented, or rendered more comfortable or convenient, due to advances in medical technology »[315]. La transformation des éléments et

[314] Vassiliki L. Leontis et George J. Agich, « Freitas on Disease in Nanomedicine: Implications for Ethics », *Nanoethics* 4, n° 3 (1 décembre 2010), p. 209. Italiques ajoutés.
[315] Robert Freitas, *Nanomedicine.Vol. I: Basic Capabilities'* (Austin, TX: Landes Bioscience, 1999), p. 25.

des processus vitaux permettrait alors d'élargir l'horizon de notre liberté : « Nanomedical alterations to the brain and other physical systems may give us *vastly expanded freedom to be who we choose to be* »[316]. Cette association entre liberté individuelle et altération du biologique nous ramène à la rhétorique transhumaniste de la réalisation de soi que nous retrouvons au cœur de la conception du patient sous-jacente au développement de la nanomédecine et dont rend compte plus largement le concept de biocitoyenneté.

IV – De l'Homme amélioré au consommateur de santé

Nous confrontant à l'émergence d'un modèle biomédical amélioratif qui brouille les frontières entre la guérison et l'amélioration, la nanomédecine implique la réingénierie de l'humain. C'est pour cette raison que nous pouvons caractériser la nanomédecine de « médecine transhumaniste ». Le développement d'une telle médecine se comprend sociologiquement dans le contexte d'une transformation culturelle de la conception de la santé et de la forme de la médicalisation en lien avec les exigences d'une *performance-enhancing society*[317]. Cette dernière fait de l'amélioration de la condition biologique un prérequis indispensable à la performance compétitive de l'individu contemporain, incité à la prise en charge de sa destinée biologique. Destinée biologique de plus en plus renvoyée aux nouvelles pratiques biomédicales de *customisation* du corps afin d'accroître les potentialités de ce dernier.

[316] Ibid.
[317] Christopher Coenen et al., « Human enhancement study », *European Parliament. Report no.: IP/A/STOA/FWC/2005-28/SC35, 41 & 45* PE 417.483 (mai 2009), p. 45.

La nanomédecine implique de la sorte une dynamique de biomédicalisation en conformité avec les finalités politiques néolibérales centrées sur la performance et l'autonomie individuelle. Elle s'inscrit au cœur des nouvelles stratégies biopolitiques contemporaines qui contribuent à la fabrique d'un certain « type d'Homme » médicalisé : le biocitoyen. Celui-ci ne renvoie pas à la figure du « patient passif » (*passive patient*) dépendant de l'expertise du médecin dans la définition de sa condition et des moyens de sa prise en charge, mais à celle du « consommateur de santé » (*consumer* ou *consumerist*) activement impliqué dans la prise en charge personnelle de son devenir biologique et à la recherche d'autonomie par rapport aux experts médicaux[318]. Ceci est particulièrement clair dans un article de la revue *Wired*, « Dreaming about Nano Health Care », dans lequel Alex Pentland, alors directeur du Health Special Interest Group au MIT, propose une vision future de l'industrie de la santé sous l'influence grandissante des nanotechnologies :

> « My basic idea is that *new tools are giving consumers - not patients - the ability to take control of their health and maintain their lifestyle*. That will be the main front line where *people take care of themselves, learn about themselves and take action for themselves*. Rather than a doctor contending only with the sick or the 'worried well,' they may find a much more informed populace coming to their doorstep »[319].

La nanomédecine est liée à une dynamique de « consumérisation » de la médecine[320]. Comme le rappellent Tritter et al., « healthcare has historically been organised around the needs and convenience of the experts and assumed that patients find their way to the place

[318] Deborah Lupton, « Consumerism, reflexivity and the medical encounter », *Social Science & Medicine* 45, n° 3 (août 1997), p. 373-381.
[319] Mark Anderson, « Dreaming About Nano Health Care », *WIRED*, 14 novembre 2000, http://www.wired.com/science/discoveries/news/2000/11/40166 [consulté le 25 juillet 2013].
[320] Saras Henderson and Alan R. Petersen Ph. D, *Consuming Health : The Commodification of Health Care* (London: Routledge, 2002).

where clinical knowledge resides »[321]. Cependant, sous l'influence des méthodes de gouvernance néolibérale, ce modèle a peu à peu été remplacé par une nouvelle forme de gestion du système de santé qui tente d'imposer une nouvelle structure de relations patient-médecin en termes non plus d'accès à une expertise médicale, mais à des niches de consommation (*niches marketing*[322]), supposées permettre un système de santé centré sur le « patient's desire for information and participation »[323]. Le patient en serait plus libre et autonome. Or, dans ce nouveau système, « the patient is not the shaper of the priorities and agenda, but rather a *customer and a consumer* »[324].

Le modèle de soin offert par la nanomédecine ne préfigure pas tant une plus grande autodétermination effective quant à la condition de santé et aux moyens de la réaliser, qu'un plus grand choix de consommation de services technoscientifiques dits individualisés. L'individu biomédicalisé est un individu consommateur de santé auquel est offert un ensemble de moyens technoscientifiques sensés répondre à son « désir » de customisation. L'importance du champ de la médecine personnalisée avec sa promesse toute relative de thérapies « sur mesure » rend bien compte de cette association entre consumérisme et contrôle biomédical individualisé. Les espoirs commerciaux projetés dans les thérapies personnalisées par « théragnostic » sont exemplaires de cette association[325]. Un autre exemple est celui de la vente de tests génétiques personnalisés sur des sites Internet comme *23andMe* qui proposent des « kits » d'analyse visant à offrir des informations individualisées.

---

[321] Jonathan Tritter et al., *Globalisation, Markets and Healthcare Policy: Redrawing the Patient as Consumer.* (New York: Routledge, 2010), p. 41.
[322] Clarke, Mamo, et Fosket, *Biomedicalization*, op. cit., p. 78.
[323] Jonathan Tritter et al., *Globalisation, Markets and Healthcare Policy: Redrawing the Patient as Consumer*, op. cit., p. 41.
[324] Ibid.
[325] Mollie Roth, « Standardizing the Decision Process to Personalize a Therapy with a Theranostic: The Options for Test Index (OFTi) », *The Journal of Biolaw & Business* 11, n° 2 (2008), p. 1-8.

Ceux-ci permettraient d'avoir une meilleure prise en charge de sa vie afin de l'« améliorer » (*improving*)[326].

Le modèle biomédical porté par la nanomédecine implique par conséquent un accroissement de la consumérisation de la santé. Typique de la pensée néolibérale, l'amélioration de la santé est comprise comme passant nécessairement par la consommation de produits et de services technoscientifiques. Le marché est le lieu « naturel » de développement de la nanomédecine et devient le passage obligé pour l'« Homme médicalisé » en quête de perfection biologique.

[326] A ce sujet consulter la page de présentation de *23andMe* qui est particulièrement parlante. https://www.23andme.com/

Chapitre VI

Un modèle global

> « *Ce qui s'est passé au cours de l'histoire des sciences mécanistes – à savoir [...] que l'homme lui aussi a été pensé comme une machine (« l'homme-machine ») – se répète aujourd'hui à un autre niveau : puisque l'homme vaut principalement comme matière première, l'« homme » en tant qu'élément de ce monde doit, lui aussi, être traité comme matière première* ».
>
> Günther Anders[327]

En insistant sur la dimension améliorative de la nanomédecine, nous désirions mettre en évidence que cette dernière se développe sous l'effet d'une importante mutation concomitante de la finalité de la biomédecine et de la signification culturelle d'« être en santé » renvoyant au processus de biomédicalisation de la société. Processus qui implique un accroissement de la consumérisation des soins de santé. La nanomédecine présuppose que le marché de l'innovation technoscientifique est son lieu « naturel » de développement. Dans ce chapitre, nous allons maintenant voir que la nanomédecine est plus largement porteuse d'un modèle *global* de développement économique qui renvoie à la construction d'un nouvel espace de la globalisation techno-économique[328] : la bioéconomie[329].

---

[327] Günther Anders, *L'obsolescence de l'homme. Tome II. Sur la destruction de la vie à l'époque de la troisième révolution industrielle* (Paris: Éditions Fario, 2011).

[328] Michel Freitag, *L'impasse de la globalisation. Une histoire sociologique et philosophique du capitalisme*, op. cit.

[329] OCDE, *La bioéconomie à l'horizon 2030. Quel programme d'action ?* (Paris: OCDE, 2009).

Centrée sur la recherche d'innovations biomédicales de plus en plus proche de l'individualité moléculaire de chaque patient, la nanomédecine est un vecteur central de la bioéconomie dont la particularité est de reposer sur une dynamique globale de mise en valeur économique des éléments et processus biologiques vitaux du corps individuel. Ce dernier n'est pas uniquement appréhendé comme le destinataire de pratiques de transformation technoscientifique, mais aussi comme un lieu d'exploitation technoscientifique car ses éléments et processus sont considérés comme des ressources indispensables pour le développement de la recherche et de l'industrie biomédicales qui visent à concrétiser leurs promesses d'innovations individualisées. Nous verrons également que cette dynamique globale de capitalisation de la vie *en elle-même* s'accompagne d'un vaste mouvement de délocalisation des essais cliniques qui renouvèle la problématique du « biocolonialisme ». Cette dynamique soulève aussi le problème de l'accessibilité aux innovations biomédicales de la nanomédecine dont le modèle de développement économique pousse vers l'accroissement de ce que Didier Fassin appelle la « bio-inégalité »[330].

I – La valeur stratégique de la nanomédecine dans la globalisation techno-économique

En parcourant le document à l'appui du lancement de l'initiative EuroNanoMed[331], on peut lire la description suivante de la nanomédecine :

[330] Didier Fassin, "Another Politics of Life Is Possible", op. cit.

[331] Initiée en 2009, EuroNanoMed est une initiative financée par le 7ème programme-cadre de l'Union Européenne pour la recherche et le développement technologique. Elle regroupe un important réseau de chercheurs, de cliniciens et d'industriels qui implique 17 pays.

> « Nanomedicine, the application of nanotechnology in health care, offers numerous promising possibilities to significantly improve medical diagnosis and therapy, ultimately leading to a higher life quality. Furthermore, *nanomedicine is an important strategic issue for the sustainable competitiveness of Europe*. *The global competition in the field is very strong and the strategic importance of nanomedicine is being increasingly recognised by industry and governments around the world*. Co-ordinated efforts at the European level are thus crucial *to stay competitive* »[332].

On peut également lire sur la page d'accueil du site Internet de la même initiative :

> « Nanomedicine is the application of nanotechnology to medicine and healthcare. The field takes advantage of the physical, chemical and biological properties of materials at the nanometer scale to be used for diagnosis, treatment and follow-up of diseases. *Given the immense potential impact of nanomedicine on public wellbeing and on economic growth, the field is of considerable strategic importance for Europe* »[333].

À la lecture de ces deux citations, il est frappant de constater que la représentation de la portée de la nanomédecine qui en ressort va bien au-delà de la stricte promesse médicale. Dans sa conception même, elle est considérée comme étant d'une « importance stratégique considérable » (*considerable strategic importance*) pour « rester compétitif » (*to stay competitive*) dans un contexte de « compétition globale » (*global competition*). De tels propos sont révélateurs de la valeur éminemment stratégique de la nanomédecine et, plus largement, de la « course internationale qui s'est engagée afin de rechercher, développer et commercialiser de nouveaux produits et procédés intégrants des composantes nanotechnologiques »[334]. Selon l'économiste Françoise Roure, qui se fait ici l'écho de nombreux analystes politiques et économiques, il ne fait aucun doute que l'innovation

---

[332] National Centre for Programme Management (Romania), National Centre for Programme Management (Romania), et National Centre for Research and Development (Poland), *Strategic Agenda for EuroNanoMed* (Brussels: EuroNanoMed ERA-NET, 2009), p. 3. Italiques ajoutés.

[333] http://www.euronanomed.net/. Italiques ajoutés.

[334] Communauté métropolitaine de Montréal et NanoQuébec, « Nanotechnologies » (Communauté métropolitaine de Montréal, 2004), p. 7.

nanotechnologique sera « l'une des clés de la spécialisation internationale et de la compétitivité des grandes régions du monde pour le prochain demi-siècle »[335]. Le titre du premier rapport de la National Nanotechnology Initiative américaine est à cet égard significatif de l'importance accordée aux innovations nanotechnologiques : *National Nanotechnology Initiative : Leading to the Next Industrial Revolution* [336] . Les nanotechnologies seraient rien de moins que la base de la « prochaine révolution industrielle ». Un passage de ce même rapport explicite clairement l'enjeu stratégique qu'incarnent les innovations nanotechnologiques dans un contexte économique où les technosciences représentent la force motrice de la croissance mondiale :

> « Technology is the major driving factor for growth at every level of the U.S. economy. Nanotechnology is expected to be pervasive in its applications across nearly all technologies. Investment in nanotechnology research and development is necessary to maintain and improve our position in the world marketplace »[337].

La croyance dans la valeur hautement stratégique des innovations nanotechnologiques est à ce point partagée que malgré la crise financière de 2007 les fonds globaux alloués au domaine n'ont pas baissé, augmentant au contraire : « it appears that the financial crisis has even enhanced the urge on many nations to abandon (or at least put less emphasis on) their conventional industrial strengths in favor of new, more innovative sectors that hold promise for the future industrial growth. In many research-intensive nations, nanotechnology in

[335] Françoise Roure, « Economie internationale des nanotechnologies et initiatives publiques », *Les annales des mines* (février 2004), p. 5.
[336] Interagency Working Group on Nanoscience, Engineering and Technology, *National Nanotechnology Initiative: Leading to the Next Industrial Revolution* (Washington D.C.: National Science and Technology Council, février 2000).
[337] Ibid., p. 20.

general – and *nanomedicine in particular* – has been identified as one such promising sector »[338].

Au niveau sociologique, les nanotechnologies en général et la nanomédecine en particulier jouent un rôle clé dans ce que Michel Freitag a appelé la « globalisation techno-économique » pour caractériser l'importance de l'innovation technoscientifique comme vecteur de développement central du capitalisme néolibéral[339]. Pour le sociologue, ce que l'on a pris pour habitude d'appeler la « globalisation » est loin de rendre compte d'« […] un élargissement de l'expérience collective de l'humanité à travers une mise en rapport plus étroite et plus approfondie de ses multiples élaborations civilisationnelles »[340]. Elle renvoie au contraire à une dynamique d'extension globale de la logique capitaliste néolibérale et de sa fusion avec les technosciences[341]. Largement promue par les différents agendas politiques néolibéraux, dont la Stratégie européenne de Lisbonne est idéaltypique[342], cette fusion repose sur l'idée de la dépendance de la croissance et la compétitivité économique vis-à-vis des futures innovations technoscientifiques et, particulièrement, de celles issues des technologies biomédicales. La promesse d'une santé améliorée par les technosciences fait en effet du secteur de l'innovation biomédical – spécialement la nanomédecine – l'un des espaces du capitalisme technoscientifique les plus générateurs d'attentes et de spéculations.

---

338 National Centre for Programme Management (Romania), National Centre for Programme Management (Romania), et National Centre for Research and Development (Poland), *Strategic Agenda for EuroNanoMed*, op.cit., p. 15. Italiques ajoutés.

339 Freitag, *L'impasse de la globalisation*, op. cit,

340 Ibid., p. 18.

341 Ibid., « Introduction », p. 15-49. Michel Freitag utilise d'ailleurs « […] le mot « mondialisation » pour désigner ce que pourrait être actuellement un projet d'aménagement commun du monde, tel qu'il est exigé justement par le développement unilatéral du premier type de phénomène [la globalisation] ».

342 Isabelle Bruno, *À vos marques, prêts, cherchez ! La stratégie européenne de Lisbonne, vers un marché de la recherche* (Bellecombe-en-Bauges: Éd. du Croquant, 2008).

Pour l'ensemble des gouvernements, toutes tendances confondues, l'innovation technoscientifique constitue ainsi la base de la prospérité économique et du progrès social. L'avenir économique, la croissance des États sont associés à la notion d'innovation, aussi bien au niveau des stratégies d'organisation du travail que de celui de la production de la connaissance[343]. En ce sens, les transformations culturelles consécutives au nouvel ordre postcolonial globalisé[344] sont liées à l'histoire contemporaine du capitalisme et au rôle primordial qu'y joue l'innovation technoscientifique comme catalyseur de la concurrence économique entre les nations[345]. L'historien des sciences Patrick W. McCray remarque à cet effet que l'intérêt global pour les nanotechnologies s'inscrit dans le contexte historique de l'après Guerre froide marqué par le déplacement des grands conflits internationaux de l'arène militaire vers celle du marché globalisé où les technosciences concentrent une part majeure des efforts stratégiques des gouvernements[346]. Loin de n'engager que le trio des *leaders* technoscientifiques traditionnels (États-Unis, Japon et Europe) – lequel a investi précocement et massivement dans les nanotechnologies –, ces efforts stratégiques impliquent les « nouveaux entrants » issus des économies émergentes, spécialement la Chine, l'Inde et la Corée du Sud qui disposent d'imposant moyens financiers et jouent un rôle de plus en plus important dans la recherche en nanomédecine[347]. En 2011, sur les quelques 10 milliards de dollars de fonds globaux alloués par plus de soixante pays engagés dans le développement des nanotechnologies, la Chine a dépassé pour la première fois les Etats-Unis avec 2.25

---

343 Frédéric Lesemann, "La société des savoirs et la gouvernance : la transformation des conditions de production de la recherche universitaire," *Lien social et politique*, no. 50 (2003), p. 17–37.

344 Ankie Hoogvelt, *Globalization and the Postcolonial World: The New Political Economy of Development* (Baltimore: John Hopkins University Press, 2001).

345 Sur les liens entre technoscience, capitalisme et globalisation, voir aussi : Luis Suarez-Villa, *Globalization and Technocapitalism: The Political Economy of Corporate Power and Technological Domination* (Burlington: Ashgate, 2012); Luis Suarez-Villa, *Technocapitalism: A Critical Perspective on Technological Innovation and Corporatism.* (Philadelphia: Temple University Press, 2012).

346 W. Patrick McCray, « Will small be beautiful ? Making policies for our nanotech future », op. cit., p. 184.

347 Voir l'étude de l'OCDE sur le développement mondial des nanotechnologies : Christopher Palmberg, Hélène Dernis, and Claire Miguet, *Nanotechnology: An Overview Based on Indicators and Statistics*, OECD Science, Technology and Industry Working Papers (Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development, June 25, 2009), 5, http://www.oecd-ilibrary.org/content/workingpaper/223147043844.

milliards de dollars de fonds contre 2.18 milliards de dollars pour ces derniers[348]. La Chine est depuis le pays qui a le plus investi dans le domaine. Par ailleurs, d'après une étude BIONEST-LEEM, l'Asie devrait être, à partir de 2015, à la tête du marché des innovations en nanomédecine[349].

Cet engagement stratégique de la Chine dans la recherche en nanomédecine reflète l'importance économique que représentent les promesses d'innovations de cette dernière pour les grandes puissances du monde et, tout particulièrement, pour les puissances asiatiques. Malgré leur profonde différence idéologique, elles partagent la conviction que les nouvelles technologies biomédicales sont un moyen indispensable pour accroître leur pouvoir politique et dépasser l'humiliation coloniale en concurrençant les pays occidentaux sur le terrain économique de l'innovation technoscientifique[350]. Les nouvelles technologies biomédicales représentent pour ces pays une véritable « Sputnik opportunity », selon l'expression de l'anthropologue Aihwa Ong[351].

Dans ce contexte, l'impulsion politique globale supportant le développement de la nanomédecine s'enracine dans un calcul politico-économique qui cherche à assurer aux différents pays concernés une position stratégique dans le futur marché des innovations nanomédicales, lequel serait sensé atteindre 170 milliards de dollars dès 2015[352]. Symptomatique de l'aura expectatif entourant les promesses de la nanomédecine, un tel

---

348 Source : Cientifica, « GLOBAL FUNDING OF NANOTECHNOLOGIES & ITS IMPACT » (Cientifica, juillet 2011) : http://cientifica.com/wp-content/uploads/downloads/2011/07/Global-Nanotechnology-Funding-Report-2011.pdf [consulté le 25 septembre 2013].

349 LEEM, "Application des nanotechnologies à la médecine. Étude sur la compétitivité et l'attractivité de la France. Horizon 2025" (Bionest & LEEM, 2009), p. 49 : http://www.leem.org/sites/default/files/1424.pdf.

350 Aihwa Ong and Nancy N. Chen, *Asian Biotech: Ethics and Communities of Fate* (Durham [NC]: Duke University Press, 2010).

351 Ibid., p. 5.

352 LEEM, « Application des nanotechnologies à la médecine. Étude sur la compétitivité et l'attractivité de la France. Horizon 2025 », op. cit., p. 50.

chiffre exprime bien l'envergure des retombés économiques attendues de ses différents champs d'innovations. À ce titre, la nanomédecine se trouve au cœur de la construction de cet espace émergeant de la globalisation techno-économique que l'OCDE appelle la « bioéconomie ». Visant à promouvoir un « système » de production économique fondé sur l'innovation technoscientifique et l'exploitation du vivant[353], la bioéconomie est le paradigme économique au sein duquel se développe la nanomédecine. Comme nous allons le voir, la nanomédecine recoupe l'ensemble des champs d'innovations couvert par la bioéconomie qui exprime ainsi les particularités, les tensions et les implications du modèle *global* de développement économique des soins de santé qu'implique la nanomédecine.

II – La nanomédecine au cœur de la bioéconomie

Bien que le concept de bioéconomie ait été proposé pour la première fois au début des années soixante-dix par l'économiste américain Nicholas Georgescu-Roegen[354], le projet d'une bioéconomie prend forme au cours des années quatre-vingt et quatre-vingt dix dans le contexte d'intenses spéculations entourant le futur des biotechnologies et de mutation parallèle du modèle économique de l'industrie biomédicale. Il trouvera sa formulation concrète en 2006 dans un rapport de l'OCDE proposant un vaste projet de promotion d'une nouvelle conception « durable » de la croissance mondiale fondée sur les capacités des biotechnologies à contrôler et transformer le vivant[355]. Le futur d'une économie

353 OCDE, *La bioéconomie à l'horizon 2030. Quel programme d'action ?* (Paris: OCDE, 2009), p. 23.
354 Nicholas Georgescu-Roegen, *The Entropy Law and the Economic Process* (New York; Cambridge, MA; London, UK: ToExcel; Harvard University Press, 1999(1971)).
355 OECD, *The Bioeconomy to 2030*, op. cit.

écologiquement viable reposerait selon ce rapport sur le potentiel de ces technologies à générer de la valeur à partir de l'exploitation des éléments biologiques fondamentaux. Pour l'OCDE, il ne fait aucun doute que d'ici 2030 la bioéconomie sera devenue l'un des secteurs les plus importants de l'économie globalisée.

Selon la définition donnée par l'OCDE, « the bioeconomy is defined as that part of economic activities which captures the latent value in biological processes and renewable bioresources to produce improved health and sustainable growth and development »[356]. Dans le cas précis du secteur de la santé[357], la bioéconomie est considérée non seulement comme la solution d'avenir pour « *produce improved health* », mais aussi comme un vecteur essentiel pour la croissance globale. Elle associe l'amélioration de la santé individuelle au gain de productivité économique « durable » (*sustainable*) généré par l'exploitation de la « valeur latente » (*latent value*) que contiendraient à l'état naturel les éléments et processus biologiques de chaque corps. Se fondant sur un utilitarisme économique, la perspective bioéconomique considère chaque corps humain comme un territoire naturellement porteur de « biovaleurs » [358] que les nouvelles connaissances et les nouveaux procédés technoscientifiques permettraient désormais d'exploiter afin de créer des innovations biomédicales individualisées. Le corps individuel est placé au centre d'une dynamique économique où il est non seulement le destinataire de ces innovations, mais aussi leur source. Comme nous allons le voir plus bas, la bioéconomie est porteuse d'un nouveau modèle économique centré sur l'individualisation du marché de la santé qui fait des futurs usagers de

356 Ibid., p. 5.

357 La bioéconomie renvoie en effet à un large secteur d'activité économique qui englobe non seulement le domaine de la santé, mais aussi celui de l'énergie (biocarburants), de l'agroalimentaire (nouvelles variétés végétales, sélection des espèces, transgénèse et clonage animal, etc.) ou encore de la sylviculture (gestion des forêts).

358 Cathy Waldby and Robert Mitchell, *Tissue Economies: Blood, Organs, and Cell Lines in Late Capitalism* (Durham [N.C.]: Duke University Press, 2006); Cathy Waldby, *The Visible Human Project Informatic Bodies and Posthuman Medicine* (London: Routledge, 2000).

ces innovations technoscientifiques à la fois de potentiels consommateurs et de potentielles sources d'exploitation. Considéré comme un pur objet marchand, le corps est ici en même temps une *matière première* – décomposable, manipulable, transformable et échangeable – et un *objet de consommation*[359].

Avec pour ambition d'élargir la productivité des soins de santé par la promotion d'un modèle économique fondé sur l'appropriation et la capitalisation du corps individuel et de ses produits (tissus, cellules, gènes), la bioéconomie circonscrit le développement de son marché autour des innovations technoscientifiques relevant des secteurs les plus porteurs de promesses de la recherche biomédicale contemporaine : la médecine prédictive, la médecine personnalisée et l'ensemble des thérapies expérimentales associées à la médecine régénératrice[360]. Le caractère transversal de la nanomédecine fait alors de celle-ci l'élément clé de la bioéconomie puisqu'elle englobe l'ensemble de ses secteurs d'applications. La contribution de la nanomédecine est attendue aussi bien au niveau de la création de nouveaux types d'innovation pour le diagnostic prédictif et le traitement personnalisé (analyses moléculaires et vectorisation nanoparticulaire) qu'au niveau des nouvelles méthodes d'extraction, de conservation et d'exploitation des lignées cellulaires pour les thérapies régénératrices.

[359] Céline Lafontaine, *Le corps-marché. La marchandisation de la vie humaine à l'ère de la bioéconomie* (Paris: Seuil, 2014).

[360] Pour une description détaillée des innovations et des secteurs de développement biomédicaux envisagés par la bioéconomie voir le chapitre « Les applications des biotechnologies dans le secteur de la santé à l'horizon 2015 » : OCDE, *La bioéconomie à l'horizon 2030. Quel programme d'action ?*, op. cit., p. 128.

II.I – Créer la bioéconomie :

La bioéconomie n'est pas le résultat d'une simple stratégie d'anticipation commerciale. Elle résulte d'une construction politique liée à la mise en pratique du néolibéralisme[361] en tant que « mode de gouvernance »[362] du champ de la santé et de la recherche biomédicale pour leur donner une direction commerciale faisant de l'innovation une priorité. Le développement de la bioéconomie a ainsi été rendu possible par une série de réformes législatives et institutionnelles entamées au début des années quatre-vingt en pleine mise en œuvre des politiques néolibérales qui vont promouvoir un modèle de recherche stratégique tourné vers l'innovation technoscientifique. Ces politiques néolibérales vont oeuvrer à la création d'un contexte institutionnel et juridique propice à une plus ample commercialisation de la connaissance scientifique par la promotion du rapprochement entre le secteur privé et académique[363].

Constituant le cadre idéologique du développement de la bioéconomie et de la recherche en nanomédecine, ce paradigme de l'innovation va s'installer sous l'impulsion d'une transformation des lois internationales sur la propriété intellectuelle, dont le Bay-Dohle Act va servir de modèle idéal. Voté le 12 décembre 1980 par le Congrès américain, le Patent and Trademark Law Amendments Act (dit Bay-Dohle Act) a transformé en profondeur le

361 Kean Birch, "The Neoliberal Underpinnings of the Bioeconomy: The Ideological Discourses and Practices of Economic Competitiveness," *Genomics, Society and Policy* 2, no. 3 (2006), p. 1–15.

362 Contrairement au discours usuel décrivant le néolibéralisme comme l'idéologie du marché libre et du désengagement de l'état, il faut plutôt le comprendre comme relevant plus généralement d'une redéfinition générale du rôle de l'état – en l'occurrence de l'État providence d'inspiration keynésienne – en tant que facilitateur du déploiement des lois et des forces du marché. Le néolibéralisme se comprend alors comme le résultat de la mise en place « par le haut » d'un mode de gouvernance organisé en vue d'imposer « vers le bas » sa logique de marché à l'ensemble des aspects de la vie sociale et, dans notre cas, sur celui de la recherche biomédicale. A ce sujet, voir Pierre Dardot et Christian Laval, *La nouvelle raison du monde : essai sur la société néolibérale* (Paris: La Découverte, 2010)

363 Isabelle Bruno, *À vos marques, prêts, cherchez !*, op. cit.

régime légal américain sur la propriété intellectuelle en permettant aux universités et aux entreprises de breveter des découvertes faites grâce à des fonds gouvernementaux et de pouvoir en négocier une licence exclusive[364]. Mis en place afin de favoriser le transfert technologique et la commercialisation de la recherche, cette réforme va avoir un impact considérable sur le développement de la recherche biomédicale traditionnellement tournée vers l'*open science* à l'inverse de la logique privée de l'industrie pharmaceutique[365]. Encourageant les chercheurs à l'appropriation privée de leurs découvertes, le modèle de brevetage proposé par le Bayh Dole Act va offrir la possibilité de breveter toutes formes de découvertes issues du vivant, celui-ci y compris. Un processus ou un organisme biologique, une séquence génétique ou une lignée cellulaire deviennent potentiellement brevetables. Une telle réforme a été la condition de possibilité politique au fondement de l'émergence de la bioéconomie car elle va propulser la recherche biomédicale dans une course au brevetage et aux retombées commerciales des nouvelles méthodes de maîtrise technoscientifique du vivant.

Le Bayh Dole Act constitue en ce sens un véritable tsunami législatif qui va poser les bases juridiques à la marchandisation de la connaissance scientifique et des découvertes sur le vivant[366]. Son modèle néolibéral de propriété intellectuelle sera repris dans un grand nombre de pays et son influence trouvera son point culminant avec l'entrée en vigueur le 1er janvier 1995 du TRIPS (Agreement on Trade-Related Aspects of Intellectual Property Rights). Initié par l'OMC (Organisation mondiale du commerce), le TRIPS est un accord international qui harmonise la législation des droits de propriétés intellectuelles en grande partie à partir du

364 Bhaven N. Sampat, "Patenting and US Academic Research in the 20th Century: The World before and after Bayh-Dole" *Research Policy*, 35, no. 6 (2006), p. 772–789.

365 Arti K. Rai and Rebecca S. Eisenberg, "Bayh-Dole Reform and the Progress of Biomedicine," *Law and Contemporary Problems*, 66, no. 1/2 (2003), p. 289–314.

366 Fabienne Orsi and Jean-Paul Moatti, "D'un droit de propriété intellectuelle sur le vivant aux firmes de génomique : vers une marchandisation de la connaissance scientifique sur le génome humain," *Économie & Prévision*, 150 (4-5), p. 123–138.

modèle commercial et de propriété privée proposé par le Bayh Dole Act[367]. L'économiste Philip Mirowski remarque que le TRIPS a implanté les prémisses légales à la globalisation du régime néolibéral d'appropriation de la connaissance nécessaire à la protection des intérêts privés des industriels américains et des multinationales dans un contexte de concurrence économique généralisée au cœur duquel la course à l'innovation technoscientifique fait rage[368]. Donnant une nouvelle forme globale aussi bien à l'activité académique qu'entrepreneuriale, le TRIPS a, selon Mirowski, été appliqué au nom de la libéralisation des échanges internationaux, mais en faveur de la protection des investissements privés.

Ayant des répercussions dépassant largement les frontières américaines, le Bay Dohle Act va favoriser un climat institutionnel encourageant la privatisation de la recherche biomédicale et pousser les chercheurs académiques vers le transfert technologique. Au Québec, un exemple concret de l'implantation de ce climat est la création en 1999 par le gouvernement provincial de Valorisation Recherche Québec (VRQ)[369]. VRQ est un « organisme parapublic créé […] afin d'inciter les universités et les centres de recherche à mieux valoriser leur propriété intellectuelle et maximiser la retombée de leurs travaux de recherche »[370]. Il a notamment permis de créer quatre sociétés de valorisation ayant pour objectif de commercialiser la recherche issue des universités québécoises[371].

---

[367] Philip Mirowski, *Science Mart. Privatizing American Science* (Cambridge & London: Harvard University Press, 2011), p. 116.

[368] Ibid.

[369] Le gouvernement du Québec mettra fin à VRQ en 2005 qui sera remplacé par le programme des Partenariats pour l'innovation.

[370] Cette citation est extrait d'un document en ligne produit par le Sénat français qui présente différents systèmes de valorisation de la recherche dans les universités : http://www.senat.fr/rap/r05-341/r05-34131.html [consulté le 6 mars 2014].

[371] Ces quatre sociétés ont chacune des attentes d'exclusivité avec une ou plusieurs universités québécoises : Univalor (Université de Montréal et Polytechnique), Sovar (Université Laval), Valeo (Concordia et le réseau des Universités du Québec) et MSBI Valorisation (McGill, Sherbrooke et Bishop).

Implantées au sein même des campus universitaires, ces sociétés offrent des « services de transferts technologiques » qui aident à breveter et à commercialiser les découvertes en milieu académique en proposant notamment des « portefeuilles de technologie »[372] à vendre aux entreprises intéressées. Plusieurs des chercheurs interrogés nous ont dit avoir passé des entendes d'exclusivité avec ces sociétés afin de vendre les innovations qu'ils ont développées dans leur laboratoire avec l'aide des fonds de recherche gouvernementaux. Univalor, la société de commercialisation et de transfert technologique associée à l'Université de Montréal et Polytechnique, offre par exemple sur son site internet plusieurs innovations biomédicales liées à la nanomédecine. Entre autres, des nouveaux biomarqueurs ou marqueurs génétiques, un test de diagnostic prédictif et une plateforme de ciblage pour médicaments[373]. Précisons que les innovations présentées sur le site ne sont pas forcément en lien avec les chercheurs que nous avons interrogés.

Le développement de la bioéconomie va ainsi être favorisé par ce climat entrepreneurial encourageant l'« *academic entrepreneuship* », c'est-à-dire l'enrôlement des chercheurs académiques dans le développement commercial de leurs découvertes[374], et qui caractérise ce que le physicien britannique John Ziman appelle la « science post-académique »[375]. Soutenu par les politiques de financement de la recherche, ce climat va pousser à la redéfinition du travail scientifique et contribuer à l'émergence d'une nouvelle

---

372 Les phrases entre guillemets sont reprises de la présentation d'Univalor sur son site Internet : http://www.univalor.ca/nos-services-de-transferts-technologiques [consulté le 6 mars 2014].

373 Pour une description détaillée des recherches, consulter la page « Nos technologies » sur le site d'Univalor : http://www.univalor.ca/recherche-technologie [consulté le 6 mars 2014].

374 David C. Mowery, "The Bayh-Dole Act and High-Technology Entrepreneurship in U.S. Universities: Chicken, Egg, or Something Else?," *Advances in the Study of Entrepreneurship, Innovation & Economic Growth* 16 (2005), p. 39–68.

375 John Ziman, "Postacademic Science'': Constructing Knowledge with Networks and Norms," *Science Studies* 9, no. 1 (1996), p. 67–80.

figure qui va venir dominer la recherche académique et, particulièrement, la scène de la recherche biomédicale : « le chercheur-entrepreneur »[376].

Une telle figure n'est bien entendu pas une nouveauté historique. La nouveauté tient plutôt à l'ampleur et à l'institutionnalisation de pratiques typiques de la sphère commerciale qui tendent à devenir une norme plus qu'une exception tolérée dans le champ académique[377]. Élément clé de la bioéconomie, le chercheur-entrepreneur est loin de rester à l'état de figure conceptuelle encouragée par les politiques scientifiques. Elle rend compte de l'activité typique de nombreux chercheurs que nous avons interrogé dans les différents secteurs de la nanomédecine.

II.II – « *Faire de la science pour faire de la science n'a pas beaucoup de sens…* » :

La bioéconomie, et par là même la dynamique économique portée par la nanomédecine, suppose de pouvoir posséder sous la forme de droits de propriété intellectuelle tant des méthodes et des dispositifs biomédicaux (tests prédictifs, vecteurs de médicaments, etc.) que des processus et des éléments vitaux (gènes, cellules ou tissus) en vue de les exploiter commercialement. Ceci implique une certaine conception du travail de chercheur qui repose sur une activité de recherche biomédicale dont la finalité est de produire de l'innovation commerciale à partir de la maîtrise technoscientifique du vivant. Au cours de nos entretiens nous avons pu constater que cette réalité commerciale recoupe une grande majorité de la pratique des chercheurs interrogés. Presque tous sont possesseurs de brevets et

376 Yves Gingras, Peter Keating, and Camille Limoges, "Du Savant Au Chercheur Entrepreneur," *Sciences Humaines* Hors série 31 (2001 2000), p. 32–35.
377 Ibid., p. 35.

plusieurs sont engagés dans des activités commerciales (*start-ups*, *spin-offs* ou partenariats industriels).

Lors d'un entretien avec Marc-André A., directeur d'un laboratoire universitaire français travaillant sur la vectorisation nanoparticulaire, celui-ci fit la remarque suivante :

> « *Pour moi, la science et la technologie sont intimement liées. Il n'y a pas de technologie sans science et la science sans technologie n'a pas de sens.* Le but de la science est de faire avancer la société, d'apporter un bien-être à nos compatriotes et concitoyens. Faire de la science uniquement pour faire de la science n'a pas beaucoup de sens… Je trouve que c'est un peu des discussions… […] *Vous avez des chercheurs qui restent attachés à leur science d'il y a dix ans ou vingt ans, qui ne veulent pas évoluer et qui sont un peu aigris de voir que beaucoup d'argent est donné aux nanotechnologies et moins d'argent donné à la chimie, la stéréochimie par exemple, chimie classique. L'enveloppe financière est limitée de sorte que ce que prennent les nanotechnologies ne va pas ailleurs.* Ces gens-là sont finalement un peu dépités de ne pas être dans le… bon ».

Bien que nombre de chercheurs interrogés ne partagent pas la radicalité des propos de Marc-André A., son discours est néanmoins symptomatique du contexte de la recherche nanomédicale tournée vers l'innovation. Pour lui, la recherche de type fondamental (« *faire de la science uniquement pour faire de la science* ») est « *un peu des discussions…* ». Les chercheurs se consacrant exclusivement à la recherche fondamentale ne sont pas « *dans le… bon* », c'est-à-dire dans le « bon sens » de la direction actuelle de la recherche. La recherche biomédicale doit avoir pour finalité une innovation utile (« *faire avancer la société* »). Autrement dit, avoir pour finalité un produit innovant, lequel dépend avant toute chose de la création de brevets. Lorsque nous l'avons interrogé sur sa trajectoire de chercheur, Marc-André A. a insisté sur l'importance de la création de brevets dans sa carrière. Il nous a mentionné être le premier à avoir découvert un procédé permettant de créer des nanoparticules biodégradables. Découverte pour laquelle il a déposé un brevet qui lui a

permis de fonder l'une des toutes premières sociétés européenne en nanomédecine. Aujourd'hui cotée en bourse, cette société est à l'origine de l'un des premiers nanomédicaments. Elle développe actuellement plusieurs produits pour le traitement du cancer.

Marc-André A. nous a clairement souligné que son objectif est de « *sauver des vies* ». Cet objectif va de pair avec les retombées commerciales de ses recherches. Être médicalement utile, c'est rechercher en même temps la commercialisation et le profit. En porte à faux avec l'idéal de désintéressement que l'on associe souvent à la recherche biomédicale, la conception du travail de chercheur qui transparaît dans les propos de Marc-André A. nous confronte à la figure typique du chercheur technoscientifique contemporain.

Parmi les chercheurs que nous avons interrogés, il faut noter que le succès commercial de Marc-André A. fait office de cas unique. Compte tenu du caractère hautement expérimental des différents secteurs de la nanomédecine, les recherches qui débouchent sur la commercialisation d'un produit sont loin d'être la norme. Son cas est cependant exemplaire de la centralité du rôle de l'*entrepreneurship* dans la réalité quotidienne des chercheurs en nanomédecine. Trois des chercheurs interrogés nous ont dit être présentement impliqués dans des compagnies qu'ils ont cofondé et plusieurs autres nous ont explicitement mentionné être entrain de développer de tels projets. Caractéristiques d'une pratique qui s'est développée avec les biotechnologies, ces cas rendent compte de l'importance de la création de *start-ups* ou de *spin-offs* dans la dynamique de développement économique de la nanomédecine. Pour des raisons de confidentialité nous ne pouvons pas citer les informations exactes des compagnies dans lesquelles sont impliqués les chercheurs de notre étude. En revanche, le cas

de la compagnie franco-américaine Nanobiotix est exemplaire de la centralité de cette logique entrepreneuriale.

II.II.I – L'exemple de Nanobiotix :

Créée en 2003 grâce à des financements provenant de sociétés européennes de capital-risque, Nanobiotix est une *spin-off* de l'Université d'État de New-York à Buffalo dont les bureaux sont à Paris. Son directeur général et cofondateur est Laurent Levy, spécialiste en nanomatériaux et vice-président de la Plateforme technologique européenne en nanomédecine (PTEN). Nanobiotix se concentre sur « le développement de son portefeuille de produits entièrement breveté »[378] sous la marque NanoXray comprenant trois produits en développement (les nanoparticules NBTXR3[379], NBTX IV et NBTX TOPO) dans le secteur des thérapies anticancéreuses « personnalisées ».

Avec pour ambition de « devenir le numéro 1 en nanomédecine », Nanobiotix rend non seulement compte de la logique entrepreneuriale au cœur de la nanomédecine, mais aussi de la spéculation qui pousse en même temps son développement économique. Significatif de la logique spéculative portant la croissance de la bioéconomie[380], l'espace économique de la nanomédecine se construit plus sur des promesses d'innovations que sur la vente de produits réels. Tirée d'un récent document produit par Nanobiotix pour l'Autorité des marchés

[378] Voir le site Internet de Nanobiotix : http://www.nanobiotix.com/fr/about-us/ [consulté le 8/03/2014].

[379] Le NBTXR3 fait actuellement l'objet de deux essais cliniques de phase 1. Toutes les informations sont disponibles sur le site *ClinicalTrials.gov* aux pages suivantes : http://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT01433068?term=Nanobiotix&rank=2 [consulté le 8/03/2014].

[380] Kean Birch and David Tyfield, "Theorizing the Bioeconomy: Biovalue, Biocapital, Bioeconomics, Or... What ?," *Science, Technology, & Human Values* 38, no. 3 (2013), p. 299–327.

financiers français (AMF), la citation suivante est symptomatique de cette logique spéculative : « A ce jour, la Société ne peut garantir que ses développements de produits à base de nanoparticules, en cours ou futurs, aboutiront un jour, ni a fortiori dans des délais compatibles avec les besoins du marché »[381].

Le cas de Nanobiotix permet de voir que la bioéconomie se développe en rapport à des processus financiers et spéculatifs fondés sur ce que les sociologues Kean Birch et David Tyfield appellent le « travail de la connaissance » (*knowledge labor*), c'est-à-dire la création de valeur à partir de droits de propriétés intellectuelles sur des découvertes issues de recherches produisant des biens ou avoirs « fictifs » (*fictious assets*)[382]. Autrement dit, le « travail de la connaissance » produit de la valeur à partir de promesses d'innovations biomédicales. Si le projet d'une bioéconomie vise à créer un nouvel espace économique qui permettrait de réaliser des surplus en exploitant la « valeur latente » des éléments et processus biologiques par la création de biens ou de services « réels », il est largement dominé par un « régime de rentier » (*rentier regime*) reposant sur le contexte de protection légale de monopole des rentes engendré par les réformes néolibérales[383], le Bay Dohle Act en tête.

II.II.II – Le Centre for Commercialization of Regenerative Medicine :

Afin de supporter des entreprises commerciales comme celles de Nanobiotix, les politiques scientifiques néolibérales soutiennent le développement d'organisations dont

[381] Nanobiotix, "Document de Référence (R. 14-002)" (Autorité des marchés financiers, 27 janvier 2014), p. 10 : http://inetbdif.amf-france.org/DocDoif/txtint/RPdf/2014/2014-000200.pdf [consulté le 8/03/2014].
[382] Ibid.
[383] Ibid.

l'objectif est de supporter la commercialisation des recherches universitaires dans les différents secteurs de la nanomédecine. C'est le cas du Centre for Commercialization of Regenerative Medicine (CCRM) soutenu par les Réseaux de centre d'excellence du Canada (RCE). Les RCE, remarque la politicologue Janet Atkinson-Grosjean, ont été spécifiquement créés par le gouvernement canadien pour jouer un rôle central dans la réorientation générale de la politique scientifique du pays autour de l'« innovation »[384].

Créé en 2011 grâce à un soutien financier de 15 millions de dollars de la part des RCE, le CCRM a pour objectif d'accélérer la commercialisation de la recherche canadienne en médecine régénératrice. Il regroupe un réseau de spécialistes de l'industrie de la santé et de chercheurs universitaires canadiens qui vise à soutenir l'innovation en médecine régénératrice autour de trois plateformes de développements commerciaux : « Cell Reprogramming & Engineering », « Cell Manufacturing » et « Biomaterial & Devices »[385].

Avec pour finalité générale d'aider « to transform Canadian scientific leadership into commercial outcomes »[386], le CCRM propose un soutien logistique et financier aux chercheurs en les guidant vers ces trois niches commerciales. En ce sens, le CCRM a pour but d'orienter la recherche de pointe dans le domaine de la recherche cellulaire en fonction du développement de secteurs technologiques prédéfinis regroupés sous l'appellation de

---

384 Centraux dans la redéfinition des politiques scientifiques canadiennes autour de la priorité de l'« innovation », les RCE sont fondés en 1988 par le gouvernement fédéral. Janet Atkinson-Grosjean observe que les RCE expriment le tournant le plus radical de la politique scientifique canadienne depuis la création, en 1916, du Conseil national de recherches. Ce changement a mis l'emphase sur les priorités du secteur privé en mettant en place un système de financements ciblés promouvant les recherches à fort potentiel économique, la collaboration avec le secteur privé, le brevetage et la création de *spin-off*. Pour en savoir plus sur le sujet, lire : Janet Atkinson-Grosjean, *Public Science, Private Interests. Culture and Commerce in Canada's Networks of Centres of Excellence.* (Toronto: University of Toronto Press, 2006).

385 Pour plus d'informations sur les produits envisagés pour chacune de ces plateformes, consulter le site internet du CCRM : http://ccrm.ca

386 MaRS Advisory Services, *Regenerative Medicine. Commercial Opportunities and Ontario's Strengths* (Toronto: MaRS Discovery District, 2009), http://ccrm.ca/sites/default/files/Regenerative%20Medicine%20Industry%20Report%202009.pdf. [consulté le 09/03/2014]

médecine régénératrice. Traversée de plusieurs slogans entourant un globe terrestre, la page d'accueil du site Internet du CCRM rend clairement compte de cet objectif d'intégration commerciale : « *improve global health & economies* », « *enable products development* » et « *integrate science with business* ».

Impliqué dans la fondation et la direction du CCRM, Jamie S., directeur d'un important laboratoire canadien en bioingénierie, nous expliquait comme suit la mission du Centre :

> « *So the mission of the Center is to enhance commercial activity in regenerative medicine. The way they would to this is by focusing on the development of novel technologies that are bottleneck in bringing regenerative medicine solutions to patients. We believe there is a large potential for this and there is a great discovery machinery in Canada in regenerative medicine.* We're learning a lot of new molecules and new cells that maybe will treat disease and help a lot of people but these new strategies are not going to get the patients unless we develop more robust technologies and unless we learn how to commercialize them because ultimately it's trough products that these are delivered to patients. *So that's the philosophy behind the CCRM. What we're doing specifically is focusing on three platforms. There're technical platforms one in reprogramming cells, one in cells manufacturing and one in biomaterials, and try to provide fundamental technological support for technologies in that area* ».

Pour Jamie S., l'intégration de la finalité commerciale le plus en amont possible de la recherche est pour lui la condition du progrès thérapeutique. Plus encore, la mission commerciale du CCRM est, selon lui, essentielle non seulement pour aider des solutions thérapeutiques à voir le jour, mais également pour aider le développement économique du Canada dans un contexte mondial où la course à l'innovation biomédicale est un élément central de la compétitivité économique du pays :

> « *Canada has an opportunity to take a leader role in regenerative medicine. If we don't do it, someone else will. If someone else does it, we will still pay for it and we won't take as much of the economic benefits. So you cannot stop it. No one cares of Canada, no ones worldwide cares of Canada funds it or not. At the end, everyone would want its benefits. So if we have an opportunity to become a significant player, and something has going to happen anyways, we should take it.* […] *It's a race* »

À cet égard, bien que cette préoccupation pour la compétitivité économique, typique du discours néolibéral[387], dépasse largement la nanomédecine et le domaine de la recherche biomédicale, celle-ci est apparue un souci récurrent dans les entrevues que nous avons réalisé. C'est pourquoi nous la notons ici. Plusieurs chercheurs se sont notamment montrés ouvertement préoccupés par l'influence grandissante de la compétition avec l'Asie et, particulièrement, la Chine dans le domaine de l'innovation biomédicale. Jürgen D., ingénieur biomédical, nous disait par exemple :

> *« Quand j'ai commencé c'était l'Europe, les Etats-Unis, le Japon les grandes nations, alors que maintenant la Corée est devenue très forte. Taiwan de plus en plus. On voit Singapour, la Chine aussi qui est entrain de devenir très forte. C'est clair qu'il y a une diversification des acteurs. […] Oui, avant c'était l'Europe, les Etats-Unis principalement, maintenant on voit l'Asie qui est beaucoup plus forte ; on voit beaucoup de ressources également au Moyen-Orient. […] Là oui, on voit que la compétition s'intensifie. […] Ce ne sont plus les occidentaux qui sont à la tête de l'investissement de la science. La Chine a de gros investissements. Singapour, Taiwan ce sont des pays qui dépensent plus que nous ».*

Julien V., chercheur en chimie bio-organique supramoléculaire, observe même un « *débalancement* » du centre de l'innovation biomédicale vers l'Asie et nous a mentionné être préoccupé de voir le Canada devenir un acteur négligeable sur la scène internationale du fait de l'incapacité du pays à « *compétitionner* » avec certaines puissances asiatiques :

---

387 Pierre Dardot et Christian Laval, *La nouvelle raison du monde : essai sur la société néolibérale*, op. cit.

> *« On observe un* débalancement des forces*. Les chercheurs québécois, canadiens sont de plus en plus défavorisés. Nos sources de financement sont restés à peu près les mêmes comparativement à la force de frappe de la Chine, par exemple. Il est clair que* notre compétitivité au niveau international suite au développement de l'Asie, de la Chine, de l'Inde, mais aussi Singapore ou Taiwan, ça met énormément de pression sur notre capacité à compétionner ».

Cet autre chercheur, Grégoire C., travaillant dans la production de nouveaux procédés d'encapsulation de médicaments, fait part de la nécessité pour les chercheurs canadiens d'être compétitif :

> « *La force de la Chine est sa capacité à se concentrer sur un secteur donné. Ils le font dans le secteur des nanotechnologies. […] Je suis personnellement convaincu que la Chine dominera le monde dans les prochaines années. C'est sûr que les américains vont perdre leur* lead*. […] Ce que je veux dire c'est que* si nous voulons avoir notre part du gâteau et réussir, avoir des parts de marché, c'est encore plus important d'être créatif que les chinois ».

Ce souci pour les « *parts de marché* » et la « *compétitivité* » renvoie à la figure idéale du chercheur entrepreneur encouragée par les politiques scientifiques. Il nous indique concrètement l'ancrage de ce souci commercial au niveau de la perception que ces chercheurs ont de la finalité de leur propre pratique, expliquant en partie pourquoi plusieurs d'entre eux sont activement impliqués dans la valorisation économique de leur recherche. À un niveau plus général, ce souci commercial des chercheurs et l'engagement actif de plusieurs d'entre eux dans des activités entrepreneuriales pointent du doigt leur importance en tant qu'acteurs centraux du développement économique de la nanomédecine et, plus largement, de la bioéconomie. Comme nous allons le voir dans la partie suivante, l'espace bioéconomique se développe sous l'impulsion croissante de *start-ups* et de PME[388] fondés par des chercheurs,

[388] Petites et moyennes entreprises (de 10 à 250 employés).

remettant en cause la domination sans partage des grandes industries pharmaceutiques sur le marché de la santé.

Cependant avant d'aller plus loin, nous souhaitons conclure cette section en nuançant l'influence de la logique d'innovation commerciale dans le discours des chercheurs interrogés. En aucun cas, elle ne peut être considérée comme une idéologie qui définirait l'entièreté du rapport que les chercheurs ont à leur pratique. Bien que celle-ci soit intrinsèque au modèle biomédical promu par la nanomédecine et qu'elle se soit révélée être centrale dans le discours des chercheurs, plusieurs d'entre eux ont une distance critique envers celle-ci, alors même qu'ils sont impliqués dans son développement.

II.II.III – Des chercheurs préoccupés :

Virginie A., directrice d'un laboratoire canadien en médecine régénératrice, nous a exprimé l'influence qu'a eu la logique de commercialisation sur son travail de chercheuse et à quel point cette « *mentalité* » entrepreneuriale a bouleversé sa propre pratique scientifique au cours des années :

> « *Si je prends mon expérience personnelle*, je pensais pas beaucoup à ça la commercialisation, la propriété intellectuelle puis établir des brevets et tout ça. Mais le climat pour les subventions au Canada maintenant encourage vraiment ce genre de mentalité. *Ceux qui reçoivent les grosses subventions pour leur recherche, c'est parce qu'ils démontrent qu'ils sont partenaires avec des compagnies, qu'il y a possibilité de commercialiser un produit. Alors toutes les applications pour les subventions, il faut qu'il y ait cet angle là maintenant et ça augmente à chaque année. C'est de plus en plus, il y a rien que des programmes qui sont des programmes en partenariat aves des compagnies et ils parlent juste de «* translation *».* Alors un chercheur maintenant est presque forcé d'avoir des inventions et des brevets, de la propriété intellectuelle pour avoir de l'argent pour fonctionner.

[…] *Ça me dérange parce que je trouve qu'y a des types de recherches qui se feront plus et c'est des types de recherche qui vont donner des résultats dans cinquante ans, pas à court terme. Alors il y a comme un focus au Canada. Ils encouragent beaucoup la recherche qui donne des résultats à court terme. Mais si on fait toujours ça durant les dix prochaines années, qu'est-ce qui va arriver après c'est qu'il y aura pas de nouvelles connaissances qui vont permettre le développement de nouvelles technologies. Alors je trouve qu'il y a comme un focus sur le court terme qui me dérange.* […] *Je trouve que ça devrait être plus balancé. Je suis d'accord qu'il y ait de la commercialisation, c'est important pour l'économie, l'activité économique et puis il y a pas que la recherche fondamentale dans la vie, mais je pense que ça devrait être mieux balancé* ».

A l'image des propos de Virginie A., l'inquiétude centrale dont nous ont fait part plusieurs chercheurs s'est concentrée autour de la tendance commerciale des programmes de subventions des recherches. Selon eux, ces programmes sont beaucoup trop formés sur le modèle de priorités économiques à court terme de l'industrie, mettant en danger tout un pan de la recherche plus fondamentale qui demande un temps de maturation plus long. Charles B., biochimiste et détenteur d'une chair de recherche du Canada, remarquait par exemple :

« *Depuis plusieurs années, il y a une difficulté d'aller chercher des financements pour de la recherche fondamentale. La politique de favoriser la recherche appliquée pour des raisons… pour des résultats rapides, à court terme, d'un point de vue d'entreprise, je pense que ça nuit énormément à la recherche. Toute recherche qu'elle soit appliquée ou non doit assoir ses bases sur de la recherche fondamentale. Financer de la recherche parce qu'elle est à la mode ou parce qu'elle convient à certain type d'entreprise, c'est en fait se suicider à long terme parce que c'est empêcher le développement de recherches fondamentales qui viendront appuyer la recherche appliquée. […] On est dans une mouvance qui va plutôt vers l'application que vers le fondamentale.*

[…] Je pense que l'économie mondiale influence beaucoup le Canada. Je pense que c'est la compétitivité économique à court terme qui a dicté les choix politiques de nos dirigeants qui ne sont peut-être pas les bons à long terme. Mais ils s'en moquent car ils ne seront pas là dans le long terme ! C'est le néolibéralisme actuel qui est la façon de faire actuelle de part le monde, qui dicte les règles de la recherche actuelle. Les acteurs économiques sont aussi les acteurs politiques qui sont eux-mêmes les acteurs scientifiques ».

Cette vive critique du système de financement stratégique et de sa logique courtermiste est également liée à une inquiétude de Charles B. par rapport à la formation de la future génération de chercheurs. Pour lui, un tel système influence trop la formation actuelle des jeunes chercheurs vers la recherche de l'application et pourrait avoir comme effet pervers d'affecter leur capacité à innover scientifiquement :

> « *Ce à quoi ça peut mener, c'est que la prochaine générations de chercheurs canadiens n'aura plus les bases ou n'aura plus la formation pour mener une recherche fondamentale adéquate puisque cette recherche n'aura pas été menée par les gens de ma génération. Donc n'aura pas été enseignée, n'aura pas été promue par les chercheurs de ma génération. Et toutes les bases fondamentales que nous n'acquérons pas actuellement seront des bases fondamentales que les autres pays vont acquérir et donc on va prendre du retard. C'est certain !* »

Cette inquiétude est partagée par Julie T., bioingénieure et chercheuse en médecine régénératrice :

> « *Les futurs chercheurs sont davantage amenés à réfléchir en termes d'industrie, de répondre à l'industrie. En génie, c'est vraiment ça. Les fonds de recherche fondamentale, entre guillemets, diminuent. Vous avez davantage d'argent si vous avez un lien avec l'industrie. De plus en plus de subventions sont obtenues quand vous avez un partenariat avec l'industrie. Il y a davantage de programmes disponibles. C'est vraiment encouragé dans ce sens là. Donc je pense que l'on produit des jeunes chercheurs davantage portés à interagir avec l'industrie* ».

Les jeunes chercheurs sont en effet de plus en plus formés dans cette « *mentalité* » entrepreneuriale. Par exemple, malgré les critiques qu'elle fait de cette dernière, Virginie A. nous a mentionné être responsable d'un séminaire ayant explicitement pour but d'initier les étudiants à la maîtrise et au doctorat à la réalité commerciale de leur recherche. Dans le cadre de ce séminaire, elle a notamment reçu le *manager of commercialization* du CCRM :

« *Je le vois bien dans la manière que j'enseigne… J'ai différentes tâches d'enseignement. Puis je parle beaucoup de ça à mes étudiants. Quand même je le valorise, j'explique comment le système fonctionne et puis que c'est important de penser propriété intellectuelle et de développer des inventions qui peuvent être commercialisées. Et puis pour les étudiants sous-gradués, je suis responsable d'un programme pour l'été où les étudiants qui sont chercheurs, les étudiants sous-gradués qui font des stages de recherche dans les labs, on les rencontre une heure par semaine et il y a différentes personnes qui viennent donner des présentations. Puis justement aujourd'hui j'avais quelqu'un du CCRM, le manager of commercialization qui expliquait ce qu'il faisait dans la vie, son parcours. Dans quelques semaines j'ai quelqu'un, un post-doc, qui a réussi à commercialiser une de ses inventions et je lui ai demandé de venir raconter son histoire, comment il est parti de son idée dans le lab et puis il a fait un partnership avec une compagnie et a commercialisé son invention. C'est pour les intéresser, pour leur montrer cette autre côté là. D'une certaine façon, j'ai pas été tellement exposée à ça quand j'étais étudiante et puis peut-être ça aurait été bon que j'en entende parler parce que c'est plus tard dans ma carrière que je suis devenu « ah ! c'est important pour avoir de l'argent ». Pour avoir de l'argent, il faut cet angle là de la commercialisation… pour faire fonctionner le laboratoire. Fait que je pense que les étudiants aujourd'hui sont beaucoup plus prêts de la commercialisation et il y a beaucoup de professeurs qui ont des spin-off compagnies* ».

Pour Nicolas L., chercheur français en nanopharmaceutique, cette mentalité commerciale a d'importantes conséquences sur la marge de liberté du chercheur et de ses choix de recherche :

« *Aujourd'hui on a moins de liberté pour se faire financer. C'est clair qu'on est très conditionné par la nature de l'appel d'offre. En France, il y a des appels d'offre de l'ANR [Agence nationale de recherche] et bien sûr faut qu'on se plie aux conditions de l'appel. C'est pareil pour la collaboration avec les industriels. En fait, les industriels, ils viennent souvent avec un principe actif et nous disent : « voilà on a un problème. Est-ce que vous pensez que les nanotechnologies peuvent le résoudre ?* ».

Enfin, un autre point critique soulevé par Jean-Charles R., chercheur à l'École Centrale en France, concerne l'impact social du « *raccourcissement du processus d'industrialisation* » de l'innovation technologique. Pour lui, le fait de vouloir commercialiser le plus rapidement possible des technologies dont nous n'avons pas encore

mesuré toute l'ampleur des conséquences sociales pose un problème éthique face auquel le chercheur ne peut rester muet :

> « *Je ne peux pas dire que je suis très à l'aise avec le processus de technoscience de manière générale. Un point qui est pour moi extrêmement défavorable est* le raccourcissement du processus d'industrialisation*. Je vais essayer d'être un peu plus clair. J'aimerais pouvoir faire de la recherche sur la durée sans que l'on soit obligé d'industrialiser quelque chose à la sortie. Industrialiser quelque chose et que ce soit possible, c'est parfait. Toutefois, que l'on soit obligé de le faire ou de piloter tout par les applicatifs, ceci me paraît extrêmement mauvais.* […] *Ceci me paraît non seulement contre-productif, mais c'est dangereux. Un exemple flagrant est les tests génétiques pour le grand public aux Etats-Unis où on est rendu dans le grand n'importe quoi, genre « 23 and Me », des choses comme ça.* On ne sait même pas réellement réfléchir, s'approprier les questions qui sont derrière ça, mais on peut commercialiser. […] On n'est pas des experts là-dedans, mais on peut pas rester neutre

III – Les implications du modèle bioéconomique émergeant

Loin d'être homogène, l'espace bioéconomique se construit autour des trois grands secteurs expérimentaux au fondement de la nanomédecine (médecine prédictive, médecine personnalisée et médecine régénératrice). Alors que les grandes entreprises pharmaceutiques (la Big Pharma) domine la structure commerciale de base des produits biotechnologiques de la santé[389], le développement de l'espace bioéconomique est porté en grande partie par les efforts de recherche des *start-ups* et des PME dans ces secteurs expérimentaux nourris par les avancées dans les laboratoires universitaires.

[389] OCDE, *La bioéconomie à l'horizon 2030. Quel programme d'action ?*, op. cit., p. 195.

Une étude de la commission européenne portant sur le marché de la nanomédecine rapportait que la recherche d'innovations commerciales était largement concentrée autour des *starts-ups* et des PME (76%) qui travaillent souvent simultanément sur plusieurs projets[390]. Le cas de Nanobiotix est une nouvelle fois significatif. Malgré la petite taille de la compagnie (30 employés), celle-ci développe trois types d'innovations. Selon cette même étude, la Big Pharma contribue peu à ce développement car les grandes compagnies pharmaceutiques se concentrent principalement sur des projets individuels – dont beaucoup ne laissent transparaître aucunes informations sur leur nature et leur stade de développement – ou sur la vente d'un petit nombre de produits issus des nanotechnologies (*nanotechnology-based products*), négligeable en termes de chiffre d'affaires[391].

Cherchant à attirer l'attention à la fois des capital-risqueurs et de la Big Pharma pour se faire financer ou racheter[392], les *start-ups* et les PME sont très actives dans la promotion de leurs innovations expérimentales qui nécessitent de forts investissements. Pour reprendre l'expression de Sunder Rajan, leur croissance dépend d'un « marketing de la promesse » (*rhetoric of promissory marketing*)[393]. Nanobiotix affiche par exemple sur la page d'accueil de son site Internet l'ouverture de l'augmentation de son capital et invite les investisseurs intéressés à y participer en faisant la promotion de ses innovations. Contrairement à la logique prédominante dans le milieu des grandes industries pharmaceutiques privilégiant l'investissement dans des produits rapidement commercialisables à fortes valeurs ajoutées[394], ces compagnies se consacrent pour beaucoup au développement d'innovations sur le long

390 Volker Wagner and al., *Nanomedicine: Drivers for Development and Possible Impacts* (Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2008), p. 33.
391 Ibid.
392 OCDE, *La bioéconomie à l'horizon 2030. Quel programme d'action ?*, op. cit., p. 201.
393 Kaushik Sunder Rajan, *Biocapital: The Constitution of Postgenomic Life*, op. cit., p. 115.
394 Claude Allary and Julian Ozdowski, "Stratégies pour l'innovation pharmaceutique," *Reflets*, août-septembre 2008, p. 57.

terme dans les secteurs expérimentaux de la recherche biomédicale. C'est en ce sens que ces compagnies sont une force motrice centrale de la bioéconomie puisqu'elles contribuent à façonner son développement économique à partir des promesses technologiques de ces secteurs.

III.I – Vers un marché « individualisé » de la santé ?

Dans son rapport *La bioéconomie à l'horizon 2030*, l'OCDE insiste sur le fait que ces promesses technologiques sont porteuses d'un « changement radical »[395] par rapport au modèle économique actuel dominant le marché de la santé. Elles impliquent un modèle économique émergeant qui vient concurrencer et remettre profondément en cause le modèle commercial de la Big Pharma. Soutenu par le développement du concept de médecine personnalisée, ce changement repose sur « la tendance à l'individualisation des soins de santé »[396].

L'OCDE remarque en effet que les méthodes de traitement plus individualisées proposées par les innovations moléculaires et cellulaires pourraient « […] avoir des répercussions très profondes sur le modèle économique actuel des grandes industries pharmaceutiques intégrées verticalement, qui se fonde sur les recettes tirées d'un petit nombre de médicaments vedettes (générant plus d'un milliard USD de chiffre d'affaires par an) pour couvrir les frais élevés de R-D [Recherche et développement] »[397]. Dominant aujourd'hui encore la structure commerciale du marché de la santé, le modèle économique de

395 OCDE, *La bioéconomie à l'horizon 2030. Quel programme d'action ?*, op. cit., p. 206.
396 Ibid., p. 205.
397 Ibid., p. 204.

la Big Pharma est celui du *Blockbuster business*[398]. Il est fondé sur la commercialisation d'un médicament vedette aux propriétés standardisées qui visent à toucher le plus grand nombre possible de potentiels consommateurs. Il est caractéristique d'un modèle de production en série basé sur le concept du dosage « *one-size-fits-all* » (*one-size-fits-all concept of dosing*)[399].

A l'inverse, la « tendance à l'individualisation » implique l'« étroitisation du marché »[400] de la santé, c'est-à-dire qu'elle pousse vers la dé-standardisation de l'offre des produits biomédicaux. Cette tendance fait directement écho à l'individualisation du rapport à la santé et au corps caractéristique du processus de biomédicalisation portée par la nanomédecine, dont les innovations tant diagnostics que thérapeutiques ciblent des individus spécifiques, c'est-à-dire des niches de marché restreintes[401].

Prenant le cas de la médecine régénératrice, le rapport de l'OCDE remarque que cette dernière « cadre mal » avec le modèle pharmaceutique dominant car « lorsqu'on utilise des cellules souches autologues, on ne dispose pas de produit normalisé et breveté à vendre »[402]. Ainsi, « [c]omme cette médecine utilise souvent les propres cellules (dites autologues) du patient pour diminuer le risque de rejet, il est peu probable qu'elle épouse le modèle économique actuel du secteur pharmaceutique »[403]. Les auteurs du rapport en concluent que les nouveaux traitements fondés sur le génie cellulaire et les cellules souches risquent de « remplacer » puis de « détruire » le marché des produits pharmaceutiques traitant les

398 L'article suivant donne une description synthétique de ce modèle : Jim Gilbert, "Rebuilding Big Pharma's Business Model" *In Vivo. The Business & Medicine Report* 2, no. 10 (November 2003), en ligne.
399 Lawrence Lesko, "Personalized Medicine: Elusive Dream or Imminent Reality?" *Clinical Pharmacology & Therapeutics* 81, no. 6 (2007), p. 808.
400 OCDE, *La bioéconomie à l'horizon 2030. Quel programme d'action ?*, op. cit., p. 204.
401 Volker Wagner and al., *Nanomedicine: Drivers for Development and Possible Impacts*, op. cit., p. 79.
402 Ibid., p. 207.
403 Ibid., p. 204.

maladies chroniques comme le diabète, l'arthrite ou la démence[404]. Au lieu d'utiliser un médicament produit en série par un industriel, ce sont les propres éléments vitaux du patient qui sont utilisés comme base du produit thérapeutique. Le corps du patient est ici non seulement la cible, mais aussi la source même du produit développé. La médecine régénératrice suppose par conséquent un modèle économique où la production de valeur repose sur l'exploitation du corps du patient. Celui-ci est producteur de « biovaleur »[405].

On peut également prendre comme autre cas de figure celui des thérapies ciblées en oncologie où il s'agit d'encapsuler dans un vecteur nanométrique le dosage thérapeutique approprié en fonction des particularités de la condition biologique individuelle du patient. Ici, le modèle économique que sous-tend le concept du dosage « *one-size-fits-all* » est remis en question par le « *targeted dosage* »[406]. Il s'agit de créer un produit dont la valeur qu'il générera repose sur l'exploitation de la spécificité du corps pris individuellement comme source d'un produit individualisé.

Pour l'OCDE, ces technologies « individualisées » ne peuvent espérer dégager des revenus aussi élevés que ceux des « médicaments vedettes »[407]. Les sources de revenus attendues d'un tel modèle reposeront plutôt sur la diversification des traitements, des médicaments et des services de santé[408]. Cette diversification implique une nouvelle approche de la consommation en santé qui renvoie à la création d'un vaste marché de biens et de services technoscientifiques offerts à des « consommateurs de santé » poussés à la

404 Ibid., p. 206.
405 Cathy Waldby and Robert Mitchell, *Tissue Economies: Blood, Organs, and Cell Lines in Late Capitalism*, op. cit.
406 Lawrence Lesko, "Personalized Medicine: Elusive Dream or Imminent Reality?" *Clinical Pharmacology & Therapeutics*, op. cit., p. 809.
407 OCDE, *La bioéconomie à l'horizon 2030. Quel programme d'action ?*, op. cit., p. 206.
408 Ibid.

recherche du meilleur moyen de prendre en charge leur individualité biologique. Par conséquent, les secteurs d'innovation de la nanomédecine sont porteurs d'un nouveau modèle de production et de consommation des produits diagnostics et thérapeutiques qui concurrence celui de la Big Pharma en poussant vers une refonte radicale de l'économie de la santé autour de l'exploitation individualisée des éléments et processus biologiques.

L'une des importantes conséquences de cette dynamique est de s'accompagner d'un bouleversement des méthodes d'évaluation clinique qui a pour effet de demander de plus en plus la participation des patients comme cobayes dans des essais expérimentaux et de faire ainsi de la clinique un lieu d'expérimentation[409]. Si nous avons vu dans la partie précédente que le développement de la bioéconomie sous-tend un « travail de la connaissance » (*knowledge labor*)[410], c'est-à-dire l'utilisation du travail des chercheurs dans les laboratoires universitaires pour produire de la valeur sous forme de propriétés intellectuelles à partir de la promesse d'innovations technoscientifiques, nous allons maintenant voir qu'il implique parallèlement ce que Melinda Cooper et Catherine Waldby appellent un « travail clinique » (*clinical labor*) pour signifier qu'avec la bioéconomie le corps du patient est inséré dans une dynamique économique faisant de celui-ci une force de travail[411]. Le concept de « travail clinique » permet de donner sens à la réalité pratique des méthodes d'exploitation du corps humain sous-tendus par une grande partie des innovations développées sous la coupe de la nanomédecine.

---

[409] Melinda Cooper and Catherine Waldby, *Clinical Labor : Tissue Donors and Research Subjects in the Global Bioeconomy*, op. cit..

[410] Kean Birch and David Tyfield, "Theorizing the Bioeconomy: Biovalue, Biocapital, Bioeconomics, Or... What ?", op. cit.

[411] Melinda Cooper and Catherine Waldby, *Clinical Labor : Tissue Donors and Research Subjects in the Global Bioeconomy*, op. cit..

III.II – Quand l'innovation devient expérimentation :

Remettant en cause le modèle classique de production en série de la Big Pharma, cette « tendance à l'individualisation » suppose l'émergence d'une économie de la santé qui, selon l'analyse de la sociologue Melinda Cooper, accorde une place grandissante à l'expérimentation et à l'expérience[412]. Poussés par la recherche spéculative d'innovations centrées sur l'individualité biologique, les nouveaux marchés de la santé qui se développent avec la bioéconomie sont de plus en plus des lieux d'expérimentations où le patient est embarqué *in corpore* dans l'essai d'événements spéculatifs devant servir à la création de ces innovations. En ce sens, selon Cooper, l'expérimentation est au cœur des nouvelles stratégies de business des compagnies biomédicales qui, prises dans des logiques financières demandant des résultats concrets et rapides, poussent à repenser le lien entre l'expérience scientifique et le traitement clinique dans l'optique d'accélérer le processus d'innovation[413]. Ce qui suppose une remise en question radicale des méthodes d'évaluations cliniques, dont nous allons voir que le développement des nouveaux concepts de « recherche trans-lationnelle » et d'essai clinique de « phase 0 » sont exemplaires.

Si ces nouvelles pratiques sont quantitativement marginales dans le champ biomédical, elles sont néanmoins significatives d'un mouvement de fond épistémologique dans la conception et l'encadrement des méthodes d'évaluation clinique qui s'enracine dans la volonté d'accélérer le processus d'innovation. Elles sont paradigmatiques d'une refonde des essais cliniques qui offrent concrètement la possibilité aux compagnies d'expérimenter

[412] Le paragraphe suivant se fonde sur les conclusions d'une recherche sur les formes contemporaines d'expérimentation clinique réalisée par la sociologue Melinda Cooper : Melinda Cooper, "The Pharmacology of Distributed Experiment - User-Generated Drug Innovation," *Body & Society* 18, no. 3&4 (2012), p. 18–43.
[413] Ibid., p. 19.

sur des humains des innovations spéculatives. À cet égard, leur logique scientifique est radicalement différente de celle fondant les essais cliniques randomisés qui constituent la méthode test de référence au cœur de l'évaluation des médicaments pour l'industrie pharmaceutique. Avec pour finalité d'évaluer l'efficacité et les effets secondaires des nouveautés thérapeutiques, les essais randomisés cherchent à répondre à une question scientifique, fondée sur une hypothèse, par la mesure progressive de l'incertitude. Leur objectif est de *contrôler au maximum l'incertitude* liée aux nouveautés thérapeutiques par l'évaluation de leurs effets indésirables. En revanche, les concepts de « recherche translationnelle » et d'essais de « phase 0 » visent à *produire de l'incertitude* pour créer de l'innovation. Relevant d'une logique d'expérimentation plutôt que d'évaluation, ils inscrivent le patient dans un processus qui cherche à expérimenter un événement spéculatif sur son corps. Portés par un discours de « démocratisation » de la science, ils ont pour finalité d'utiliser le « travail clinique » du corps du patient par la production d'effets de transformation corporelle, c'est-à-dire de phénomènes biomédicaux pour produire de l'innovation[414].

III.II.I – La « recherche translationnelle » :

Soutenue officiellement par la FDA et la European Medicines Agency afin d'accélérer le *pipeline* de développement des thérapies ciblées en oncologie, la recherche translationnelle a spécifiquement pour but « to test, in humans, novel therapeutic strategies developed

[414] Ibid., p. 37.

through experimentation »[415]. Comme le remarque Céline Lafontaine, « il s'agit d'une nouvelle forme d'expérimentation sur des sujets humains fondée sur un partenariat scientifique et économique entre l'industrie, l'université, le milieu médical et les patients »[416]. Selon la description donnée par le Q-CROC[417], « la recherche translationnelle se concentre sur l'abolition des barrières entre chercheurs, équipes médicales et patients » [418]. Fondée sur un principe d'aller-retour entre le laboratoire et le chevet du patient (« *Bench to Bedside and Bedside to Bench* »)[419], elle prévoit non seulement d'utiliser des échantillons biologiques prélevés sur des patients pour les étudier en laboratoire, mais également de mettre au point et de tester des technologies expérimentales dans le processus de soin des patients[420]. Ces technologies touchent l'ensemble des champs de la nanomédecine.

L'idée à la base de la recherche translationnelle est donc d'établir une boucle de rétroaction entre le laboratoire et la clinique dans l'optique de nourrir l'innovation. Cependant, on peut lire dans le premier éditorial du *Journal of Translational Medicine* que le retour du « chevet du malade » au « laboratoire » est très limité car les aspects scientifiques sont peu compris par les cliniciens réalisant les expérimentations issues des recherches en laboratoire et, précise-t-on, « the difficulty of dealing with humans poorly appreciated by basic scientists »[421]. Autrement dit, la médecine translationnelle est plutôt comprise comme un effort unidirectionnel pour tester directement sur les humains de nouvelles stratégies de

---

415 Francesco M. Marincola, "Translational Medicine: A Two-Way Road," *Journal of Translational Medicine* 1, no. 1 (2003), p. 1.
416 Céline Lafontaine, *Le corps-marché. La Marchandisation de la vie humaine à l'ère de la bioéconomie*., op. cit., p. 240.
417 Consortium de Recherche en Oncologie Clinique du Québec.
418 http://www.qcroc.ca/informations-aux-patients/quest-ce-que-la-recherche-translationnelle [consulté le 11/03/2014].
419 Francesco M. Marincola, "Translational Medicine: A Two-Way Road", op. cit., p. 1.
420 http://www.qcroc.ca/informations-aux-patients/quest-ce-que-la-recherche-translationnelle [consulté le 11/03/2014].
421 Ibid., p. 1.

soin. Ainsi, « on court-circuite les protocoles d'essais traditionnels en passant directement du laboratoire aux patients et vice-versa »[422]. Activement impliqué dans la promotion de la recherche translationnelle avec son engagement dans le CCMR, Jamie S. souligne que celle-ci est aujourd'hui la « *buzz line* »[423] de la recherche biomédicale : « *I think emphasis is going towards translational research and that's the buzz line, right ? And this is research that can translated to make impact in one way they translated to make impact through commercialization* ».

En harmonie avec la conception de la recherche promue par les politiques scientifiques[424] et notamment les initiatives en nanomédecine qui visent à un « *transfert de technologie rapide et efficace en collaboration avec le secteur privé* »[425], la recherche translationnelle est loin de rester à l'état théorique. Elle est promue dans les universités du monde entier. Les exemples sont nombreux. Parmi tant d'autres, l'Institut de recherches cliniques de Montréal, affilié à l'Université de Montréal, offre une formation multidisciplinaire en médecine cellulaire axée sur la recherche translationnelle[426]. Une telle formation a explicitement pour objectif de former les étudiants à un contexte professionnel arrimé aux besoins de l'innovation qui croise la recherche universitaire, la clinique et l'industrie biomédicale. La clinique est ainsi de plus en plus comprise comme un lieu de

---

[422] Céline Lafontaine, *Le corps-marché. La marchandisation de la vie humaine à l'ère de la bioéconomie*, op. cit., p. 240.

[423] Pour une analyse du rôle des « *buzzwords* » dans la construction de l'espace technoscientifique voir : Bernadette Bensaude-Vincent, "The Politics of Buzzwords at the Interface of Technoscience, Market and Society: The Case of 'Public Engagement in Science,'" *Public Understranding of Science* Published online (February 3, 2014), p. 1–16.

[424] Alberto Cambrosio and al., "Mapping the Emergence and Development of Translational Cancer Research," *European Journal of Cancer* 42, no. 18 (2006), p. 3140–48.

[425] Instituts de recherche en santé du Canada, *Médecine Régénératrice et Nanomédecine. Investir Aujourd'hui Dans Le Promesse de Demain*, op. cit., p. 7.

[426] Voir : http://www.ircm.qc.ca/ETUDIER/MCM/PAGES/TRANSLATION.ASPX?PFLG=1036&lan=1036 [consulté le 12/03/2014]

« translation » (traduction) devant générer de l'innovation. Elle perd une partie de sa mission de soin au détriment d'un objectif d'expérimentation à visée commerciale.

III.II.II – Les essais cliniques de « phase 0 » :

Poussés par les critiques des compagnies pharmaceutiques qui considèrent leur industrie en crise[427], le U.S. Department of Health and Human Services et la FDA publient en 2004 un document dans lequel ils identifient un déclin général des innovations biomédicales[428], plus connu sous le nom de « *pipe problem* ». A la suite de ce rapport, la FDA développe un document d'orientation en partenariat avec l'industrie pharmaceutique et le National Cancer Institute dont l'objectif était de revoir les règles d'encadrement des approches exploratoires et de protection des sujets humains, considérés par les industriels comme l'une des causes principales du déclin de l'innovation médicale[429]. C'est dans ce rapport qu'est introduit la notion d'essais cliniques de phase 0, présentée sous le nom « d'étude microdoses » (*microdose studies*)[430].

---

427 Sur cette question voir le livre très éclairant de Philippe Pignarre, *Le grand secret de l'industrie pharmaceutique* (Paris: La Découverte, 2004).

428 U.S. Departement of Health and Human Services and FDA, *Challenge and Opportunity on the Critical Path to New Medical Products* (Washington D.C., March 2004) : http://www.fda.gov/downloads/ScienceResearch/SpecialTopics/CriticalPathInitiative/CriticalPAthOpportunitiesReports/ucm113411.pdf [consulté le 12/03/2014]

429 U.S. Departement of Health and Human Services, FDA, and Center for Drug Evaluation and Research, *Guidance for Industry, Investigators, and Reviewers - Exploratory IND Studies* (Washington D.C., January 2006) : http://www.fda.gov/downloads/Drugs/GuidanceComplianceRegulatoryInformation/Guidances/ucm078933.pdf [consulté le 12/03/2014].

430 Ibid., p. 9.

Fondamentalement différent de l'essai clinique de phase 1 qui cherche à répondre à une hypothèse prédéterminée[431], l'essai de phase 0 explore de nouvelles hypothèses en recherchant le plus d'effets possibles sur un petit groupe de patients auquel a été administré des microdoses d'un médicament expérimental[432]. Il a pour objectif de récolter *in vivo* des informations du comportement et de l'efficacité du dosage expérimental, c'est-à-dire des informations provenant directement d'expériences réalisées sur le corps humain.

Le but explicite de la phase 0 est d'accélérer l'évaluation des médicaments expérimentaux en évitant les études préliminaires de toxicité grâce au microdosage qui est considéré comme ayant peu d'effets secondaires[433]. La phase d'étude préclinique sur l'animal est alors presque totalement éliminée puisqu'il n'est pas nécessaire de prouver l'efficacité du médicament expérimenté avant la réalisation des tests *in vivo*[434]. Elle est par conséquent un autre moyen de passer outre les protocoles et les étapes des essais cliniques traditionnels. Pour les compagnies, le processus de contrôle du médicament s'en trouve écourté et le coût, réduit.

Ainsi, en faisant tomber les barrières entre l'expérience de laboratoire et le soin clinique, de telles réformes ont pour effet d'embarquer le corps du patient dans le processus d'innovation où il devient le matériel expérimental. Elles sont à la base d'un *business model*

---

431 Traditionnellement, après la phase préclinique sur des modèles animaux, les essais cliniques se décomposent en 4 phases. La *phase I* est l'évaluation de l'innocuité du médicament auprès d'un petit groupe de sujets pour déterminer des doses sûres et détecter les effets secondaires. La *phase II* élargit la population test à 100 personnes ou plus afin d'obtenir des données préliminaires sur son efficacité pour un traitement spécifique et raffiner l'évaluation et le dosage requis. La *phase III* élargit encore la population test à 1000 personnes ou plus pour confirmer l'efficacité du médicament et surveiller les effets secondaires. Enfin, la *phase IV* est celle de l'homologation et de la mise en marché. Elle implique souvent un suivi après la commercialisation du médicament.

432 Melinda Cooper, "The Pharmacology of Distributed Experiment - User-Generated Drug Innovation ", op. cit., p. 27.

433 Peter Keating and Alberto Cambrosio, "Clinical Trials in the Age of Personalized Medicine," *Journal of Medicine and the Person* 9 (2011), p. 92.

434 Preciosa M. Coloma, "Phase 0 Clinical Trials: Theoritical and Practical Implications in Oncologic Drug Development," *Open Access Journal of Clinical Trials* 5 (2013), p. 120.

qui implique l'engagement de patients-cobayes dans des expérimentations à retombées commerciales. Ce « travail clinique » conceptualisé par Cooper et Waldby nous confronte par là même à l'une des particularités essentielles du modèle économique de la nanomédecine. Il sous-tend le développement d'un marché « individualisé » de la santé où la transformation technoscientifique du corps n'est pas seulement liée à une logique de consumérisation de la médecine, mais aussi à une logique d'exploitation biologique qui renouvelle la problématique des « corps vils »[435].

Poussée par une pression continue à l'innovation, cette nouvelle logique d'exploitation économique du corps a aussi une dimension globale. Elle se développe sous la forme du phénomène croissant de la délocalisation des essais cliniques vers les pays en développement où elle renouvelle cette fois le problème du « biocolonialisme », c'est-à-dire de « la collecte de données biologiques chez des populations « exotiques » afin d'alimenter la recherche destinée principalement aux pays industrialisés »[436].

III.III – De la bioéconomie au biocolonialisme :

On assiste au XIXe siècle, remarque le philosophe Grégoire Chamayou, à un vaste processus d'« expérimentalisation du monde » qui fait de tout phénomène empirique un potentiel objet d'expérimentation[437]. Central dans le développement de la science moderne, la pratique expérimentale devient le centre du progrès médical, dont le célèbre ouvrage de

[435] Grégoire Chamayou, *Les corps vils: expérimenter sur les êtres humains aux XVIIIe et XIXe siècles* (Paris: La Découverte, 2008).
[436] Céline Lafontaine, *Le corps-marché. La marchandisation de la vie humaine à l'ère de la bioéconomie*, op. cit., p. 145.
[437] Grégoire Chamayou, *Les corps vils: expérimenter sur les êtres humains aux XVIIIe et XIXe siècles*, op. cit., p. 322.

Claude Bernard *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale* est emblématique[438]. Ce processus va faire reposer le progrès médical sur l'expérience *in corpore* qui, dans un contexte de naissance de la biopolitique et de croissance du capitalisme, va trouver l'une de ses ressources essentielles dans le corps des prolétaires[439]. Ce contexte politico-économique est aussi celui-ci de l'expansion coloniale. Ramenés au statut « d'objets de possession » et « déchus du statut de personne humaine », les colonisés constituent un « réservoir » disponible et servile de corps expérimentaux[440]. Les colonies sont considérées comme de véritable laboratoire à ciel ouvert[441]. Le colonialisme s'est s'accompagné d'un *bio*colonialisme.

Aujourd'hui, poussé par la course globale à l'innovation[442], le développement des nouvelles thérapies expérimentales issues de l'ingénierie tissulaire ou de la vectorisation nanoparticulaire s'accompagne d'un renouvellement de la problématique du biocolonialisme[443]. Ce que Melinda Cooper appelle la « volonté d'expérimenter » (*will to experiment*)[444], attachée à ces nouvelles thérapies, ne se traduit pas seulement dans les nouvelles formes d'expérimentation clinique vues plus haut (recherche translationnelle et essai de phase 0), mais s'inscrit aussi dans une importante dynamique historique de

438 Claude Bernard, *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale* (Paris: Flammarion, 2013(1895)).

439 Grégoire Chamayou, *Les corps vils: expérimenter sur les êtres humains aux XVIIIe et XIXe siècles*, op. cit., p. 339.

440 Ibid., p. 345.

441 Margaret Lock and Vinh-Kim Nguyen, *An Anthropology of Biomedicine*, op. cit., p. 178.

442 Brian Salter, "State Strategies and the Geopolitics of the Global Knowledge Economy: China, India and the Case of Regenerative Medicine," *Geopolitics* 14, no. 1 (2009), p. 47–78.

443 Samiran Nundy M. Chir and Chandra M. Gulhati, "A New Colonialism? Conducting Clinicail Trials in India," *New England Journal of Medicine* 352, no. 16 (2005), p. 1633–1636.

444 Melinda Cooper, "Clinical Capital - Neo-Liberalism and the Will to Experiment (China and The Us)" (Global Biopolitics Research Group (working paper), 2007), http://www.kcl.ac.uk/sspp/departments/politicaleconomy/research/biopolitics/publications/workingpapers/wp18.pdf. [consulté le 13/03/2014].

délocalisation des activités cliniques vers des *low-cost countries*[445], particulièrement la Chine, l'Inde, la Russie et l'ex-Union soviétique.

La réalisation des essais se répartit désormais sur plusieurs zones géographiques, non seulement pour la réalisation des différentes phases cliniques, mais également pour une même phase. Le cas du CRLX101[446] de la compagnie américaine Cerulean, spécialisée en nanopharmaceutique, montre bien ce mouvement de délocalisation. L'étude de phase 1 a été réalisée aux États-Unis, alors que la compagnie réalise actuellement l'étude de phase II en Russie et en Ukraine[447]. Il n'est pas rare aussi de voir une phase d'essais réalisée dans plus de cinq pays à la fois et sur des continents différents. Une nouvelle forme d'organisation, les Contract Research Organizations (CRO), s'est d'ailleurs spécialisée dans l'offre de services aux compagnies pour les aider à organiser et à réaliser l'ensemble des différents stades d'essais cliniques multi-situés. Ils guident leurs clients dans les différents environnements régulatoires et leurs réseaux locaux leurs permettent d'organiser pratiquement les essais en sélectionnant le lieu des tests, le bassin de population approprié ainsi que les médecins ou les académiques compétents. Ils ont une connaissance parfaite des règles de chaque pays et entretiennent des relations privilégiées avec les acteurs gouvernementaux, industriels, médicaux et académiques des pays d'accueil. Comme le soulignent les économistes Philip Mirowski et Robert Van Horn, cette nouvelle forme d'organisation est caractéristique de la privatisation et de la commercialisation de la recherche scientifique dans le secteur

---

[445] A.T. Kearney, "Make Your Move : Taking Clinical Trials to the Best Location" (A.T. Kearney Inc., 2006), https://www.atkearney.com/documents/10192/312631/EA+vol+IX+no+1-Make+Your+Move.pdf/bb05c14b-2709-4ff1-828f-8ef851f303de.

[446] Le CRLX101 est une nouvelle approche pour le traitement du cancer. Il consiste en un agent nanoparticulaire combinant une particule d'encapsulation pour la délivrance du médicament (un cyclodextrine) et une composante anticancéreuse (la camptothécine).

[447] Toutes les informations concernant cette étude sont disponibles en ligne sur le site du gouvernement américain *ClinicalTrials.gov* : http://clinicaltrials.gov/ct2/show/record/NCT01380769?term=cerulean&rank=2

biomédical[448].

Ainsi, bien que les pays Occidentaux soient encore les terres d'accueillent les plus importantes pour la réalisation des essais[449], le développement des sites *off-shore* croît de manière exponentielle chaque année. Les taux de croissance les plus importants se situent désormais en Asie, en Europe de l'Est et en Amérique Latine – alors que le taux des pays occidentaux baisse presque systématiquement. Avec un taux de croissance annuelle de leur capacité d'accueil de 47% et de 33%, la Chine et la Russie sont les pays qui connaissent le développement le plus fort, suivis de l'Argentine (26,9%), de la République Tchèque (24,6%), de la Hongrie (22,2%) et du Mexique (22,1%)[450]. En 2009, la Chine avait plus de 150 produits de type biotechnologique en essai sur son territoire et accueillait 750 centres de recherche multinationaux[451].

Du fait de la souplesse de sa législation sur les cellules souches, la Chine est particulièrement impliquée dans la réalisation d'essais dans le domaine de la médecine régénératrice. C'est également le cas de plusieurs autres pays comme l'Inde, Taiwan ou la Pologne. La forte présence des compagnies biomédicales en Chine ne tient toutefois pas seulement à son environnement de recherche « favorable », mais aussi à son potentiel

448 Philip Mirowski and Robert Van Horn, "The Contract Research Organization and the Commercialization of Scientific Research," *Social Studies of Science* 35, no. 4 (2005), p. 503–548.

449 En 2007, les quatre pays ayant le plus grand nombre de sites sont les Etats-Unis (36 281), l'Allemagne (4 214), la France (3 226) et le Canada (3 032). Voir : Fabio A. Thiers and al., "Trends in the Globalization of Clinical Trials," *Nature Reviews Drug Discovery* 7 (2008), p. 13–14.

450 Ibid.

451 Brian Salter, "State Strategies and the Geopolitics of the Global Knowledge Economy: China, India and the Case of Regenerative Medicine", op. cit.

commercial car ce pays est sur le point de supplanter le Japon comme second plus grand marché pharmaceutique au monde après les États-Unis[452].

Outre la grandeur du bassin de populations et la diversité ethnique de ces pays qui permettent une généralisation plus grande des résultats cliniques, d'autres facteurs d'ordre sociologique expliquent ce mouvement de délocalisation. Dans ces pays, les essais cliniques sont souvent le seul moyen d'avoir accès à des soins de santé pour les couches sociales les plus fragiles économiquement, c'est-à-dire une grande partie de la population, laquelle est peu regardante sur les procédures cliniques puisque les tests sont leur seule chance d'accéder aux avancées biomédicales. Les essais sont considérés comme faisant partie intégrante des soins de santé car dans les années quatre-vingt-dix les gouvernements ont massivement adoptés des politiques réformatrices d'inspiration néolibérale qui ont privatisées le système de santé, en réduisant considérablement l'accès[453]. C'est le cas de la quasi-intégralité des pays de l'ex-Union soviétique dont le mode de développement économique s'est calqué sur les modèles néolibéraux prescrits par l'OCDE et le FMI. Plusieurs pays comme la Pologne et l'Ukraine ont adopté des politiques ouvertement avantageuses envers les compagnies biomédicales et sont devenues des pays dont une partie de l'économie repose sur l'accueil de tests cliniques sur leur territoire[454]. En ce sens, le corps malade des populations les plus déshéritées est directement intégré dans le système économique de ces pays et de la création du PIB national, contribuant au développement d'une forme de biopolitique néolibérale reposant sur l'exploitation biologique de ces populations.

---

452 Katie Thomas, "For Drugs Makers, China Becomes a Perilous Market," *The New York Times*, July 16, 2013 [en ligne] : http://www.nytimes.com/2013/07/17/business/global/for-drug-makers-china-becomes-a-perilous-market.html?pagewanted=2&_r=0&hp&pagewanted=print.

453 Adriana Petryna, *When Experiments Travel. Clinical Trials and the Global Search For Human Subjects*, op. cit.

454 Idid.

En Chine, la biopolitique de type de maoïste, qui était à bien des égards semblable à celle que l'on retrouvait en Occident (forte surveillance de la santé de la population et des conduites de vie avec la mise en place de dispositifs coercitifs comme l'enfermement), a été entièrement dissoute avec le démembrement du système de santé national à la suite des réformes de 1978[455]. Avec pour objectif d'ouvrir la Chine à l'économie de marché, ces réformes ont eu pour conséquence de réduire l'accès aux soins pour les populations les plus pauvres, particulièrement celles issues des campagnes chinoises, alors que le régime communisme maoïste leur avait offert une certaine accessibilité aux services médicaux. Une autre importante conséquence de ces réformes a été de légaliser les profits réalisés par les hôpitaux chinois pour des actes non-cliniques comme le test et le développement de nouveaux médicaments ou de nouvelles technologies biomédicales. À cela s'ajoute la fin du régime de salaire standardisé pour les médecins hospitaliers remplacé par un bonus calculé sur l'efficacité du médecin par rapport aux profits réalisés. Plus le médecin réalise des « services » non-cliniques à fort rendement, plus son salaire sera élevé. Il s'en est suivi que plusieurs des hôpitaux et des médecins chinois ont délaissés une partie de leur fonction de traitement pour se consacrer à la réalisation d'actes privés, particulièrement les essais cliniques.

Un autre point central expliquant l'attractivité de ces pays est la sous-médicalisation des patients qui y sont recrutés par rapport aux patients occidentaux souvent surmédicalisés depuis des années[456]. Comme ces patients n'ont pas ou peu eu accès à d'autres formes de traitements, les chances d'interférences avec le produit testé en sont réduites. Cela augmente les chances d'avoir des résultats montrant une efficacité positive du produit et de voir la FDA

[455] Ce paragraphe s'appuie sur l'analyse de : Melinda Cooper, "Clinical Capital - Neo-Liberalism and the Will to Experiment (China and The Us).", op. cit.
[456] Sonia Shah, *The Body Hunters: Testing New Drugs on the World's Poorest Patients* (New York: The New Press, 2006), p. 8.

valider sa mise en marché. De plus, les compagnies trouvent dans cette non-accessibilité initiale aux soins une justification « éthique » à leur activité dans ces pays. Lors d'entrevues réalisées auprès de cadres de CRO, l'anthropologue Adriana Petryna a constaté la présence systématique de cet argument d'utilité sociale dans leurs discours[457]. Argument extrêmement limité puisque une fois la période de tests cliniques terminée, si le traitement a un quelconque effet positif sur l'état du patient, celui-ci n'aura plus accès au produit qu'il a contribué à développer. Même si le produit en question devient disponible sur le marché pharmaceutique de son pays d'origine, le patient sera bien souvent dans l'incapacité économique d'y accéder.

III.III.I – Les « paradis de la recherche » :

Dans une étude publiée par A.T. Kearney, *Make your Move : Taking Clinical Trials to the Best Location*, la firme de conseils en stratégie et management propose un index de comparaison des pays les plus attractifs pour la réalisation d'essais cliniques : le « A.T. Kearney's Country Attractiveness Index for Clinical Trials »[458]. Le point central de cette étude est que les compagnies ont tout intérêt à délocaliser leurs activités cliniques dans les *low-cost countries* car elles peuvent épargner de 30 % à 65 % du montant à investir lors d'une phase de tests par rapport à des essais réalisés sur leur territoire et peuvent réaliser des tests de phase III en 6 à 7 mois de moins – donc réduire significativement le temps de transfert du produit sur le marché.

457 Adriana Adriana Petryna, *When Experiments Travel. Clinical Trials and the Global Search For Human Subjects*, op. cit.
458 A.T. Kearney, "Make Your Move : Taking Clinical Trials to the Best Location", op. cit.

Parmi les cinq facteurs d'attractivité pris en compte par l'index, les « conditions de régulation » (*regulatory conditions*) occupent une place centrale[459]. Par « conditions de régulation », il n'est pas simplement question de la protection de la propriété intellectuelle, mais également de l'environnement légal encadrant les essais. Autrement dit, bien que cela ne soit pas clairement exprimé dans le document, l'un des éléments majeurs de l'attractivité d'un site *offshore* est la permissivité de son environnement légal. Plusieurs des chercheurs que nous avons interrogés ont confirmé ce point lors de nos entrevues. Charles B., bio-ingénieur, nous disait par exemple que « *beaucoup de sociétés font déjà leurs essais en Chine à cause de ce qui est l'aspect normatif qui est beaucoup plus souple. La politique ou, plutôt, l'absence de politique en fait… la déontologie de la recherche en Chine fait que c'est plus facile de faire de la recherche là-bas et à moindre coût aussi* ».

À l'image de la Chine, certains pays sont de véritables « *paradis de la recherche* » pour reprendre l'expression de Christian B., chercheur en génie biochimique :

> « *Le problème avec la globalisation, c'est qu'il y a beaucoup d'interdits qui n'existent pas dans certaines zones géographiques. Les gens dans ces zones là brisent les interdits et font de la recherche que d'autres ne voulaient pas faire. […] comme avec les paradis fiscaux, il y a* les paradis de la recherche *où les gens peuvent faire à peu près ce qu'ils veulent. Il y a plusieurs pays comme ça. En ce moment c'est en Chine. Ils font ce qu'ils veulent en Chine* ».

À l'appui de ces propos, un exemple frappant est celui des recherches qui impliquent l'utilisation de cellules souches, extrêmement régulés dans les pays occidentaux. Une simple recherche sur le site américain *ClinicalTrials.gov* comportant le mot clé « *stem cells* » nous apprend que sur les dix premiers essais répertoriés, utilisant des cellules souches, 7 sont en

[459] Les quatre autres facteurs sont : le bassin de patients, le coût de rendement (mains d'œuvres, déplacements, etc.), la qualité de l'expertise et les infrastructures et l'environnement social.

Chine, 1 en Inde, 1 Taiwan et 1 en Belgique. Malgré le caractère limité d'un tel exercice, celui-ci est tout à fait parlant du rôle de « *paradis de la recherche* » qu'endosse l'Asie.

L'Europe de l'Est est toutefois une zone permettant aussi de contourner certaines restrictions légales. Une chercheuse nous a rapporté le cas d'un collègue qui réalise des tests en Pologne car il est plus facile de s'y fournir en cellules souches : « *un professeur m'a dit qu'il faisait des tests lui-même, il est installé au Québec, mais avec une collaboration avec la Pologne. En Pologne, c'est plus facile d'avoir des cellules souches, c'est plus facile d'avoir des tissus de cordons ombilicaux* ».

Un autre avantage de la souplesse légale régnant dans ces « paradis de la recherche » est de pouvoir contourner la règlementation qu'impose la FDA quant à l'utilisation de placébos sur des groupes tests pour évaluer l'efficacité d'un nouveau traitement[460]. En effet, la FDA n'autorise la réalisation de tests placébo sur le territoire américain que s'il n'existe aucun traitement disponible ou plus efficace que le placébo lui-même et dont pourraient déjà bénéficier les patients malades soumis à un groupe test[461]. Cette restriction légale limite considérablement le risque de voir tester trop rapidement des innovations qui pourraient s'avérer dommageables pour la santé des patients. Afin de contourner cette loi et de pouvoir quand même prouver l'efficacité de leurs produits, plusieurs compagnies réalisent leurs tests à l'étranger dans des pays où cette restriction ne s'applique pas, comme la Hongrie et plusieurs pays des Balkans. Ils peuvent alors soumettre les résultats s'en être inquiété de voir leur recherche écartée par la FDA car cette dernière ferme les yeux à cette stratégie d'évitement de la norme légale. Dans ce cas bien précis, la délocalisation des essais cliniques

[460] Sonia Shah, ''Chapter 2 – The Placebo Control'', *The Body Hunters: Testing New Drugs on the World's Poorest Patients*, op. cit., p. 18-35.
[461] Benjamin Freedman, "Placebo-Controlled Trials and the Logic of Clinical Purpose," *IRB* 12, no. 6 (1990), p. 1–6.

a clairement pour effet de faire des populations de ces pays des cobayes humains et, cela, avec l'ascendant implicite de la FDA – comme dans ce cas rapporté par Adriana Petryna où des tests précliniques, consistant en l'injection de nanoparticules expérimentales, ont été réalisé sur un bassin de population recruté en Inde pour en tester la toxicité initiale avant la réalisation des essais de phase 1[462], alors que cette phase se fait normalement sur des animaux. Les phases 1 sont d'un enjeu commercial considérable pour les compagnies car c'est là que va se décider l'avenir d'une innovation biomédicale.

Cette forme d'expérimentation rapportée par Adriana Petryna est loin d'être anecdotique. Pour clôturer cette section nous allons rapporter deux expériences tout aussi troublantes que nous ont mentionné des chercheurs interrogés. Grégoire C., chercheur spécialisé dans la vectorisation nanoparticulaire, nous a dit avoir été contacté par des chercheurs de l'armée chinoise pour tester une nouvelle méthode d'administration de vaccin utilisant des nanoparticules alors qu'il n'était qu'à un stade expérimental de ses recherches :

> « *J'ai été contacté à un moment donné par des militaires chinois qui étaient prêts à faire des essais cliniques immédiatement sur leurs soldats avec des produits que nous avons fabriqué dans le laboratoire. Je ne sais pas si ça se serait vraiment fait, mais au téléphone on me disait qu'ils étaient prêts à prendre des échantillons et à les tester. C'est incroyable. Au niveau éthique, c'est inacceptable. Mon laboratoire est universitaire. J'ai des collègues qui travaillent avec d'autres pathogènes. Je ne peux pas garantir un niveau de qualité GMP* [Good Manufacturing Practice]*, c'est absolument impossible. Donc c'est éthiquement inacceptable d'injecter à des humains des produits comme ceux-ci. On fait des essais chez les souris dans notre laboratoire, c'est correct, mais pas chez l'humain* ».

Francis L., chercheur en nanorobotique, a eu une expérience similaire avec des chercheurs d'un hôpital chinois qui l'ont contacté à la suite de la publication d'un article pour

[462] Adriana Petryna, *When Experiments Travel. Clinical Trials and the Global Search For Human Subjects*, op. cit., p. 92.

lui offrir de réaliser des tests de sa technologie sur des patients en phase terminale (une technologie de délivrance de médicaments à partir d'un système d'imagerie à résonnance magnétique) :

> « F. L. : *Voilà plusieurs années de cela, on était même pas prêts à faire des tests in vivo sur les humains et j'ai été contacté par la Chine pour faire des tests sur les humains. On était même pas avancé. On avait fait des choses de base sur un cochon. Il y avait même pas de médicaments, pour dire… […] Et là j'ai expliqué que la technologie est pas assez développée. Et il me disait qu'il y a des patients. Ici, des patients on en a, mais c'est pas encore utilisé car il y a toute sorte de règles. Ça donne un peu une idée de comment ça fonctionne là-bas, c'est beaucoup plus souple. A avoir été en Chine, peut-être que…*
>
> M. N. : *Et qu'est-ce qu'ils vous proposez exactement ?*
>
> F. L. : *De faire des tests sur des humains en phase terminale tout simplement et d'essayer la technique* ».

Francis L. nous rapportait également le cas suivant :

> « *Je lisais sur le High-Intensity Focused Ultrasound* (ultrasons focalisés de haute intensité*) qui est pas approuvé en test pour certains types de cancer. En Europe, ils ont fait à peu près 4 ou 5 tests chez les humains. Puis on regarde en Chine… aux États-Unis ça a pas été approuvé… puis en Chine il y a 1 500 tests qui ont été fait ! Zéro aux États-Unis puisque c'est pas approuvé par la FDA, au Canada non plus. Puis 1 200 ou 1 500 déjà en Chine ! Ça donne déjà une idée. […] J'ai l'impression que les tests sur les humains, le passage de l'animal à l'humain est pas mal raccourci* ».

III.IV - Le coût humain de la nanomédecine :

Nous allons maintenant conclure ce chapitre sur la problématique de l'accessibilité aux innovations de la nanomédecine. Cette problématique est en effet apparue un souci récurrent chez les chercheurs que nous avons interrogés. Contrairement à une rhétorique

répandue dans les discours de promotion politique de la nanomédecine soutenant qu'elle permettrait une plus grande accessibilité aux traitements de pointe et donc une répartition plus égalitaire des innovations biomédicales, une partie importante des chercheurs nous ont fait part de leur scepticisme par rapport à un tel discours. Bien que cette problématique ne soit pas propre aux innovations nanomédicales, mais relative plus largement aux nouvelles technologies[463], plusieurs analystes relais le scepticisme des chercheurs en pointant l'importance du coût élevé du développement de la nanomédecine comme facteur probable d'inégalité d'accès aux innovations en santé[464]. Ce problème risque non seulement de contribuer à accroître le fossé déjà existant entre les pays occidentaux et les pays en développement, mais aussi entre les catégories sociales les plus aisées et les plus démunies. Les politiques de santé qui poussent au développement de la nanomédecine menacent en ce sens d'accentuer ce que Didier Fassin appelle la « bioinégalité », c'est-à-dire la production des inégalités de vie associées à la classe sociale et à l'origine ethnique dont les conséquences sont d'engendrer de la souffrance, des maladies ou même la mort[465]. Et cela particulièrement pour les populations des pays les plus pauvres.

En effet, compte tenu de la longueur de leur cycle de développement (15 à 20 ans) et des investissements à haut risque qu'elles impliquent, les innovations en nanomédecine risquent fort de venir renforcer cette logique bioinégalitaire car les compagnies vont chercher un fort retour sur investissement sur ces technologies[466]. C'est ce que nous dit par exemple Julien V., ingénieur spécialiste dans la création de nanoparticules médicales :

---

463 A ce sujet, consulter : Victor Scardigli, *Les sens de la technique* (Paris: PUF, 1992).

464 Job Timmermans and al., "Ethics and Nanopharmacy: Value Sensative Designs of New Drugs," *Nanoethics* 5 (2011), p. 269–283; Simone Arnaldi and Mariassunta Piccinni, "Nanotechnologies and Equal Access to Healthcare," *Studies in Ethics, Law, and Technology* 3, no. 3 (2010), en ligne; Deb Bennett-Woods, *Nanotechnology: Ethics and Society* (Boca Raton: CRC Press, 2008).

465 Didier Fassin, "Another Politics of Life Is Possible", op. cit.

466 Job Timmermans and al., "Ethics and Nanopharmacy: Value Sensative Designs of New Drugs," *Nanoethics,* op. cit., p. 277.

> « *Le plus grand enjeu va être de pouvoir faire bénéficier ces technologies au plus grand nombre de personnes parce que ces grandes découvertes vont demander énormément d'investissements, de capitaux. Ça va demander énormément d'investissement financier et, par la suite, est-ce que ça va être des technologies de pointe qui vont bénéficier seulement à ceux qui sont extrêmement riches, à une certaine classe ? Nous, dans notre optique, on développe ça pour que ça économise, pour qu'on puisse rendre ces technologies à un prix dérisoire pour qu'elle bénéficie à tous. Évidemment on sait que c'est illusoire, que ça arrivera pas, mais ça devrait tendre vers ça. […] Les grands enjeux sont surtout au niveau des thérapies qui vont coûter très très chers. L'histoire nous enseigne que si j'ai besoin d'investir 500 millions de dollars pour développer une nouvelle nanostructure qui permet de traiter x, y ou z et bien il va falloir que ça se paie quelque part. On a pas encore trouvé de mécénat qui permette de développer des technologies ou personnes ne fait des sous. On trouvera personne pour investir 500 millions de dollars et qu'il y ait zéro sou à faire* »

Afin de s'assurer un retour sur investissement conséquent, les compagnies en nanomédecine se consacrent majoritairement à des innovations permettant de traiter les causes de maladie les plus communes dans les pays riches et non sur les besoins médicaux les plus répandues globalement, ceux des pays du Sud[467] – alors que 90% du total des maladies touche les populations du Sud[468] et que ces maladies ne concernent qu'à peu près 1% du marché des compagnies biomédicales[469]. On pourrait toutefois rétorquer ici que plusieurs recherches en nanomédecine ciblent des pathologies répandues dans les pays du sud (Sida[470], malaria[471] ou infections bactériennes[472]) et qu'elles pourront contribuer de la sorte à l'amélioration des conditions de santé des populations du sud. Or, vu leur coût de développement, ces nouvelles formes sophistiquées de traitement ne seront probablement avantageuses qu'aux populations du nord capables de se les s'offrir, tels les nouveaux

---

[467] Michael G. Tyshenko, "The Impact of Nanomedicine Development on North–South Equity and Equal Opportunities in Healthcare," *Studies in Ethics, Law, and Technology* 3, no. 3 (2009).

[468] Harriet A. Washington, *Deadly Monopolies. The Shocking Corporate Takeover of Life Itself - and the Consequences for Your Health and Our Medical Future* (New York: Anchor Books, 2011), p. 311.

[469] Ibid., p. 310.

[470] Tewodros Mamo and al., "Emerging Nanotechnology Approaches for HIV/AIDS Treatment and Prevention," *Nanomedicine* 5, no. 2 (2010), p. 269–285.

[471] Patricia Urban and Xavier Fernandez-Busquets, "Nanomedicine Against Malaria," *Current Medicinal Chemistry* 21, no. 5 (2014), p. 605–629.

[472] Betty Y.S. Kim and al., "Nanomedicine," *The New England Journal of Medicine* 363, no. 25 (2010), p. 2434–2443.

traitements contre le Sida ou les nouvelles formes de vaccination plus efficaces contre la malaria qui risquent de ne protéger que la seule santé des touristes occidentaux.

Ainsi, lorsque nous avons interrogé Samuel B., chercheur travaillant dans la création de biopuces et de biocapteurs, celui-ci nous fit la remarque suivante : « *Une vision centrée sur la technologie est en soi une vision qui est déjà fausse. La technologie va marcher, mais où ?* ». Ce que Samuel B. voulait nous dire par là est que les technologies nanomédicales sont en soi porteuses d'inégalité car leur développement est à la base fondamentalement prohibitif. Le coût élevé des innovations nanomédicales est relatif aux types d'infrastructures, aux équipements de recherche et aux besoins en main d'œuvre hautement qualifié. Patricia M., chercheuse en médecine régénératrice, abonde dans ce sens :

> « *Je travaille sur de la culture cellulaire. La culture cellulaire c'est pas donnée… c'est très cher. Il faut monter des unités de recherche, puis de traitement et de fabrication qui coûtent énormément d'argent. C'est certain qu'en général la médecine régénératrice ça coûte cher. A partir du moment où on fabrique des cellules ça coûte cher. La médecine régénératrice, c'est des cellules vivantes.* Ça a des coûts qui sont supérieurs à d'autres médicaments*. Nous le traitement c'est du sur mesure. Donc ça sous-tend d'avoir une équipe en permanence. Les coûts sont au niveau humain et au niveau des bâtiments. Il faut construire des bâtiments qui soient dans les normes. Donc ça a des coûts. Après c'est des choix de société.* »

Bien qu'il existe des initiatives de recherche comme le Pan African Centre of Excellence in Nanomedicine Research qui cherche à développer des technologies en fonction des besoins des pays africains, ces initiatives restent isolées et fonctionnent avec peu de moyens. C'est pour cela que Samuel B. nous a fait part de son scepticisme quant à l'application de la nanomédecine dans des pays comme le Mozambique où le chercheur a été confronté à la pauvreté des ressources tant matérielles, humaines que médicales. Pour Samuel

B., il faut plutôt penser à des alternatives technologiques plus adaptées aux besoins et aux ressources des pays en développement :

> « *Comment fait-on entrer des préoccupations qui dépassent largement le cadre de nos jolis laboratoires avec de belles infrastructures ? Il y a un mouvement qui s'appelle «* design for the poor *» où au lieu de réfléchir à des objets techniques qui ont une forte valeur ajoutée et qui pourraient se vendre à petite échelle dans les pays occidentaux, c'est plutôt de fabriquer des systèmes qui vont être utiles à plein de gens qui ont peu d'argent, mais à qui l'on peut en vendre tellement que l'on va entrer dans ses frais.* […] *Ce n'est pas compliqué, l'établissement français du sang en Rhône Alpes a développé avec la société DiaMed il y a une vingtaine d'années un test pour le typage des globules rouges. On n'arrête pas de le montrer à tout le monde. Il y a 99.9% de réussite. Ça n'a jamais raté. Il faut juste une petite centrifugeuse et c'est juste une feuille de plastique avec du gel de sucre dedans. Eh bien, c'est ça qu'il faut !* »

Comme le souligne Patricia M., la nanomédecine est un « choix de société ». Ce choix, s'il est porteur économiquement, ne semble pas le plus réaliste du point de vue de l'avancement global de l'égalité d'accès aux soins de santé. Vu sous l'angle de son coût de développement, la nanomédecine offre un modèle biomédical qui risque d'élargir le gap entre les pays du Nord et les pays du Sud et de s'avérer indirectement plus couteux en vie humaine qu'en amélioration globale de la santé.

Par ailleurs, selon l'OCDE, dans un contexte d'augmentation constante du coût des dépenses de santé dans les PIB nationaux des pays riches, le prix des nouveaux traitements issus de la médecine personnalisée ou de la médecine régénératrice est un défi pour les systèmes publics de santé[473]. Le rapport *La bioéconomie à l'horizon 2030* souligne en effet que la forte pression qui devrait peser dans les prochaines années sur les systèmes publics de santé ne sera pas uniquement imputable à un problème démographique lié au vieillissement

[473] OCDE, *La bioéconomie à l'horizon 2030. Quel programme d'action ?*, op. cit., p. 202.

de la population, mais aussi au coût des nouvelles technologies biomédicales[474]. Par rapport à un système de santé dont les analystes politiques et économiques ne cessent de décrier les dysfonctionnements endémiques et les coupures nécessaires pour le maintenir sur pieds, est-il réaliste pour la survie des systèmes publics de santé de promouvoir le développement de ces coûteuses innovations biomédicales ?

À ce titre, le rapport de l'OCDE remarque que la nature même des nouveaux traitements proposés par la médecine régénératrice nécessite d'importants services cliniques et de laboratoire difficilement conciliables avec le modèle de financement économique des hôpitaux publics. « Le modèle économique le plus proche, nous disent les auteurs, pourrait être celui des cliniques privées de chirurgie esthétique »[475]. Le rapport laisse entendre que le développement de ces nouvelles thérapies ne serait conciliable qu'avec la privatisation des soins de santé. La nanomédecine serait par là même inconciliable avec un système de santé universel et public.

Ainsi, face à l'enthousiasme des décideurs pour le développement de la nanomédecine, nous voyons que la « médecine du futur » soulève de nombreuses questions relatives à l'essor de nouvelles formes d'exploitation du corps et d'inégalité d'accès aux soin de santé. Fer de lance de la bioéconomie, la nanomédecine se définit en fonction de priorités commerciales qui intègrent la santé et le biologique dans le cercle d'une économisation programmée qui a pour effet de placer sur le même continuum la recherche biomédicale et le débouché commercial, la santé et le profit économique, le vivant et le capital.

474 Ibid.
475 Ibid., p. 207.

Conclusion

« *Et toutefois qui dit chair dit aussi sensibilité* »

Antonin Artaud[476]

Au terme d'un parcours qui nous a conduit des territoires les plus reculés du corps humain jusqu'aux dynamiques de la globalisation techno-économique, il semble nécessaire de revenir sur l'ambition initiale à l'origine de cette thèse et de mettre en valeur certains éléments généraux qui en ressortent. En développant notre modèle de la nanosanté, nous cherchions à proposer un outil conceptuel qui permette d'explorer les différentes dimensions et les enjeux sociaux, culturels et politico-économiques du nouveau rapport à la santé auquel nous confronte l'application des nanotechnologies à la médecine. Nous souhaitions développer un outil sociologique qui offre la possibilité d'avoir un regard d'ensemble sur la spécificité du modèle de prise en charge technoscientifique de la santé porté par la nanomédecine. Et, cela, dans le but d'en faire émerger certaines des implications globales sur le corps, l'identité et, plus largement, la société.

Il faut insister sur le caractère limité de cette entreprise. En tant qu'idéaltype, notre modèle de la nanosanté n'offre pas un miroir de la réalité et des enjeux sociologiques

[476] Antonin Artaud, "Position de la chair," in *L'ombilic des limbes* (Paris: Gallimard, 1956(2003)), p. 191.

complexes que sous-tend le développement de la nanomédecine. Les trois dimensions idéaltypiques de notre modèle (transversalité, amélioration et globalisation) ne nous renvoient pas l'image de cette complexité. Elles sont des portes d'entrées qui permettent d'en donner un sens limité et circonscrit par l'appareillage théorique proposé et les différents matériaux empiriques utilisés. Malgré ces limites, notre modèle offre cependant l'opportunité de mettre en perspective les enjeux culturels globaux liés à la nanomédecine.

Porteuse d'une transformation de l'« art de guérir » sur le modèle d'une bio-ingénierie, la nanomédecine nous confronte à un changement profond dans la manière d'envisager la santé et les moyens pour l'atteindre. Cette mutation est culturellement en phase avec une société accordant une valeur centrale au maintien et à l'amélioration technoscientifique de la vie *en elle-même*[477]. En ce sens, la nanomédecine trouve son assise dans une « culture de la vie »[478] qui, soutenue par une dynamique de biomédicalisation de la société, fait de la recherche de la perfectibilité technique du corps la forme ultime de la réalisation de soi. Fondée sur la recherche d'un contrôle technique toujours plus précis de la destinée biologique individuelle, la nanomédecine propose un modèle biomédical qui répond à cette nouvelle quête identitaire caractéristique de l'émergence d'une biocitoyenneté. Quête identitaire dont les effets se font ressentir jusque sur le marché pharmaceutique et le système de santé.

Autant intéressé par l'éradication du pathologique que par l'amélioration de la santé et de nos potentialités physiologiques individuelles, la nanomédecine participe ainsi à un renouvellement de la forme du contrôle biomédical et du pouvoir sur la vie. La nanomédecine est par là même foncièrement politique ; dans le sens où elle n'est pas simplement soutenue

[477] Nikolas Rose, *The Politics of Life Itself*, op. cit.
[478] Karin Knorr Cetina, "The Rise of a Culture of Life", op. cit.

par des initiatives et des intérêts politico-économiques, mais parce qu'elle s'enracine dans une biopolitique de la transgression et du dépassement technoscientifique de la « condition humaine », c'est-à-dire, pour reprendre les mots d'Hannah Arendt, de « l'existence humaine telle qu'elle est donnée »[479].

Cet enracinement politique de la nanomédecine et, plus largement, de la recherche biomédicale contemporaine dans une pensée de la transformation technique de l'humain, Arendt en avait dès 1958 déjà saisi toute la portée culturelle :

> « Depuis quelque temps, un grand nombre de recherches scientifiques s'efforcent de rendre la vie ''artificielle'' elle aussi, et de couper le dernier lien qui maintient encore l'homme par les enfants de la Nature. […] *Cet homme futur que les savants produiront, nous disent-ils, en un siècle pas davantage, paraît en proie à la révolte contre l'existence humaine telle qu'elle est donnée, cadeau venu de nulle part (laïquement parlant) et qu'il veut pour ainsi dire échanger contre un ouvrage de ses propres mains*. […] C'est une *question politique* primordiale que l'on ne peut guère, par conséquent, abandonner aux professionnels de la science, ni à ceux de la politique »[480].

Au regard de ce que nous dit Arendt, la nanomédecine est « une question politique primordiale » qui puise ses racines dans une nouvelle manière d'envisager l'existence humaine comme n'étant plus « donnée » à l'homme, mais comme étant un « ouvrage de ses propres mains ». Ouvrage à réaliser par le moyen des technosciences. Se donner les moyens d'envisager l'existence humaine comme une oeuvre de nos propres mains ne signifie pas ici d'en construire le sens et la forme en fonction de notre engagement social dans le monde. Cette oeuvre se comprend par l'intervention technoscientifique sur notre destinée corporelle

---

479 Hannah Arendt, *La Condition de L'homme Moderne* (Paris: Pocket, 2002).

480 Ibid. Italiques ajoutés.

individuelle, faisant de la réalisation de soi une action technique sur soi. Ce n'est pas une création à la hauteur de l'Homme, mais une création à la hauteur de nos moyens techniques. Une création dont l'idéal est de dépasser l'Homme « *en alignant son corps sur ses instruments grâce au* human engineering »[481].

Si la nanomédecine se développe incontestablement pour la vie, pour la santé, ce souci repose sur une certaine conception politique du « bien-être » de l'Homme et de son devenir collectif qui est peut-être l'une des expressions les plus abouties de la pensée néolibérale. Dans sa version la plus radicale, cette conception nous donne à voir l'image d'une société de « consommateurs de santé » dont la finalité s'épuise dans une quête individuelle pour la perfection biologique d'un corps devenu marché[482]. Ce souci s'adresse aussi à un certain « type d'Homme » : les plus nantis de notre planète. Se développant au nom d'une politique de la vie, ce souci ne touche pas toutes les vies de la même manière. Il s'accompagne de nouvelles formes d'exploitation du corps et d'inégalité d'accès aux soins de santé. Dans son article « Crise de la médecine ou crise de l'antimédecine ? », Foucault soulignait que « la santé est un désir pour les uns et un luxe pour les autres »[483]. Souhaitons que ce désir ne devienne pas aussi un danger « pour les autres ».

---

481 Günther Anders, *L'obsolescence de l'homme. Sur l'âme à l'époque de la deuxième révolution industrielle* (Paris: Encyclopédie des nuissances/Ivrea, 2002), p. 53.

482 Céline Lafontaine, *Le corps-marché. La marchandisation de la vie humaine à l'ère de la bioéconomie*, op. cit.

483 Michel Foucault, "Crise de la médecine ou crise de l'antimédecine ?", op. cit.

Bibliographie

A. Washington, Harriet. *Deadly Monopolies. The Shocking Corporate Takeover of Life Itself - and the Consequences for Your Health and Our Medical Future*. New York: Anchor Books, 2011.

A.T. Kearney. "Make Your Move : Taking Clinical Trials to the Best Location." A.T. Kearney Inc., 2006. https://www.atkearney.com/documents/10192/312631/EA+vol+IX+no+1-Make+Your+Move.pdf/bb05c14b-2709-4ff1-828f-8ef851f303de.

Ach, Johann S., and Beate Luttenberg. *Nanobiotechnology, Nanomedicine and Human Enhancement*. Munster: LIT Verlag, 2008.

Adam, Barbara. "Domain of Faith: The Future as Fate, Fortune, Fiction and Fact." *International Conference presented at the Governing Futures. Imagining, Negociating & Taming Emerging Technosciences*, Universität Wien, Wien, September 22, 2011.

———. Time. Cambridge: Polity Press, 2004.

Adams, Vincanne, Michelle Murphy, and Adele E. Clarke. "Anticipation: Technoscience, Life, Affect, Temporality." *Subjectivity* 28 (2009): 246–65.

Agar, Nicholas. *Truly Human Enhancement. A Philosophical Defense of Limits*. Cambridge: MIT, 2013.

Ahmadi, M.M., and G.A. Jullien. "A Wireless-Implantable Microsystem for Continuous Blood Glucose Monitoring." *IEEE* 3, no. 3 (June 2009): 169 –180.

Alberganti, Michel. *Sous L'oeil des puces*. Paris: Actes-Sud, 2007.

Allary, Claude, and Julian Ozdowski. "Stratégies pour l'innovation pharmaceutique." *Reflets*, September 2008.

Allhoff, Fritz. "The Coming Era of Nanomedicine." *The American Journal of Bioethics* 9, no. 10 (2009): 3–11.

Allhoff, Fritz, and al. *What Is Nanotechnology and Why Does It Matter? From Science to Ethics*. Oxford: Wiley-Blackwell, 2010.

Anders, Günther. *L'obsolescence de l'homme. Sur l'âme à l'époque de la deuxième révolution industrielle*. Paris: Encyclopédie des nuissances/Ivrea, 2002.

———. *L'obsolescence de l'homme. Tome II. Sur la destruction de la vie à l'époque de la troisième révolution industrielle*. Paris: Éditions Fario, 2011.

Anderson, Mark. "Dreaming About Nano Health Care." *WIRED*, November 14, 2000. http://www.wired.com/science/discoveries/news/2000/11/40166.

Archibugi, Daniele, and Simona Iammarino. "Innovation and Globalization." In *European Integration and Global Corporate Strategies*, by François Chesnais, Grazia Ietto-Gillies, and Roberto Simoneti, 91–116. London: Routledge, 2000.

Arendt, Hannah. *La condition de l'homme moderne*. Paris: Pocket, 2002.

Armstrong, David. "The Rise of Surveillance Medicine." Sociology of Health & Illness 17, no. 3 (1995): 393–404.

Arnaldi, Simone, and Mariassunta Piccinni. "Nanotechnologies and Equal Access to Healthcare." *Studies in Ethics, Law, and Technology* 3, no. 3 (2010).

Artaud, Antonin. "Position de la chair." In *L'ombilic des limbes*, 189–191. Paris: Gallimard, 1956.

Atkinson-Grosjean, Janet. *Public Science, Private Interests. Culture and Commerce in Canada's Networks of Centres of Excellence*. Toronto: University of Toronto Press, 2006.

Bashirullah, R. “Wireless Implants.” *IEEE* 11, no. 7 (December 2010): S14 –S23. .
Baudrillard, Jean. *Simulacres et simulation*. Editions Galilee, 1981.
Bennett-Woods, Deb. *Nanotechnology: Ethics and Society*. Boca Raton: CRC Press, 2008.
Bennett-Woods, Debra. “Anticipating the Impact of Nanosience and Nanotechnology in Healthcare.” In *Nanoscale: Issues and Perspectives for the Nano Century*, by Nigel M. de S. Cameron and Ellen Mitchell, 295–314. Hoboken: John Wiley & Sons, 2007.
Bensaude-Vincent, Bernadette. *Les vertiges de la technoscience*. Paris: La Découverte, 2009.
———. “Nanotechnologies : une révolution annoncée.” Études T411 (2009): 605–11.
———. *Se libérer de la matière ? Fantasmes autour des nouvelles technologies*. Paris: Quae, 2004.
———. “The Politics of Buzzwords at the Interface of Technoscience, Market and Society: The Case of ‘Public Engagement in Science.’ *Public Understranding of Science Published online* (February 3, 2014): 1–16.
———. “Une technologie sans frontières.” *La revue nouvelle* 11 (2011): 32.
Bensaude-Vincent, Bernadette, and Sacha Loeve. “Metaphors in Nanomedicine: The Case Targeted Drug Delivery.” *Nanoethics*, 2013, published on line.
Berger, Michael. *Nano-Society. Pushing the Boundaries of Technology*. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2009.
———. “Plasmonic Nanobubbles Combine Diagnosis and Treatment in One Theranostic Method.” *Nanowerk*, January 1, 2010. http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=14603.php.
Bernard, Claude. I*ntroduction à l’étude de la médecine expérimentale*. Paris: Flammarion, 2013.
Bernstein, Albert. *Discours d’ouverture devant l’Académie canadienne des sciences de la santé : promesses offertes par les sciences de la santé au 21e Siècle*. Ottawa: IRSC, September 21, 2005.
Berube, David. *Nano-Hype. The Truth Behind the Nanotechnology Buzz*. New York: Prometheus Books, 2006.
Besnier, Jean-Michel. *Demain les posthumains. Le futur a-t-il encore besoin de nous ?* Paris: Fayard, 2012.
Birch, Kean. “The Neoliberal Underpinnings of the Bioeconomy: The Ideological Discourses and Practices of Economic Competitiveness.” *Genomics, Society and Policy* 2, no. 3 (2006): 1–15.
Birch, Kean, and David Tyfield. “Theorizing the Bioeconomy: Biovalue, Biocapital, Bioeconomics, Or... What ?” *Science, Technology, & Human Values* 38, no. 3 (2013): 299–327.
Boenink, Marianne. “Molecular Medicine and Concepts of Disease: The Ethical Value of a Conceptual Analysis of Emerging Biomedical Technologies.” *Medicine, Health Care and Philosophy* 13, no. 1 (2010): 11–23.
———. “Tensions and Opportunities in Convergence: Shifting Concepts of Disease in Emerging Molecular Medicine.” *Nanoethics* 3, no. 3 (December 1, 2009): 243–55.
Boenink, Marianne, and al. “Anticipating the Interaction between Technology and Morality: A Scenario Study of Experimenting with Humans in Bionanotechnology.” *Studies in Ethics, Law, and Technology* 4, no. 2 (2010): en ligne.
Boisseau, Patrick, and Bertrand Loubaton. “Nanomedicine, Nanotechnology in Medicine.” *Comptes Rendus Physique* 12, no. 7 (September 2011): 620–36.
Bostrom, Nick. *Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies*. Oxford: Oxford University Press, 2014.
Bouchard, Raymond. *Bio-Systemics Synthesis: Science and Technology Foresight Pilot Project.* Ottawa: Canadian Researd Council, 2003.

Bowman, Diana M., and al. “Anticipating the Societal Challenges of Nanotechnologies.” *Nanoethics* 7, no. 1 (2013): 1–5.

Brewer, Janet, and Ogan Gurel. “Nanomedicine: Issues of Privacy and Informed Consent.” *Nanotechnology Law & Business* 6 (2009): 45.

Bruno, Isabelle. *À vos marques, prêts, cherchez ! La stratégie européenne de Lisbonne, vers un marché de la recherche*. Bellecombe-en-Bauges: Éd. du Croquant, 2008.

C. Roco, Mihail, Chad A. Mirkin, and Mark C. Hersam. *Nanotechnology Research Directions for Societal Needs in 2020*. New York: Springer, 2010.

C. Roco, Mihail, and William S. Bainbridge. *Converging Technologies for Improving Human Performance. Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science*. Arlington, Viriginia: NSF/DOC- sponsored report, 2002.

Cambrosio, Alberto, and al. “Mapping the Emergence and Development of Translational Cancer Research.” *European Journal of Cancer* 42, no. 18 (2006): 3140–48.

Canguilhem, Georges. *Le normal et le pathologique*. Paris: Presses Universitaires France, 2009.

Cavalcanti, Adriano, Bijan Shirinzadeh, Toshio Fukuda, and Seiichi Ikeda. “Nanorobot for Brain Aneurysm.” *The International Journal of Robotics Research* 28, no. 4 (April 1, 2009): 558–70.

CEA. *Nanobiotechnologies-nanomédecine : quels espoirs, quelles limites ?* Gif-sur-Yvette: CEA, December 6, 2007.

Chamayou, Grégoire. *Les corps vils: expérimenter sur les êtres humains aux XVIIIe et XIXe siècles*. Paris: La Découverte, 2008.

Charmaz, Kathy. “Loss of Self: A Fundamental Form of Suffering in the Chronically Ill.” *Sociology of Health & Illness* 5, no. 2 (1983): 168–95.

Che, Connie K., and Mark Gill. “Nanomedicine: The Future of Healthcare.” *Journal Ce*, February 2000, 6–14.

Chir, Samiran Nundy M., and Chandra M. Gulhati. “A New Colonialism? Conducting Clinicail Trials in India.” *New England Journal of Medicine* 352, no. 16 (2005): 1633–36.

Choi, Charles. “Soft Circuits May Lead To ‘Cyborg Tissues’” *Scientific American*, April 30, 2013. http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=soft-circuits-cyborg-tissues.

Clarke, Adele, and al. “Technosciences et nouvelle biomédicalisation : racines occidentales, rhizomes mondiaux.” *Sciences sociales et santé* 18, no. 2 (2000).

Clarke, Adele E., Janet K. Shim, Laura Mamo, Jennifer Ruth Fosket, and Jennifer R. Fishman. “Biomedicalization: Technoscientific Transformations of Health, Illness, and U.S. Biomedicine.” *American Sociological Review* 68, no. 2 (avril 2003): 161–94.

Clarke, Adele, Laura Mamo, and Jennifer Ruth Fosket, eds. *Biomedicalization: Technoscience, Health, and Illness in the U.S.* 1st ed. Duke University Press, 2010.

Coenen, Christopher, Mirjam Schuijff, Martijntje Smits, P. Klaassen, Leonhard Hennen, Michael Rader, and Gregor Wolbring. “Human Enhancement Study.” European Parliament. Report No.: IP/A/STOA/FWC/2005-28/SC35, 41 & 45 PE 417.483 (May 2009).

Coenen-Huther, Jean. “Le type idéal comme instrument de la recherche sociologique.” *Revue française de sociologie* 44, no. 3 (2003): 532.

Collin, Johanne, Marcelo Otero, Monnais-Rousselot Laurence, and Coignard-Friedman Rémi. *Le médicament au coeur de la socialité contemporaine: Regards croisés sur un sujet complexe*. Québec: PUQ, 2006.

Coloma, Preciosa M. “Phase 0 Clinical Trials: Theoritical and Practical Implications in Oncologic Drug Development.” *Open Access Journal of Clinical Trials* 5 (2013): 119–26.

Communauté métropolitaine de Montréal, and NanoQuébec. “Nanotechnologies.” Communauté métropolitaine de Montréal, 2004.
Conrad, Peter. “The Discovery of Hyperkinesis: Notes on the Medicalization of Deviant Behavior.” *Social Problems* 23, no. 1 (October 1, 1975): 12–21.
———. *The Medicalization of Society: On the Transformation of Human Conditions into Treatable Disorders*. Baltimore: The John Hopkins University Press, 2007.
Cooper, Melinda. “Clinical Capital - Neo-Liberalism and the Will to Experiment (China and The Us).” Global Biopolitics Research Group (working paper), 2007. http://www.kcl.ac.uk/sspp/departments/politicaleconomy/research/biopolitics/publications/workingpapers/wp18.pdf.
———. “The Pharmacology of Distributed Experiment - User-Generated Drug Innovation.” *Body & Society* 18, no. 3&4 (2012): 18–43.
Cooper, Melinda, and Catherine Waldby. *Clinical Labor : Tissue Donors and Research Subjects in the Global Bioeconomy*. Durham: Duke University Press, 2014.
Couvreur, Patrick. “Les nanotechnologies peuvent-elles contribuer à traiter des maladies sévères ?” Leçon inaugurale de la Chaire d’innovation Technologique Liliane Bettencourt 2009-2010, Collège de France, January 21, 2010.
Crawford, Robert. “Risk Ritual and the Management of Control and Anxiety in Medical Culture.” *Health*: 8, no. 4 (October 1, 2004): 505–28.
Dagognet, François. *La raison et ses remèdes*. Paris: Presses Universitaires France, 1984.
Dantier, Bernard. “Les « idéaltypes » de Max Weber. Leurs constructions et usages dans la recherche sociologique.” Les classiques des sociales, 2004.
Dardot, Pierre, and Christian Laval. *La nouvelle raison du monde essai sur la société néolibérale*. Paris: La Découverte, 2010.
Dausset, Jean. “Les bases de la Médecine prédictive.” *ADSP* 34 (2001).
De Grey, Aubrey, and Michael Rae. Ending Aging: The Rejuvenation Breakthroughs That Could Reverse Human Aging in Our Lifetime. New York: St. Martin’s Griffin, 2008.
Dion-Labrie, Marianne, M.C. Fortin, M.J. Hébert, and H. Doucet. “Réflexions éthiques sur la médecine personnalisée: l’alliance de la science et de la médecine enfin réalisée?” *Revista Colombiana de Bioética* 3, no. 2 (2008): 33–56.
Drexler, K. Eric. *Engines of Creation : Challenges and Choices of the Last Technological Revolution*. New York: Anchor Books, 1986.
———. *Engins de création. L’avénement des nanotechnologies*. Paris: Vuibert, 2005.
Dürr, Alexandra, Marcela Gargiulo, Ariane Herson, and Ouriel Rosenblum. “Enjeux de la médecine prédictive en neurogénétique : quelle place pour l’homme ?” *Champ Psychosomatique* 55, no. 3 (2009): 83.
Eliaeson, Sven. “Max Weber’s Methodology: An Ideal-Type.” *Journal For the History of the Behavioral Sciences* 36, no. 3 (2000): 241–63.
Esquivel Sada, Daphné. “Le « nanomonde » et le renversement de la distinction entre nature et technique : entre l’artificialisation de la nature et la naturalisation de la technique.” Thèse ou Mémoire numérique / Electronic Thesis or Dissertation, April 16, 2009. https://papyrus.bib.umontreal.ca/jspui/handle/1866/2755.
European Commission, and ETP Nanomedicine. “ROADMAPS IN NANOMEDICINE TOWARDS 2020.” ETP Nanomedicine Secretariat, 2009.
European Group on Ehtics in Science and New Technologies. *Opinion on the Ethical Aspects of Nanomedicine*. Brussels: The European Group on Ethics in Science and New Technologies to the European Commission, 2007.
European Science Foundation. *Nanomedicine: An ESF - European Medical Research Councils (EMRC) Foward Look Report*. Strasbourg: European Science Foundation, 2005.

European Technology Platform on Nanomedicine. *Vision Paper and Basis for a Strategic Research Agenda for Nanomedicine*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, September 2005.

Fassin, Didier. "Another Politics of Life Is Possible." *Theory, Culture & Society* 26, no. 5 (2009): 44–60.

Ferrari, Arianna, Christopher Coenen, and Armin Grunwald. "Visions and Ethics in Current Discourse on Human Enhancement." *Nanoethics* 6, no. 3 (December 1, 2012): 215–229.

Ferrari, Mauro. "Cancer Nanotechnology: Opportunities and Challenges." *Nature Reviews Cancer* 5, no. 3 (March 1, 2005): 161–171.

Fogelberg, Hans, and Hans Glimell. *Bringing Visibilty To the Invisible : Towards A Social Understanding of Nanotechnology*. Göteborg: Göteborg Universitet, 2003.

Forman, Paul. "The Primacy of Science in Modernity, of Technology in Postmodernity, and of Ideology in the History of Technology." *History and Technology* 23, no. 1–2 (2007): 1–152.

Fortina, Paolo, Larry J. Kricka, Saul Surrey, and Piotr Grodzinski. "Nanobiotechnology: The Promise and Reality of New Approaches to Molecular Recognition." *Trends in Biotechnology* 23, no. 4 (April 1, 2005): 168–173.

Foucault, Michel. "Crise de la médecine ou crise de l'antimédecine ?" In *Dits et écrits II. 1976-1988*. Gallimard. Paris, 2001.

———. *Histoire de la sexualité I. La volonté de savoir*. Paris: Gallimard, 1976.

———. *L'herméneutique du sujet. Cours au Collège de France. 1981-1982*. Paris: Gallimard, 2001.

———. *Naissance de la biopolitique. Cours au Collège de France (1978-1979)*. Paris: Gallimard, 2004.

———. *Naissance de la clinique*. 8e édition. Paris: Presses Universitaires de France, 2009.

Franklin, Sarah. "Ethical Biocapital." In *Remaking Life and Death: Toward and Anthropology of the BioSciences*, by Sarah Franklin and Margaret Lock. Santa Fe: School of American Research Press, 2003.

Freedman, Benjamin. "Placebo-Controlled Trials and the Logic of Clinical Purpose." *IRB* 12, no. 6 (1990): 1–6.

Freitag, Michel. *L'impasse de la globalisation: une histoire sociologique et philosophique du capitalisme.* Montréal: Éditions Écosociété, 2008.

Freitas, Robert. *Nanomedicine.Vol.I: Basic Capabilities*. Austin, TX: Landes Bioscience, 1999.

———. "Personal Choice in the Coming Era of Nanomedicine." In *Nanoethics. The Ethical and Social Implications of Nanotechnology*, by Fritz Allhoff, Patrick Lin, James Moor, and John Weckert, 161–72. New Jersey: John Wiley & Sons, 2007.

———. "Welcome to the Future of Medicine." *Studies in Health Technol. Inform* 149 (2009): 251–56.

Frippiat, Laurent. "L'amélioration technique de l'être humain: introduction aux différents courants du Débat." *Journal international de bioéthique* 22, no. 3–4 (2011): 33–50.

G. Tyshenko, Michael. "The Impact of Nanomedicine Development on North–South Equity and Equal Opportunities in Healthcare." *Studies in Ethics, Law, and Technology* 3, no. 3 (2009).

Georgescu-Roegen, Nicholas. *The Entropy Law and the Economic Process*. New York; Cambridge, MA; London, UK: ToExcel; Harvard University Press, 1999.

Gerhardt, Uta. "The Use of Weberian Ideal-Type Methodology in Qualitative Data Interpretation: An Outline for Ideal-Type Analysis." *Bulletin de Méthodologie Sociologique* 45 (1994): 74–126.

Gerhardt, Uta, and Klaus Kirchgassler. “Analyse idéaltypique de carrière de patients.” *Sciences Sociales et Santé* 5, no. 5–1 (1987): 41–91.
Gilbert, Jim. “Rebuilding Big Pharma’s Business Model.” *In Vivo. The Business & Medicine Report* 2, no. 10 (November 2003): En ligne.
Gingras, Yves, Peter Keating, and Camille Limoges. “Du savant au chercheur entrepreneur.” *Sciences humaines* Hors série 31 (2001 2000): 32–35.
Goffette, Jérôme. *Naissance de l’anthropotechnie : de la médecine au modelage de l’humain*. Paris: Librairie Philosophique Vrin, 2006.
Gonthier, Frédéric. “Relativisme et vérité scientifique chez Max Weber.” *L’année sociologique* 56 (2006): 18.
Gordon, Neil, and Uri Sagman. “Nanomedicine Taxonomy.” Canadian Institutes of Health Research & Canadian NanoBusiness Alliance, February 2003.
Gray, Chris Hables. *The Cyborg Handbook*. New York: Routledge, 1995.
“Guérie grâce à la thérapie génique: peut-on encore y croire ?” *Technology Review*, no. 3 (2007): 42–68.
Guis, Fany. “Vers un monde sans fumée : analyse sociologique du dispositif anti-tabac au Québec.” Université de Montréal, 2013.
Gusterson, Hugh. *Nuclear Rites: A Weapons Laboratory at the End of the Cold War*. L.A.: University of California Press, 1998.
———. “Studying up Revisited.” *PoLAR 20*, no. 1 (1997): 114–19.
Haraway, Donna. M*odest_Witness@Second_Millennium.FemaleMan@_Meets_OncomouseTM: Feminism and Technoscience*. New York: Routledge, 1997.
Harris, John. *Enhancing Evolution: The Ethical Case for Making Better People*. 1st ed. Princeton: Princeton University Press, 2007.
———. *Nanotechnology World Economy*. Bloomington: AutorHouse, 2009.
Hofmann, Bjørn. “The Technological Invention of Disease.” *Medical Humanitie*s 27, no. 1 (June 1, 2001): 10–19.
Hogle, Linda F. “Life/Time Warranty: Rechargeable Cells and Extendable Lives.” In *Remaking Life and Death: Toward an Anthropology of Biosciences*, edited by Sarah H, and Lock, Margaret (Editor) Franklin, 61–98. Santa Fe: School of American Research Press, 2003.
Hood, Leroy. “A Vision for Personalized Medicine | MIT Technology Review.” *MIT Technology Review*, March 9, 2010. http://www.technologyreview.com/news/417929/a-vision-for-personalized-medicine/.
Hoogvelt, Ankie. *Globalization and the Postcolonial World: The New Political Economy of Development*. Baltimore: John Hopkins University Press, 2001.
Hottois, Gilbert. *Entre symbole et technosciences*. Seyssel: Champ Villon, 1996.
———. *Le signe et la technique*. Paris: Aubier, 1984.
Hughes, James. “Beyond Human Nature: The Debate Over Nanotechnological Enhancement.” In *Nanoscale: Issues and Perspectives for the Nano Century*, by Nigel M. de S. Cameron and Ellen Mitchell, 61–70. Hoboken: John Wiley & Sons, 2007.
Hullmann, Angela. *European Activities in the Field of Ethical, Legal and Social Aspects (ELSA) and Governance of Nanotechnology*. Brussels: European Commission (Unit Nano and Converging Sciences and Technologies’’), 2008.
Instituts de recherche en santé du Canada. Médecine Régénératrice et Nanomédecine. *Investir aujourd’hui dans la promesse de demain*. Ottawa: Instituts de recherche en santé du Canada, 2006.

Interagency Working Group on Nanoscience, Engineering and Technology. *National Nanotechnology Initiative: Leading to the next Industrial Revolution*. Washington D.C.: National Science and Technology Council, February 2000.
Jain, Kewal K. *Biomarkers: Technologies, Markets and Companies*. Basel: Jain PharmaBiotech Publications, 2007.
———. "Nanomedicine: Application of Nanobiotechnology in Medical Practice." *Medical Principles and Practice* 17 (2008): 89–101.
Jain, Kk. "Role of Pharmacoproteomics in the Development of Personalized Medicine." *Pharmacogenomics* 5, no. 3 (April 2004): 331–36.
Johnson, Ann. "Top-Down Science: The Roles of Roadmaps in the Development of Nanotechnology." Joint Wharton-Chemical Heritage Foundation Symposium on Social Studies of Nanotechnology, 2007.
Johnson, Julie A, and William E Evans. "Molecular Diagnostics as a Predictive Tool: Genetics of Drug Efficacy and Toxicity." *Trends in Molecular Medicine* 8, no. 6 (juin 2002): 300–305.
Jotterand, Fabrice. "Nanomedicine: How It Could Reshape Clinical Practice." *Nanomedicine* 2, no. 4 (August 2007): 401–405.
Jutel, Annemarie Goldstein. *Putting a Name to It: Diagnosis in Contemporary Society*. 1st ed. Johns Hopkins University Press, 2011.
K. Rai, Arti, and Rebecca S. Eisenberg. "Bayh-Dole Reform and the Progress of Biomedicine." *Law and Contemporary Problems* 66, no. 1/2 (2003): 289–314.
Kalb, Claudia. "The War on Disease Goes Miniature." *Newsweek* 134–35, no. 26/1 (2000 1999): 89.
Kay, Lily E. "Life as Technology : Representing, Intervening and Molecularizing." In *The Philosophy and History of Molecular Biology : New Perspectives*, edited by S. Sarkar, 87–99. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1996.
———. *The Molecular Vision of Life: Caltech, the Rockefeller Foundation, and the Rise of the New Biology*. Oxford: Oxford University Press, 1999.
Keating, Peter, and Alberto Cambrosio. "Clinical Trials in the Age of Personalized Medicine." *Journal of Medicine and the Person* 9 (2011): 91–98.
Kenen, Regina H. "The at-Risk Health Status and Technology: A Diagnostic Invitation and the 'gift' of Knowing." *Social Science & Medicine* 42, no. 11 (juin 1996): 1545–1553.
Kerr, Ian, and James Wishart. "Tsunami Wave of Science: How the Technologies of Transhumanist Medicine Are Shifting Canada's Health Research Agenda" *Health Law Journal* Special Ed. (2008): 13–39.
Kk, Jain. "Personalized Medicine." *Current Opinion in Molecular Therapeutics* 4, no. 6 (December 2002): 548.
Knorr Cetina, Karin. "The Rise of a Culture of Life." *EMBO Reports* 6, no. S1 (juillet 2005): S76–S80.
Kumar Teli, Mahesh, and al. "Nanotechnology and Nanomedicine: Going Small Means Aiming Big." *Current Pharmaceutical Design* 16, no. 16 (2010): 1882–92.
Lafontaine, Céline. *L'empire cybernétique*. Paris: Seuil, 2004.
———. *La société postmortelle*. Paris: Seuil, 2008.
———. *Le corps-marché. La marchandisation de la vie humaine à l'ère de la bioéconomi*e. Paris: Seuil, 2014.
———. "Nouvelles technologies et subjectivité." *Sociologie et sociétés* 35, no. 2 (2003): 203.
———. "Regenerative Medicine's Immortal Body : From the Fight against Ageing to the Extension of Longevity." *Body & Society* 15, no. 4 (2009): 53–71.

Lafontaine, Céline, and al. *Nanotechnologies et société. Enjeux et perspectives : entretiens avec des chercheurs*. Montréal: Boréal, 2010.
Lafontaine, Céline, and Michèle Robitaille. "Entre science et utopie, le corps transfiguré des nanotechnologies." In *Les technologies de l'espoir - La fabrique d'une histoire à accomplir*, 47–. Annette Leibing (ed.). Québec: Presses de l'Université Laval, 2010.
Lahire, Bernard. *Dans les plis singuliers du social: individus, institutions, socialisations*. Paris: La Découverte, 2013.
———. L'homme Pluriel. *Les ressorts de l'action*. Paris: Hachette, 1998.
Landecker, Hannah. *Culturing Life: How Cells Became Technologies*. 1st ed. Harvard University Press, 2010.
Laurent, Brice. *Les politiques des nanotechnologies. Pour un traitement démocratique d'une science émergente*. Paris: C.L. Mayer, 2010.
Le Dévédec, Nicolas. "De l'humanisme au post-humanisme : les mutations de la perfectibilité humaine." *Revue Du MAUSS Permanente* [en ligne] (December 21, 2008): 1–11.
Le Dévédec, Nicolas, and Fany Guis. "L'humain augmenté, un enjeu social." *SociologieS* en ligne (2013).
Le Noé, Olivier, and Patrick Trabal. "Sportifs et produits dopants: prise, emprise, déprise." *Drogues, santé et société* 7, no. 1 (2008): 191–236.
LEEM. "Application des nanotechnologies à la médecine. Étude sur la compétitivité et l'attractivité de la France. Horizon 2025." Bionest & LEEM, 2009. http://www.leem.org/sites/default/files/1424.pdf.
Lenk, Hans. *Global TechnoScience and Responsability*. Berlin: LIT Verlag, 2007.
Leontis, Vassiliki L., and George J. Agich. "Freitas on Disease in Nanomedicine: Implications for Ethics." *Nanoethics* 4, no. 3 (December 1, 2010): 205–14.
Lesemann, Frédéric. "La société des savoirs et la gouvernance : la transformation des conditions de production de la Recherche universitaire." *Lien social et politique*, no. 50 (2003): 17–37.
Lesko, Lawrence. "Personalized Medicine: Elusive Dream or Imminent Reality?" *Clinical Pharmacology & Therapeutics* 81, no. 6 (2007): 807–816.
Lock, Margaret. "The Eclipse of the Gene and the Return of Divination." *Current Anthropology* 46 (2005): S47–S70.
———. "The Future Is Now. Locating Biomarkers for Dementia." In *Biomedicine as Culture. Instrumental Practices, Technoscientific Knowledge, and New Modes of Life*, edited by Regula Valérie Burri and Joseph Dumit, 61–86. Routledge, 2010.
Lock, Margaret, and Vinh-Kim Nguyen. *An Anthropology of Biomedicine*. West Sussex: Wiley-Blackwell, 2010.
López, José. "Bridging the Gaps: Science Fiction in Nanotechnology." *HYLE* 10, no. 2 (2004): 129–52.
———. "Nanotechnology: Legitimacy, Narrative and Emergent Technologies." *Sociology Compass* 2, no. 4 (2008): 1266–86.
López, José, and Janet Lunau. "ELSIfication in Canada: Legal Modes of Reasoning." *Science as Culture* 21, no. 1 (2012): 77–99.
Lösch, Andreas. "Anticipating the Futures of Nanotechnology : Visionary Images as Means of Communication." *Technology Analysis & Strategic Management* 18, no. 3/4 (2006): 393–409.
———. "Nanomedicine and Space : Discursive Orders of Mediating Innovations." In *Discovering the Nanoscale*, by David Baird, Alfred Nordmann, and Joachim Schummer, 193–202. Amsterdam: IOS Press, 2004.
Lupton, Deborah. "Consumerism, Reflexivity and the Medical Encounter." *Social Science & Medicine* 45, no. 3 (août 1997): 373–381.

———. *The Imperative of Health: Public Health and the Regulated Body*. London: Sage Publications, 1995.
Maestrutti, Marina. *Imaginaires des nanotechnologies. Mythes et fictions de l'infiniment petit*. Paris: Vuibert, 2011.
Maienschein, Jane. "Controlling Life: From Jacques Loeb to Regenerative Medicine." *Journal of the History of Biology* 42, no. 2 (juillet 2009): 215–230.
Mamo, Tewodros, and al. "Emerging Nanotechnology Approaches for HIV/AIDS Treatment and Prevention." *Nanomedicine* 5, no. 2 (2010): 269–85.
Marcotte, Eric, Molly Shoichet, and Richard Chenier. "Defining the National Strategy: Regenerative Medicine in Tissue Engineering and Artificial Organs - Executive Summary." Regenerative Medicine & Nanomedicine, May 2003. http://www.regenerativemedicine.ca/tissue/tissue-executive-summary-May2003.doc.
Marincola, Francesco M. "Translational Medicine: A Two-Way Road." *Journal of Translational Medicine* 1, no. 1 (2003): 1–2.
MaRS Advisory Services. Regenerative Medicine. Commercial Opportunities and Ontario's Strengths. Toronto: MaRS Discovery District, 2009. http://ccrm.ca/sites/default/files/Regenerative%20Medicine%20Industry%20Report%202009.pdf.
Martel, Sylvain, Mahmood Mohammadi, Ouajdi Felfoul, Zhao Lu, and Pierre Pouponneau. "Flagellated Magnetotactic Bacteria as Controlled MRI-Trackable Propulsion and Steering Systems for Medical Nanorobots Operating in the Human Microvasculature." *The International Journal of Robotics Research* 28, no. 4 (April 1, 2009): 571–582.
Masquelet, Alain-Charles. "La relégation du corps à corps chirurgical." In *La relégation du corps*, 139–49. Paris: PUF, 2007.
McCray, W. Patrick. "Will Small Be Beautiful? Making Policies for Our Nanotech Future." *History and Technology* 21, no. 2 (2005): 177–203.
McGrail, Stephen. "'Cracks in the System': Problematisation of the Future and the Growth of Anticipatory and Interventionist Practices." *Journal of Futures Studies* 16, no. 3 (2012): 21–46.
Michèle Robitaille. "Culture du corps et technosciences : vers une « mise à niveau » technique de l'humain? Analyse des représentations du corps soutenues par le mouvement transhumaniste." Thèse de doctorat: Université de Montréal, 2008.
Milburn, Colin. "Nanotechnology in the Age of Posthuman Engineering : Science-Fiction as Science." In *Nanoculture: Implications of the New Technoloscience*, by Katherine N. Hayles, 109–29. Bristol: Intellect Ltd, 2004.
———. *Nanovision: Engineering the Future. Durham and London*: Duke University Press, 2008.
Mirowski, Philip. *Science Mart. Privatizing American Science*. Cambridge & London: Harvard University Press, 2011.
Mirowski, Philip, and Robert Van Horn. "The Contract Research Organization and the Commercialization of Scientific Research." *Social Studies of Science* 35, no. 4 (2005): 503–48.
Missa, Jean-Noel. "Dopage sportif et médecine d'amélioration." *Journal international de bioéthique* 22, no. 3–4 (2011): 93–121.
Mody, Cyrus. "Small, but Determined : Technological Determinism in Nanoscience." *HYLE* 10, no. 2 (2004): 99–128.
Mohandy, Chandana, and al. "Nanobiotechnology: Application of Nanotechnology in Therapeutics and Diagnosis." *International Journal of Green Nanotechnology: Biomedecine* 1 (2009).

Morris, May C. “Cancer et Nanotechnologie. Innovation en diagnostic, vectorisation et thérapeutique.” *Rayonnement du CNRS*, no. 58 (2012): 47–57.
Mowery, David C. “The Bayh-Dole Act and High-Technology Entrepreneurship in U.S. Universities: Chicken, Egg, or Something Else?” *Advances in the Study of Entrepreneurship, Innovation & Economic Growth* 16 (2005): 39–68.
N. Sampat, Bhaven. “Patenting and US Academic Research in the 20th Century: The World before and after Bayh-Dole.” *Research Policy* 35, no. 6 (2006): 772–89.
Nanobiotix. “Document de Référence (R. 14-002).” Autorité des marchés financiers, January 27, 2014.
National Centre for Programme Management (Romania), National Centre for Programme Management (Romania), and National Centre for Research and Development (Poland). *Strategic Agenda for EuroNanoMed*. Brussels: EuroNanoMed ERA-NET, 2009.
Nerlich, Briggitte. “From Nautilus to Nanobo(a)ts: The Visual Construction of Nanoscience.” *AZojono. Journal of Nanotechnology* Online 1 (2005): En ligne.
Nordmann, Alfred. “If and Then: A Critique of Speculative NanoEthics.” *Nanoethics* 1, no. 1 (March 1, 2007): 31–46.
———. “Philosophy of Technoscience in the Regime of Vigilance.” In *International Handbook on Regulating Nanotechnologies*, by Graeme A. Hodge and al., 25–45. Cheltenham: Edward Elgar Pub, 2011.
Nuffield Trust (on behalf of the WHO Regional Office for Europe). *The Future of Health - Health of the Future*. London: Nuffield Trust, 2003.
OCDE. *La bioéconomie à l’horizon 2030. Quel programme d’action ?* Paris: OCDE, 2009.
OECD. *The Bioeconomy in 2030 : A Policy Agenda*. Paris: OECD, 2004.
———. *The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda*. Paris: OECD, 2006. http://www.oecd.org/LongAbstract/0,3425,en_2649_34537_34823103_1_1_1_1,00.html.
Office québécois de la langue française. *Vocabulaire panlatin de la nanotechnologie*. Québec: Gouvernement du Québec, 2009.
Ong, Aihwa, and Nancy N Chen. *Asian Biotech: Ethics and Communities of Fate*. Durham [NC]: Duke University Press, 2010.
Organisation des Nations unies. *Déclaration Du Millénaire*. New York, September 8, 2000.
Orsi, Fabienne, and Jean-Paul Moatti. “D’un droit de propriété intellectuelle sur le vivant aux firmes de génomique : vers une marchandisation de la connaissance scientifique sur le génome humain.” *Économie & Prévision* 4–5, no. 150: 123–138.
Palmberg, Christopher, Hélène Dernis, and Claire Miguet. *Nanotechnology: An Overview Based on Indicators and Statistics. OECD Science, Technology and Industry Working Papers*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development, June 25, 2009. http://www.oecd-ilibrary.org/content/workingpaper/223147043844.
Petryna, Adriana. *When Experiments Travel. Clinical Trials and the Global Search For Human Subjects.* Princeton: Princeton University Press, 2009.
Pignarre, Philippe. *Le grand secret de l’industrie pharmaceutique*. Paris: La Découverte, 2004.
Queval, Isabelle. *Le corps aujourd’hui*. Paris: Gallimard, 2008.
Rabinow, Paul. “Artificiality and Enlightment: From Sociobiology to Biosociality.” In *Incorporations*, by J. Crary and S. Kwinter, 243–252. New York: Zone, 1992.
Rajan, Kaushik Sunder. *Biocapital: The Constitution of Postgenomic Life*. Durham: Duke University Press, 2006.
Ranganathan, Ramya, Shruthilaya Madanmohan, Akila Kesavan, Ganga Baskar, Yoganathan Ramia Krishnamoorthy, Roy Santosham, D Ponraju, Suresh Kumar Rayala, and

Ganesh Venkatraman. “Nanomedicine: Towards Development of Patient-Friendly Drug-Delivery Systems for Oncological Applications.” *International Journal of Nanomedicine* 7 (2012): 1043–1060.

Reiser, Stanley Joel. *Medicine and the Reign of Technology*. 1st ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1978.

———. *Technological Medicine: The Changing World of Doctors and Patients*. 1st ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.

Reuell, Peter. “Merging the Biological, Electronic.” *Harvard Gazette*, August 26, 2012. http://news.harvard.edu/gazette/story/2012/08/merging-the-biological-electronic/.

Reynaudi, Mathilde, and Sarah Sauneron. “Médecine prédictive : les balbutiements d’un concept aux enjeux considérables.” *La note d’analyse*, no. 289 (October 2012).

Ricroch, Agnès, and Catherine Dekeuwer. “Enjeux ethiques de la médecine prédictive.” *Droit, déontologie & soin* 7, no. 2 (juillet 2007): 169–194.

Rocher, Guy. “Type idéal.” In *Dictionnaire encyclopédique de théorie et de sociologie du droit*, 629. Paris: Librairie Générale de Droit et de Jurisprudence, 1993.

Rose, Nikolas. “The Death of the Social ? Re-Figuring the Territory of Government.” *Economy and Society* 25 (1996): 327–356.

———. “The Politics of Life Itself.” *Theory, Culture & Society* 18, no. 6 (December 1, 2001): 1–30.

———. *The Politics of Life Itself: Biomedicine, Power, and Subjectivity in the Twenty-First Century*. 1st ed. Princeton: Princeton University Press, 2006.

Rose, Nikolas, and Carlos Novas. “Biological Citizenship.” In *Global Assemblages: Technology, Politics, and Ethics as Anthropological Problems*, by Aihwa Ong and Stephen J. Collier, 439–463. Malden: Blackwell, 2004.

Roth, Mollie. “Standardizing the Decision Process to Personalize a Therapy with a Theranostic: The Options for Test Index (OFTi).” *The Journal of Biolaw & Business* 11, no. 2 (2008): 1–8.

Roure, Françoise. “Economie internationale des nanotechnologies et initiatives publiques.” *Les annales des mines*, Février 2004, 5–12.

Sabourin, Paul. “L’analyse de contenu.” In *Recherche Sociale. De la problèmatique à la collecte des données*, 413–444. Québec: PUQ, 2009.

Salter, Brian. “State Strategies and the Geopolitics of the Global Knowledge Economy: China, India and the Case of Regenerative Medicine.” *Geopolitics* 14, no. 1 (2009): 47–78.

Sanberg, Anders. “Morphological Freedom --Why We Not Just Want It, but Need It.” presented at the TransVision 2001, Berlin, juin 2001. http://www.aleph.se/Nada/Texts/MorphologicalFreedom.htm.

Sanni Yaya, Hachimi. *Pouvoir médical et santé totalitaire conséquences socio-anthropologiques et éthiques*. Quebec: Les Presses de l’Université Laval, 2009. http://site.ebrary.com/id/10341547.

Saras Henderson, and Alan R. Petersen Ph. D. *Consuming Health : The Commodification of Health Care*. London: Routledge, 2002.

Scardigli, Victor. *Les sens de la technique*. Paris: PUF, 1992.

Selin, Cynthia. “Expectations and the Emergence of Nanotechnology.” *Science, Technology, & Human Values* 32, no. 2 (2007): 196–220.

Shah, Sonia. *The Body Hunters: Testing New Drugs on the World’s Poorest Patients*. New York: The New Press, 2006.

Suarez-Villa, Luis. *Globalization and Technocapitalism: The Political Economy of Corporate Power and Technological Domination*. Burlington, VT: Ashgate, 2012.

———. *Technocapitalism: A Critical Perspective on Technological Innovation and Corporatism*. Philadelphia PA: Temple University Press, 2012.
Sulik, Gayle. "'Our Diagnoses, Our Selves': The Rise of the Technoscientific Illness Identity." *Socioloy Compass* 5/6 (2011): 463–77.
Sumer, Baran, and Jinming Gao. "Theranostic Nanomedicine for Cancer." *Nanomedicine* 3, no. 2 (2008): 137–140.
Thacker, Eugen. *The Global Genome. Biotechnology, Politics, and Culture*. Cambridge: MIT Press, 2005.
"The 21st Century: A User's Guide." *Newsweek* 134–35, no. 26/1 (2000 1999).
Thiers, Fabio A., and al. "Trends in the Globalization of Clinical Trials." *Nature Reviews Drug Discovery* 7 (2008): 13–14.
Thomas, Katie. "For Drugs Makers, China Becomes a Perilous Market." *The New York Times*, July 16, 2013. http://www.nytimes.com/2013/07/17/business/global/for-drug-makers-china-becomes-a-perilous-market.html?pagewanted=2&_r=0&hp&pagewanted=print.
Thoreau, François. "Visualiser à l'échelle du nanomètre." *La revue nouvelle* 11 (2011): 54–65.
Timmermans, Job, and al. "Ethics and Nanopharmacy: Value Sensative Designs of New Drugs." *Nanoethics* 5 (2011): 269–283.
Timmermans, Stefan, and Mara Buchbinder. "Patients-in-Waiting Living between Sickness and Health in the Genomics Era." *Journal of Health and Social Behavior* 51, no. 4 (December 1, 2010): 408–423.
Tritter, Jonathan, Meri Koivusalo, Eeva Ollila, and Paul Dorfman. *Globalisation, Markets and Healthcare Policy: Redrawing the Patient as Consumer*. New York: Routledge, 2010.
Tsai, Albert. "Nanomedicine: The Medical Revolution." In *Anthology of High Technology*, by K. Allen. Los Angeles: University of Southern California, 2002.
U.S. Departement of Health and Human Services. *2020 : A New Vision. A Future for Regenerative Medicin*e. Washington D.C.: U.S. Departement of Health and Human Services, January 2005.
U.S. Departement of Health and Human Services, and FDA. *Challenge and Opportunity on the Critical Path to New Medical Products*. Washington D.C., March 2004.
U.S. Departement of Health and Human Services, FDA, and Center for Drug Evaluation and Research. *Guidance for Industry, Investigators, and Reviewers - Exploratory IND Studies*. Washington D.C., January 2006.
Urban, Patricia, and Xavier Fernandez-Busquets. "Nanomedicine Against Malaria." *Current Medicinal Chemistry* 21, no. 5 (2014): 605–29.
Van Lente, Harro. "Forceful Futures: From Promise to Requirement." In C*ontested Futures. A Sociology of Prospective Techno-Science*, by Brown Nick and al., 43–63. Burlington: Ashgate, 2000.
———. "Promising Technology : The Dynamics of Expectations in Technological Developments." PhD, Universitet Twente, 1993.
Van Merkek, Rutger O., and Harro Van Lente. "Tracing Emerging Irreversibilities in Emerging Technologies: The Case of Nanotubes." *Technological Forecasting and Social Change* 72, no. 9 (2005): 1094–1111.
Verdier, Henri. "La « médecine prédictive ». Entre croyance et construction de nouvelles catégories de risques." *L'année sociologique* 46, no. 2 (1996).
Vinck, Dominique. "De l'objet intermédiaire à l'objet-frontière." *Revue d'anthropologie des connaissances* 3, 1, no. 1 (2009): 51.

Wagner, Volker, and al. *Nanomedicine: Drivers for Development and Possible Impacts*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2008.
Waldby, Cathy. *The Visible Human Project Informatic Bodies and Posthuman Medicine*. London: Routledge, 2000.
Waldby, Cathy, and Robert Mitchell. *Tissue Economies: Blood, Organs, and Cell Lines in Late Capitalism*. Durham: Duke University Press, 2006.
Walhout, Bart, Ira van Keulen, Rinie van Est, and Ineke Malsch. *Nanomedicine in the Netherlands: Social and Economic Challenges*. The Hague: Rathenau Instituut, 2010.
Weber, Max. "L'objectivité de la connaissance dans les sciences et la politique sociales." In *Essai sur la théorie de la scienc*e. Paris: Plon, 1960.
———. *Économie et Société. Tome 1*. Paris: Plon, 1995.
Wehling, Peter. "The Technoscientization'' of Medicine and Its Limits: Technoscientific Identitites, Biosocialities, and Rare Disease Patient Organizations." *Poiesis Prax* 8 (2011): 67–82.
Wiesing, Urban. "The History of Medical Enhancement: From Restitutio Ad Integrum to Transformatio Ad Optimum?" In *Medical Enhancement and Posthumanity*, edited by Bert Gordijn and Ruth Chadwick. Springer Netherlands, 2009: 9–24.
Williams, Robin. "Compressed Foresight and Narrative Bias: Pitfalls in Assessing High Technology Futures." *Science as Culture* 15, no. 4 (2006): 327–348.
Witkop, Bernard. "Paul Ehrlich and His Magic Bullets, Revisited." *Proceedings of the American Philosophical Society* 143, no. 4 (1999): 540–557.
Wolbring, Gregor. *The Triangle of Enhancement Medicine, Disabled People, and the Concept of Health: A New Challenge for HTA, Health Research, an Health Policy*. Edmonton: Alberta Heritage Foundation for Medical Research, 2005.
World Health Organization. *The World Health Report 1998 - Life in the 21st Century : A Vision for All*. Geneva: WHO, 1998.
Y.S. Kim, Betty, and al. "Nanomedicine." *The New England Journal of Medicine* 363, no. 25 (2010): 2434–2443.
Young, Susan. "Innovator Under 35: Bozhi Tian, 32 - MIT Technology Review." *MIT Technology Review*. Accessed July 13, 2013. http://www2.technologyreview.com/tr35/profile.aspx?TRID=1295.
Zhang, DaoHai, Manuel Salto-Tellez, Thomas Choudary Putti, Elaine Do, and Evelyn Siew-Chuan Koay. "Reliability of Tissue Microarrays in Detecting Protein Expression and Gene Amplification in Breast Cancer." *Modern Pathology* 16, no. 1 (January 1, 2003): 79–85.
Ziman, John. "Postacademic Science'': Constructing Knowledge with Networks and Norms." *Science Studies* 9, no. 1 (1996): 67–80.
Zola, Irving Kenneth. "Medicine as an Institution of Social Control" *The Sociological Review* 20, no. 4 (1972): 487–504.

Annexe 1 – Questionnaire

1. Présentation du chercheur

1.1 – Trajectoire socio-académique

- *Quel est votre parcours académique ?*
- *Comment en êtes-vous venus à travailler en nanomédecine ?*

1.2 – Recherches actuelles et applications

- *En quoi consistent vos recherches actuelles ?*
- *Quelles sont les potentielles applications de vos recherches ?*

2. Définitions

2.1 – Définition de la nanomédecine [et de la médecine régénératrice*[484]]

- *Comment définiriez-vous la nanomédecine [et la médecine régénératrice] ?*

2.2 – Différence entre la nanomédecine [la médecine régénératrice*] et la médecine classique

- *Voyez-vous une rupture dans l'« art de guérir » avec la nanomédecine [la médecine régénératrice] ? La nanomédecine [médecine régénératrice] implique-t-elle une nouvelle manière de faire de la médecine ?*

3. Aspects biomédicaux

3.1 – Prédiction

- *L'accent mis sur la prédiction change-t-il, selon vous, la manière de diagnostiquer ?*
- *Est-ce que la logique prédictive ne risque-t-elle pas d'augmenter l'incertitude du diagnostic et le besoin de contrôler d'avantage l'état des patients ?*

3.2 – Personnalisation

- *Comment définiriez-vous le concept de médecine personnalisée ?*
- *Est-ce que la nanomédecine implique de laisser une plus grande place au patient dans le processus du soin ?*
- *Peut-elle changer la relation patient-médecin ?*

3.3 – Médecin/ingénieur

- *L'importance des dispositifs techniques en nanomédecine implique-t-elle une nouvelle manière de concevoir le rôle du médecin ?*

---

[484] Les astérisques identifient des questions concernant spécifiquement les chercheurs dans le champ de la médecine régénératrice.

- *L'importance mise sur l'autonomisation des dispositifs nanométriques (ex. vectorisation, théragnostic) annonce-t-elle l'effacement du geste humain dans l'acte de soigner ?*
- *Pensez-vous réaliste l'ambition de certains chercheurs à créer des nanorobots ?*

3.3* – Régénération

- *Y-a-t-il une différence entre soigner et régénérer ?*
- *Comment définiriez-vous le vieillissement ? Et, pensez-vous que la médecine régénératrice peut ou pourra en contrôler les processus ?*

3.4 – Thérapie et amélioration

- *Comment définiriez-vous la santé ?*
- *Faites-vous une différence entre améliorer et soigner ?*
- *Voyez-vous des limites à la pratique de la nanomédecine [ou de la médecine régénératrice] ?*
- *Pensez-vous que la nanomédecine [la médecine régénératrice] pourra conduire à une amélioration des capacités biologiques de l'être humain ?*

4. Aspects académiques et économiques

4.1 – Rapprochement ingénierie et recherche biomédicale

- *Comment expliquez-vous qu'aujourd'hui le développement de la recherche biomédicale ne se pense plus sans l'ingénierie ?*
- *Comment percevez-vous l'importance majeure de l'innovation technologique dans la recherche biomédicale contemporaine ? Et, pensez-vous que cela se fait au détriment d'une connaissance plus fondamentale du pathologique et du corps en général ?*

4.2 – Rapport université-industrie

- *Comment percevez-vous l'importance accordée à la valorisation économique de la recherche et du rapprochement industrie-université ?*
- *Sentez-vous une pression dans votre travail par rapport à des objectifs de retombées commerciales et pour créer des brevets ?*
- *Que pensez-vous de l'idée du* chercheur-entrepreneur *et des starts-up en milieu universitaire ?*

4.3 – Compétitivité et globalisation

- *Avez-vous des partenariats avec des laboratoires étrangers ? De quelles natures ?*
- *Percevez-vous une compétition entre les différents laboratoires en nanomédecine, particulièrement chinois et américains ? Si oui, quelle forme prend-t-elle et cela influence-t-il vos propres recherches ?*
- *Pensez-vous que la pression internationale au développement de nouvelles innovations puisse redéfinir les normes d'encadrement des tests cliniques ?*
- *La délocalisation des essais cliniques est-elle une pratique à laquelle vous avez déjà été confronté ou dont vous avez déjà entendu parlé ?*

5. Impacts sociaux et éthiques

5.1 – Systèmes de santé et accessibilité aux traitements

- *Pensez-vous que la nanomédecine soit supportable pour un système de santé public ? Le prix des innovations nanomédicales ne risque-t-il pas d'être trop élevé pour être financé par le public ?*
- *Est-il réaliste de penser que la nanomédecine puisse être accessible aux pays du Sud ?*

5.2 – Restrictions éthiques

- *Voyez-vous des problèmes éthiques particuliers à la recherche en nanomédecine [médecine régénératrice] ?*
- *Voyez-vous des problèmes éthiques avec la recherche sur les cellules souches embryonnaires ?**
- *La recherche en nanomédecine devrait-elle être plus encadrée au niveau éthique ?*

Conclusion

Pour conclure,

- *j'aimerais savoir comment vous imaginez le développement futur de la nanomédecine ?*
- *avez-vous des remarques particulières à ajouter ?*