Hiver 2014 Vol. 23, nº 1

DIRE

LA REVUE DES CYCLES SUPÉRIEURS DE L'UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

ARTS

De la modélisation à la construction, le dessin d'architecture à l'ère numérique **/ 8**

SOCIÉTÉ

Neurosciences et liberté : quel avenir pour la responsabilité pénale ? **/ 38**

FICSUM

FONDS D'INVESTISSEMENT
DES CYCLES SUPÉRIEURS
DE L'UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

PAVILLON MARGUERITE-D'YOUVILLE
2375 CHEMIN DE LA CÔTE-SAINTE-CATHERINE
BUREAU 1125-7
MONTRÉAL (QUÉBEC) H3T 1A8

DIRE

LA REVUE DES CYCLES SUPÉRIEURS
DE L'UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

ÉCRIVEZ POUR DIRE

PUBLIEZ DANS LA REVUE DIRE ET OBTENEZ JUSQU'À 1750 $. UNE SOMME DE 250 $ EST ALLOUÉE POUR CHAQUE TEXTE RETENU POUR PUBLICATION. VISITEZ FICSUM.COM

FICSUM

FONDS D'INVESTISSEMENT
DES CYCLES SUPÉRIEURS
DE L'UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

PAVILLON MARGUERITE-D'YOUVILLE
2375, CHEMIN DE LA CÔTE-SAINTE-CATHERINE
BUREAU 1125-7
MONTRÉAL (QUÉBEC) H3T 1A8

DIRE

LA REVUE DES CYCLES SUPÉRIEURS DE L'UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

Fondée en 1992
La recherche à votre portée
Hiver 2014 vol. 23, nº 1

Directrice générale
Valérie Gauthier

Rédactrice en chef
Émilie Pelletier

Comité de lecture
Alexandre Guertin-Pasquier, Dominique Hétu, Marjory Moreau

Révision
Solange Lemaitre-Provost, Émilie Pelletier

Collaborateurs
Lyes Bachatene, Louis Destombes, Ugo Gilbert Tremblay, Clémence Grevey, François Lalonde, Gwyneth Anne MacMillan

Graphisme
Dominique Lavoie

Impression
HLN 1 800 267-7611

Éditeur
La revue *Dire* est publiée par le Fonds d'investissement des cycles supérieurs de l'Université de Montréal (FICSUM). Le FICSUM est une corporation à but non lucratif financée par les étudiants inscrits aux 2e et 3e cycles à l'Université de Montréal.

Conseil d'administration du FICSUM
Président : Pascal Grégoire
Vice-président : Tommy Sagala
Trésorière : Stéphanie Lachance
Administratrices : Marie-Ève Dostie, Julie Bélanger, Maud Laporte-Roy (FAÉCUM)
Administrateur : Simon Blackburn (FAÉCUM)

ISSN 1192-9340
Dépôt légal 1er trimestre 2014
Bibliothèque nationale du Québec
Bibliothèque nationale du Canada
Envoi de publication canadienne no 40013185
Dire publie 3 numéros par an

Tirage
2 500 exemplaires

Publicité
redaction@ficsum.com

Abonnement sur le site Web au www.ficsum.com

	1 an	2 ans
Individuel	25,24 $	37,09 $
Institutionnel	35,40 $	57,41 $
Hors Canada	35,40 $	57,41 $

(taxes incluses)

Toute correspondance doit être adressée à :
Revue *Dire*
2375, chemin de la Côte-Sainte-Catherine, bureau 1125-7
Montréal (Québec) H3T 1A8
redaction@ficsum.com

Téléphone : 514 343-6111, poste 53027
Site Web : www.ficsum.com

Les auteurs publiés dans *Dire* conservent l'entière responsabilité de leurs opinions. Toute reproduction doit être préalablement autorisée par le FICSUM. La reproduction des photographies est interdite.

Crédits photos : Shutterstock©

Photo en couverture et à la page 8 : *« Détail d'un pilier de Metropol Parasol (Séville, Espagne) par Gzzz, sous licence CC BY-SA 3.0 »*

Photo de la page 10 : *« Vue de Metropol Parasol par Andrea Verdelli, sous licence CC BY-SA 3.0 »*

MOT DE LA DIRECTRICE GÉNÉRALE DU FICSUM

Ça bouge à la revue *Dire*! J'aimerais souhaiter la bienvenue à Émilie Pelletier, rédactrice en chef, Dominique Lavoie, infographiste, et à Dominique Hétu ainsi qu'Alexandre Guertin-Pasquier au comité de lecture. Pour assurer la reconnaissance du FICSUM, sa plateforme de communication, incluant celle de la revue, prend un nouveau tournant. Nouvelle couverture, nouvelles couleurs, et plusieurs photos et illustrations pleine page qui viennent enrichir les textes.

Surveillez les nouvelles chroniques qui feront leur apparition au cours des prochains numéros! Si vous avez des suggestions, écrivez-nous à redaction@ficsum.com!

Bonne lecture,

Valérie Gauthier
Directrice générale

MOT DE LA RÉDACTRICE EN CHEF

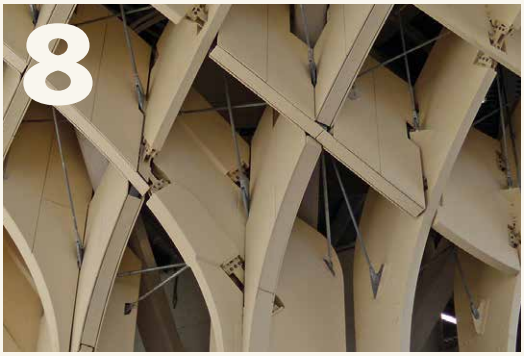
C'est avec grand plaisir que je me joins à l'équipe de *Dire*. Ce numéro, qui vous a été préparé par toute l'équipe, représente bien la force de la revue : des articles de vulgarisation scientifique touchant des domaines variés, et rédigés par des étudiants aux cycles supérieurs qui ont leur sujet à cœur.

L'avenir de *Dire* s'annonce emballant!

Émilie Pelletier
Rédactrice en chef

SOMMAIRE

ARTS



DE LA MODÉLISATION À LA CONSTRUCTION, LE DESSIN D'ARCHITECTURE À L'ÈRE NUMÉRIQUE / 8

LOUIS DESTOMBES
École d'architecture – Faculté de l'aménagement

SCIENCES

L'Arctique, un puits toxique **/ 16**

GWYNETH ANNE MACMILLAN
Département de sciences biologiques

L'antidépresseur Prozac facilite la plasticité du cortex visuel **/ 24**

LYES BACHATENE
Département de sciences biologiques

SANTÉ

L'origine et la pratique de l'ostéopathie / **30**

FRANÇOIS LALONDE
Département de kinésiologie

SOCIÉTÉ

NEUROSCIENCES ET LIBERTÉ : QUEL AVENIR POUR LA RESPONSABILITÉ PÉNALE ? / 38

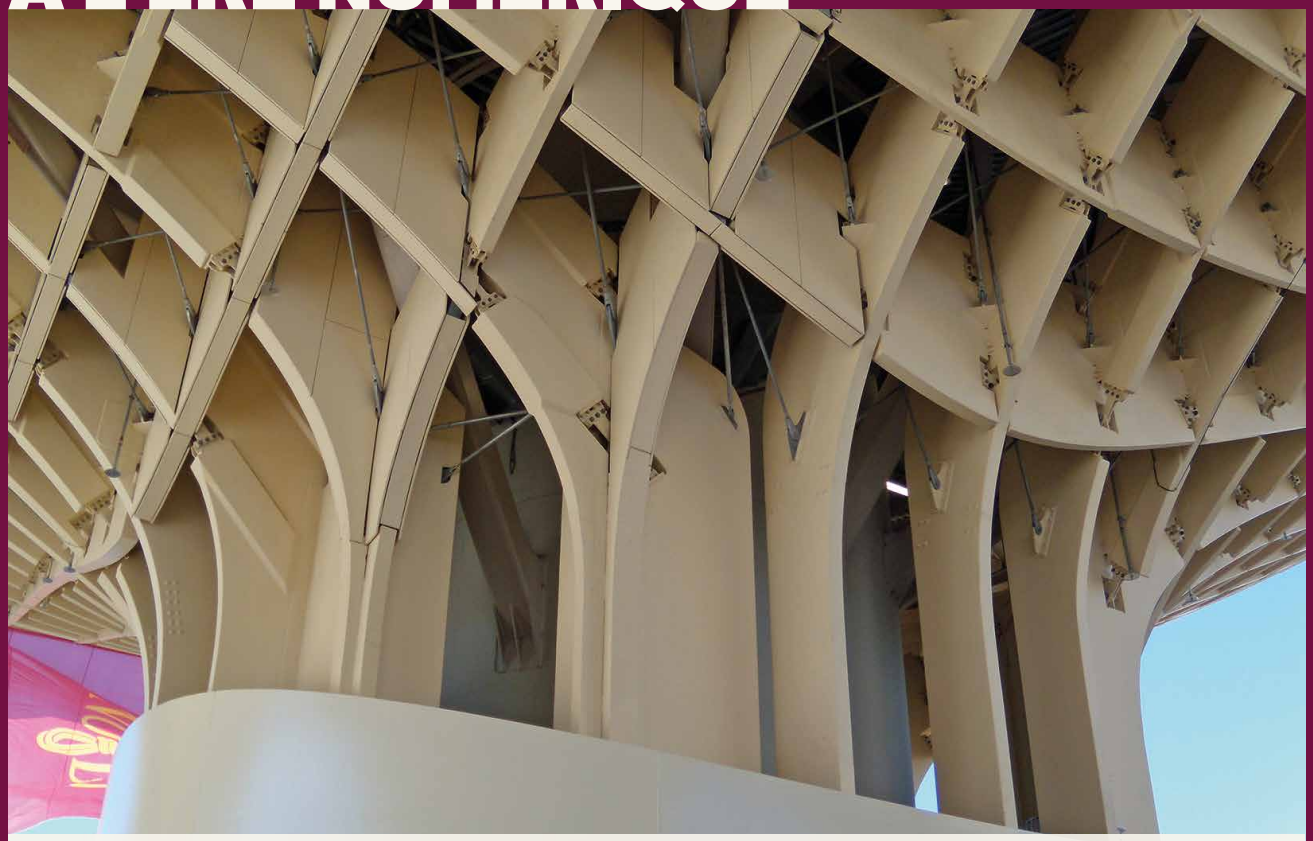
UGO GILBERT TREMBLAY
Département de philosophie

DROIT & POLITIQUE

Institutions internationales en Afrique : aide ou domination ? / **44**

CLÉMENCE GREVEY
Département de communication

DE LA MODÉLISATION À LA CONSTRUCTION, LE DESSIN D'ARCHITECTURE À L'ÈRE NUMÉRIQUE



LOUIS DESTOMBES / École d'architecture – Faculté de l'aménagement

Les modèles numériques constituent des dispositifs de plus en plus efficaces pour planifier et contrôler la construction des édifices. L'utilisation massive de ces outils dans les bureaux d'architecture demande de se réinterroger sur la manière dont la construction interfère dans l'élaboration du projet d'architecture. L'outil numérique contribue-t-il à rapprocher l'architecture de la construction ou au contraire, renforce-t-il la tendance postmoderne à disjoindre ces deux domaines ?

« LES CARACTÉRISTIQUES FORMELLES DE CERTAINS PROJETS RENVOIENT DIRECTEMENT À DES FONCTIONNALITÉS GÉOMÉTRIQUES OFFERTES PAR LES LOGICIELS DE MODÉLISATION [...] LEUR RÉALISATION REPRÉSENTE GÉNÉRALEMENT UN IMMENSE DÉFI TECHNIQUE. »

Malgré le fait que les technologies numériques constituent en théorie des outils extrêmement efficaces pour décrire les dispositifs constructifs, l'ensemble des réalisations contemporaines montre que dans la pratique, leur utilisation tend à éloigner la conception architecturale des réalités propres à la construction. Cet article propose de documenter la relation entre architecture et construction à l'ère numérique en étudiant l'impact des outils numériques sur le rôle joué par la construction dans le processus de création d'une œuvre architecturale.

L'expérimentation numérique et le passage à la construction

Entre le milieu des années 1980 et le début des années 2000, les technologies numériques se sont progressivement imposées comme un support incontournable pour le travail de conception architecturale. Issus des domaines de l'ingénierie et du design industriel, les logiciels de dessin ont engendré une importante réorganisation méthodologique du processus d'élaboration du projet[1]. Parce qu'ils permettent de manipuler de grandes quantités d'information, ces outils s'avèrent particulièrement efficaces pour gérer la complexité de l'élaboration des détails techniques au cours des dernières phases de la conception.

L'informatisation de la conception architecturale s'accompagne pourtant d'un désintéressement des concepteurs pour la construction, au profit d'expérimentations portant sur les formes, les effets de surfaces et l'ornementation[2]. Les caractéristiques formelles de certains projets renvoient directement à des fonctionnalités géométriques offertes par les logiciels de modélisation, telles que la déformation tridimensionnelle d'une surface[3] ou les opérations de soustraction entre des solides[4]. Le projet Metropol Parasol, conçu en 2004 par Jurgen Mayer H. pour la ville de Séville, constitue un cas emblématique de cette tendance. L'immense structure donne l'impression d'être un modèle numérique qui aurait été matérialisé sans effort et déposé au milieu de la place publique qui l'accueille.

Dans la mesure où ces formes ne correspondent à aucun savoir-faire constructif existant, leur réalisation représente généralement un immense défi technique. La réalisation du Metropol Parasol a ainsi coûté trois fois le budget alloué et le chantier s'est étalé de 2005 à 2011, au lieu des deux ans initialement prévus. En élargissant considérablement le champ des formes que les architectes sont capables de manipuler, les logiciels de modélisation ont perturbé l'effet d'autorégulation entre ce que les architectes savent dessiner et ce que les entreprises savent construire[5].

On ne peut aborder la situation paradoxale de la construction dans les pratiques architecturales contemporaines sans situer d'abord la relation entre conception architecturale et construction dans une perspective historique. Afin de documenter

l'impact de l'informatisation du dessin d'architecture sur l'anticipation de la construction par le projet, il est nécessaire de comprendre comment les techniques traditionnelles de la figuration architecturale ont permis d'organiser ce processus.

Face à la formidable capacité de description des modèles numériques, les techniques traditionnelles de dessin semblent devenir des outils obsolètes pour prévoir la construction d'un édifice. Cette étude vise à montrer que la culture de la figuration architecturale recèle des procédures particulièrement puissantes pour signifier les qualités subjectives et symboliques des objets construits, en lien avec la manière dont nous percevons notre environnement bâti. Si la généralisation des outils numériques de conception a amorcé une transformation radicale des procédures permettant d'anticiper la construction par le dessin d'architecture, on peut poser l'hypothèse, comme le fait Daniel Estevez, que ces procédures constituent en retour « un défi que la tradition lance à la technique moderne ».

Dessiner n'est pas construire ; l'invention du projet

Jusqu'au XVe siècle, le plan était le seul document jugé indispensable pour faire construire un édifice. Il n'existait pas de documents qui prévoyaient l'apparence des bâtiments a priori de leur construction. Les techniques constructives, les dimensions et le style étaient définis par un ensemble de conventions partagées qui permettaient aux maîtres bâtisseurs d'élaborer « l'image » du bâtiment directement sur le chantier[6].

La séparation entre le moment de la conception et le moment de la réalisation d'un bâtiment apparaît

à la Renaissance. Le développement des techniques de représentation rend possible de déterminer l'apparence d'un bâtiment avant le début de sa construction. Le dessin d'architecture institue dès lors une aire de jeu où les qualités architecturales d'un bâtiment peuvent être élaborées et mûries sans que celui-ci soit nécessairement réalisé.

Cette invention du projet – *pro-jeter* signifie littéralement « jeter en avant » – permet à la discipline architecturale d'acquérir progressivement une autonomie vis-à-vis du domaine de la construction. Au cours des XVIe et XVIIe siècles, les architectes ont élaboré un ensemble de théories et de doctrines qui servent de cadre pour aborder le problème de la conception des formes architecturales par le dessin. Les notions telles que la proportion et le style, qui trouvaient jusqu'alors leur justification dans les conventions constructives, sont dorénavant justifiées à l'aide de tracés géométriques[7]. Le dessin devient alors un support privilégié pour l'imagination de nouvelles formes architecturales. Il acquiert une fonction spéculative en plus de sa fonction de représentation.

La définition de l'architecture comme « art de bâtir », formulée durant l'Antiquité et reprise dans la plupart des traités d'architecture de la Renaissance[8], acquiert alors une signification paradoxale. Contrairement aux maîtres bâtisseurs du Moyen Âge, les architectes ne produisent plus des bâtiments, ils produisent des projets, c'est-à-dire les dessins qui servent à faire construire ces bâtiments. Afin que ces dessins puissent être utilisés pour construire, les éléments représentés doivent pouvoir être mesurés et interprétés sans ambiguïté pour être correctement retranscrits sur le chantier. Le dessin d'architecture assure donc également une fonction instrumentale, en tant qu'outil de prescription pour la construction.

Le XVIIIe siècle voit l'effondrement des corporations d'artisans et la disparition des conventions constructives. Parallèlement à ce phénomène, l'apparition de la figure de l'ingénieur dote les concepteurs de nouveaux outils de prescription qui accentuent le caractère instrumental de la représentation[9]. Le devis descriptif prévoit l'ensemble des opérations à effectuer pour réaliser un projet dans le but d'en anticiper le coût de construction. La géométrie descriptive, issue du savoir-faire lié à la découpe des pierres, permet de représenter n'importe quelle forme de manière à la rendre mesurable[10]. Ces inventions contribuent à renforcer le pouvoir normatif des concepteurs, mais instaurent une division entre architectes et ingénieurs. Les premiers se contentent de concevoir l'apparence extérieure et l'ornementation, laissant le soin de la construction aux seconds.

Bien que les centres d'intérêt des architectes aient évolué depuis la notion de style au XIXe siècle à la notion d'espace durant le modernisme et à celle de signification durant le postmodernisme, la relation du projet d'architecture à la construction n'a pas radicalement changé au cours de ces périodes. Elle reste une relation distante, où l'anticipation de la construction est principalement établie à travers un usage instrumental du dessin.

La notion de tectonique, issue de la théorie esthétique allemande du milieu du XIXe siècle, constitue une tentative d'associer l'anticipation de la construction à la fonction spéculative du dessin d'architecture. La dimension tectonique d'un édifice correspond à la manière dont l'organisation des éléments constructifs exprime la structure de l'édifice et participe à l'expression symbolique de l'œuvre architecturale. À la fin du XXe siècle, Kenneth Frampton définit la tectonique en tant que « *poétique de la construction*[11] ». Il emploie le terme *d'a-tectonique* pour parler des bâtiments qui ne montrent pas comment ils sont construits, faisant de la tectonique un cheval de bataille contre la tendance postmoderne à disjoindre signification architecturale et édification.

L'instrumentalisation du dessin d'architecture et la crise de la tectonique

Les fonctions spéculatives et instrumentales de la représentation architecturale correspondent à deux types d'anticipation de la réalité construite du projet. Le premier renvoie à la manière dont le futur bâtiment sera perçu par ses utilisateurs. Les éléments constructifs sont alors pensés

en fonction de qualités subjectives et symboliques liées à cette perception, telle que leur capacité à générer des espaces tantôt enveloppants tantôt ouverts, ou encore une impression de flottement ou d'ancrage au sol. Le second correspond à une description objective de ces éléments constructifs, basée sur une définition géométrique mesurable, et leurs caractéristiques physiques telles que la masse, la résistance, l'élasticité…

Les qualités subjectives et symboliques de l'espace architectural sont des dimensions incommensurables, qui ne peuvent pas être traduites à l'aide de données géométriques objectives. L'impression de légèreté ou de pesanteur donnée par un édifice ne coïncide pas forcément avec sa masse réelle. Le travail de dessin réalisé à l'aide d'outils numériques se limite à la manipulation de données qui sont quantifiables par le calcul et la géométrie : « *[Les logiciels] imposent d'échanger la "géométrie" particulière, certainement mal définie de l'espace architectural en train de se constituer, contre la géométrie quantitative, analytique, cartésienne, instrumentale, assez facile à implanter sur des ordinateurs*[12] ». La fonction spéculative du dessin d'architecture exercée à travers les outils numériques se trouve ainsi concentrée sur les dimensions formelles de l'objet architectural qui peuvent quant à elles être définies à l'aide de la géométrie. La difficulté d'anticiper les caractéristiques physiques subjectives de la forme architecturale à l'aide de la modélisation numérique amène certains théoriciens à parler d'une « crise de la tectonique » dans la production architecturale contemporaine[13]. De la même manière, la pesanteur peut être présentée comme un « bogue tectonique[14] ». Cette expression souligne le fait que notre perception de l'espace, orientée verticalement par notre propre pesanteur, diffère de l'espace abstrait et homogène imposé par la modélisation numérique.

Le dessin d'architecture comme dispositif de traduction

Dans la culture traditionnelle de la représentation architecturale, les fonctions spéculatives et instrumentales de l'anticipation constructive correspondent à différentes techniques de dessin qui ont chacune une capacité limitée à référer à la réalité[15]. Robin Evans montre que ces dessins ne constituent jamais une représentation neutre et objective de l'objet architectural qui est projeté, mais répondent à une intentionnalité du concepteur. Un dessin en perspective vise généralement à communiquer la manière dont un espace architectural peut être perçu, mais il ne permet pas de connaître les dispositifs constructifs nécessaires à la réalisation de cet espace. Au contraire, les dessins techniques, tels que les coupes ou les axonométries, ont pour objectif d'informer des dispositifs constructifs qui sont envisagés, mais ne correspondent pas à la perception qu'un individu aurait d'un tel espace.

Au cours du processus d'élaboration du projet, le concepteur alterne entre ces différents types de représentation afin de maintenir une cohérence entre l'élaboration de l'espace architectural et la définition des dispositifs constructifs qui serviront à matérialiser cet espace. L'auteur introduit la notion de *traduction constructive* pour aborder la transformation du projet au fil de son élaboration : « *Le dessin en architecture n'est pas réalisé d'après nature, mais afin d'anticiper une construction. Il ne résulte pas de la réflexion d'une réalité extérieure au dessin, mais produit une réalité destinée à se retrouver hors du dessin*[16] ». En linguistique, le sens d'un mot est transformé lorsqu'il passe d'une langue à une autre. Par analogie, la signification donnée à un objet architectural change avec le passage d'un langage graphique à un autre. Ce sont ces traductions successives qui permettent au dessin d'architecture d'assurer un rôle actif dans la tâche de définir une réalité constructive par anticipation.

La compréhension du rôle joué par la traduction constructive sur le plan théorique implique de reconnaître la différence qu'il existe entre les représentations d'un objet et l'objet construit potentiel auquel ces représentations réfèrent. Dans la pratique, les architectes ont plutôt tendance à faire abstraction de cette différence, agissant comme s'ils manipulaient directement l'objet réel. L'auteur qualifie ce phénomène de « fiction capacitante » (*enabling fiction*[17]) afin

de souligner le rôle du dessin en tant que support de l'imagination architecturale.

L'utilisation de modèles numériques tend à substituer une valeur de réalité à cette fiction. Contrairement aux techniques traditionnelles de la représentation, où l'information relative au projet est morcelée entre différents dessins, le modèle numérique est constitué d'une base de données géométrique qui regroupe l'ensemble de ces informations. Les logiciels de modélisation permettent de visualiser l'évolution de cette structure de données géométrique en temps réel, de manière à « *garantir à l'utilisateur la correspondance permanente, continue, ininterrompue, entre l'image visualisée et sa structure de données respective*[18] ». Le fait que l'objet architectural soit entièrement décrit à travers le modèle numérique empêche le concepteur d'utiliser la modélisation comme support du processus de traduction constructive. Comme le montre Alberto Perez Gomez, les technologies de fabrication à commande numérique contribuent elles aussi à affaiblir ce processus de traduction, en permettant de matérialiser directement la géométrie définie par le modèle en parcours de découpe pour usiner des éléments constructifs : « *La conception architecturale assume généralement une correspondance directe entre l'idée représentée et le bâtiment achevé. Le fait que les médias numériques augmentent la possibilité de cette transcription littérale par l'automatisation et la robotique entraîne une réticence à mettre en question ce postulat*[19] ».

Revenons au processus de conception du projet Metropol Parasol. La forme organique de la structure, évoquant un groupe de champignons, a d'abord été modelée à l'aide d'un logiciel permettant de déformer une surface quelconque. Cette surface a ensuite été transférée dans un autre logiciel pour élaborer une description géométrique plus rationnelle. La solution structurelle adoptée pour matérialiser cette surface consiste en une nappe tridimensionnelle composée de caissons carrés de 1,5 m de côté et de profondeur variable. Le profil de ces caissons a été déterminé à l'aide du logiciel par l'intersection de la surface géométrique avec deux ensembles de plans verticaux espacés de 1,5 m et perpendiculaires entre eux[20]. Ces opérations de modélisation qui ont permis de concevoir le projet sont parfaitement perceptibles à travers la forme construite. Les caissons sont constitués de 3400 panneaux de bois contrecollé, de dimensions et de formes variables. Ces panneaux ont été réalisés en Allemagne à l'aide d'une machine de découpe à commande numérique[21]. Une telle absence de traduction entre le modèle numérique et la structure construite confère au projet une valeur « a-tectonique ». Un observateur a l'impression d'être face à un objet qui n'est pas soumis à la gravité et il est généralement incapable d'en interpréter l'échelle réelle.

On peut émettre l'hypothèse qu'il existe un lien entre les difficultés rencontrées lors de la réalisation du projet et son caractère a-tectonique issu de l'absence de traduction constructive lors de sa conception. L'aménagement intérieur de la librairie Loewy, réalisé par les architectes Jakob et Macfarlane en 2005, présente une forte similarité avec la structure du Metropol Parasol. Les mêmes opérations de modélisation ont permis d'aboutir à des éléments de mobilier et à une mégastructure urbaine, sans aucune considération pour la différence d'échelles entre ces projets. C'est pourtant ce changement d'échelle qui a engendré d'immenses désordres au cours de la réalisation du Metropol Parasol. Le chantier a dû être arrêté près de deux ans avant que les ingénieurs de chez Arup ne parviennent à inventer un système de jonction qui soit capable de reprendre les charges causées par le poids des panneaux : une illustration convaincante de la gravité comme « bogue » tectonique.

RÉFÉRENCES

[1]LÉGLISE, Michel. « Conception assistée : modélisation et interprétation », dans G. D. P. T. Tidafi (dir.), *Modélisation architecturale et outils informatiques entre cultures de la représentation et du savoir-faire*, Montréal, Association canadienne-française pour l'avancement des sciences, 2000, p. 51-66.

[2]KOETZ, Laurent et Estelle THIBAULT. « Ornement architectural et expression constructive : concepts d'hier et débats d'aujourd'hui », *Images Revues*, nº 10, 2012, http://imagesrevues.revues.org/2386, 13 janvier 2014.

[3]LYNN, Greg et coll. *Folds, Bodies & Blobs: Collected Essays*. (2e éd.), Bruxelles, La Lettre volée, 2004.

[4]JAKOB ET MACFARLANE *Le cube orange*, Lyon, 2010 et Jakob et Macfarlane, *Siège Euronews*, Lyon, 2013.

[5]ESTEVEZ, Daniel. *Dessin d'architecture et infographie : l'évolution contemporaine des pratiques graphiques*. Paris, Éditions de CNRS, 2001.

[6]DUPIRE, Alain. *Deux essais sur la construction : conventions, dimensions et architecture*, Bruxelles, Mardaga, 1981.

[7]PÉREZ-GÓMEZ, Alberto. *L'architecture et la crise de la science moderne*, Bruxelles, Mardaga, 1987.

[8]CHOAY, Françoise. *La règle et le modèle : sur la théorie de l'architecture et de l'urbanisme*, Paris, Seuil, 1980.

[9]PICON, Antoine et école nationale des ponts et chaussées (France). *L'invention de l'ingénieur moderne : l'École des ponts et chaussées, 1747-1851*, Paris, Presses de l'École nationale des ponts et chaussées, 1992.

[10]SAKAROVITCH, Joël. *Épures d'architecture, De la coupe des pierres à la géométrie descriptive XVIe-XIXe siècles*, vol. 21, Basel, Boston, Berlin, Birkhäuser, 1998.

[11]FRAMPTON, Kenneth, John CAVA et coll. *Studies in Tectonic Culture: The Poetics of Construction in Nineteenth and Twentieth Century Architecture*, Cambridge, Mass., MIT Press, 1995.

[12]LÉGLISE, Michel, 2000.

[13]PICON, Antoine. *Culture numérique et architecture : une introduction*. Basel, Birkhauser, 2010.

[14]CHUPIN, Jean-Pierre, « Le bogue tectonique (La loi de la chute du corps dans l'espace architectural) », dans Chupin, Jean-Pierre, Cyrille Simonnet et coll. *Le projet tectonique*, Gollion, In-folio, 2005, p. 183-200.

[15]EVANS, Robin. *Translations from Drawing to Building and Other Essays*, Londres, Architectural Association, 1997, p. 153-194.

[16]EVANS Robin, 1997, p. 165.

[17]EVANS Robin, 1997, p. 153.

[18]Daniel ESTEVEZ, et Gérard TINÉ. « Projet et projections : les efficiences du principe d'opacité », dans *Les cahiers de la recherche architecturale et urbaine*, nº 17, 2005, p. 151-162.

[19]PEREZ-GOMEZ, Alberto. « Questions of Representation, The Poetic Origin of Architecture », dans M.F.E. Alii, (dir.), *From Models to Drawings, Imagination and Representation in Architecture*, London, Routledge, 2007, p. 11-22.

[20]TEYSSOT, Georges et Jacques OLIVIER, « In the Shade of Algorithms », dans Lepik, Andres, Andre Santer et coll. *Metropol Parasol: J. Mayer H.*, Ostfildern, Allemagne, Hatje Cantz, 2011, p. 77-83.

[21]KOPPITZ, Jan-Peter, SCHMID, Volker, et THURIK, Anja, « Bonding Moments, The Adventure of Engineering the Parasols », dans Lepik, Andres, Andre Santer et coll. *Metropol Parasol: J. Mayer H.*, Ostfildern, Allemagne, Hatje Cantz, 2011, p. 115-123.

SOUTIEN FINANCIER

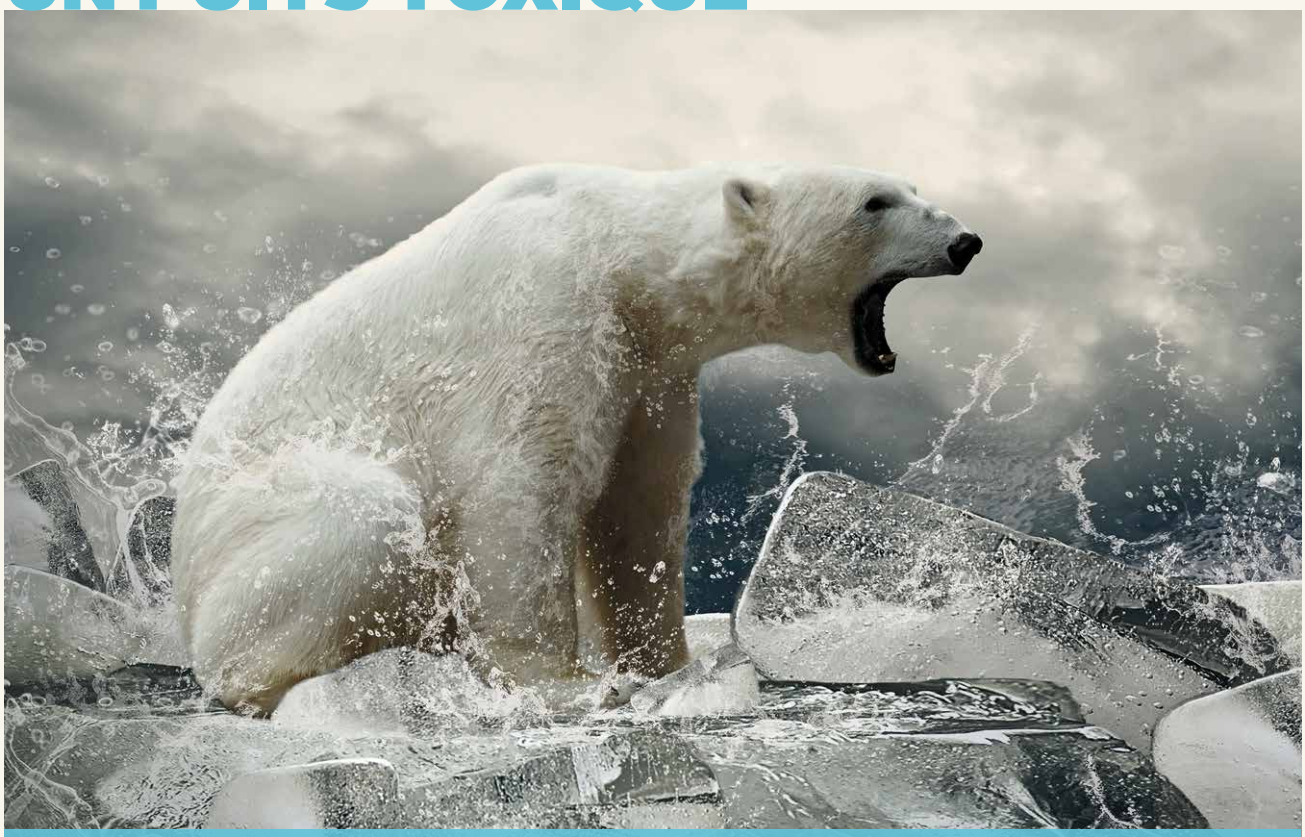
AVEZ-VOUS BESOIN D'ARGENT ? DÉCOUVREZ DIFFÉRENTES FAÇONS D'OBTENIR NOTRE AIDE SUR FICSUM.COM

FICSUM

FONDS D'INVESTISSEMENT
DES CYCLES SUPÉRIEURS
DE L'UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

PAVILLON MARGUERITE-D'YOUVILLE
2375, CHEMIN DE LA CÔTE-SAINTE-CATHERINE
BUREAU 1125-7
MONTRÉAL (QUÉBEC) H3T 1A8

L'ARCTIQUE, UN PUITS TOXIQUE



GWYNETH ANNE MACMILLAN / Département de sciences biologiques

Contrairement à ce que bien des gens croient, l'Arctique canadien ne peut plus être considéré comme un environnement vierge et isolé de toutes sources de pollution provenant du monde industriel. Les études récentes démontrent en effet la présence croissante et très inquiétante de nombreux contaminants chimiques dans les écosystèmes de l'Arctique[1]. Le mercure est l'un des contaminants les plus dangereux et prioritaires, avec une toxicité inhérente élevée, posant un risque important pour la santé écosystémique et humaine.

Vous êtes-vous déjà imaginé au milieu de l'Arctique canadien, entouré de vastes champs de neige éternelle ? Vous croyez peut-être que l'Arctique est une vaste réserve naturelle, un environnement polaire isolé, loin de toutes les sources de pollution, qui s'amplifient dans de basses latitudes depuis l'ère industrielle. Il est vrai que l'Arctique demeure un endroit relativement propre par rapport aux autres régions du monde. Cependant, les études récentes démontrent la présence croissante et très inquiétante de nombreux contaminants chimiques dans les écosystèmes terrestres et aquatiques de l'Arctique[1,2]. Ces contaminants néfastes regroupent les polluants organiques persistants (ou POP) qui se dégradent très lentement dans l'environnement, tels que le **DDT*** et les **BCP***, ainsi que les métaux lourds, tels que le mercure (Hg). Certains scientifiques affirment même que l'Arctique est devenu un puits de contaminants toxiques arrivant des quatre coins du monde[1,2].

***BCP**
Les biphényles polychlorés (BCP) sont des composés organochlorés synthétiques utilisés dans une vaste gamme d'activités industrielles, surtout dans les transformateurs et condensateurs électriques et dans la production des plastiques, peintures et pesticides.

***DDT**
Le dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT) est probablement le plus tristement célèbre de tous les insecticides synthétiques. Il a été largement répandu pour le contrôle de la malaria et du typhus et il a aussi été utilisé intensivement dans la culture de coton. Le DDT présente toujours un danger environnemental élevé, car il est hautement toxique et persistant.

En octobre 2013, un nouvel accord international désigné *La convention de Minamata sur le mercure* a été signé par 92 différents pays, affirmant que le mercure est l'un des contaminants les plus prioritaires de nos jours, à une échelle mondiale. Les écosystèmes arctiques sont particulièrement vulnérables à une contamination au mercure, qui s'accumule à de hautes concentrations dans les réseaux alimentaires arctiques[3]. Depuis l'ère préindustrielle, les concentrations de mercure ont augmenté de 2 à 3 fois dans les sédiments des lacs arctiques et de 10 fois dans l'organisme des grands prédateurs arctiques tels que les bélugas, phoques, ours et oiseaux de proie[1]. Les écosystèmes arctiques sont aussi parmi les plus vulnérables aux impacts des **changements climatiques***, qui risquent d'influencer le cycle de mercure dans l'environnement de manière significative[3,4].

***CHANGEMENTS CLIMATIQUES**
Le réchauffement climatique est un phénomène d'augmentation de la température moyenne des océans et de l'atmosphère observé depuis le début du XXe siècle, mesuré à l'échelle mondiale sur plusieurs décennies, et qui se traduit par une augmentation de la quantité de chaleur de la surface terrestre.

Quelles sont les conséquences d'une contamination au mercure ? Le mercure est une neurotoxine dangereuse pour les systèmes nerveux et endocrinien chez les vertébrés, qui peut passer des poissons aux humains. Une exposition élevée au mercure induit une perte de coordination, une incapacité à se nourrir, une réduction de la réactivité et une sensibilité accrue à la maladie[1,7]. Chez les peuples autochtones de l'Arctique, les nouveau-nés de mères ayant subi une exposition élevée au mercure ont plus de risques de manifester des troubles de développement neurologiques et comportementaux[1].

Provenance du mercure de l'Arctique

Les études récentes soulignent le fait étonnant que les principales sources de la contamination de l'Arctique sont les pays situés en zones tempérées[1]. Le mercure se rend en Arctique principalement,

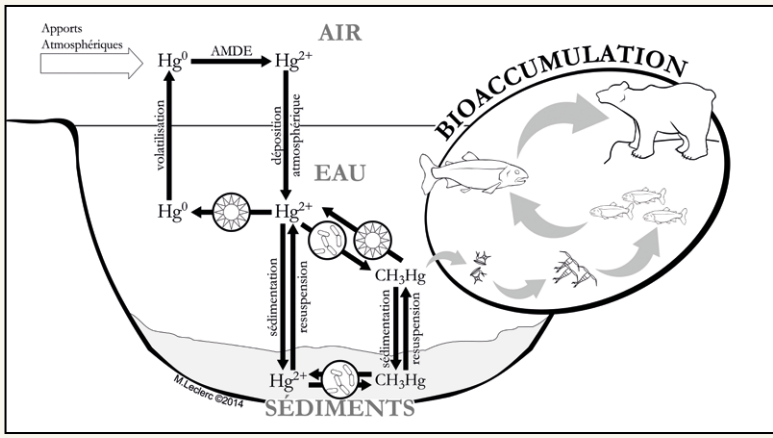
et très rapidement, par voie atmosphérique. Il y est aussi transporté, plus lentement, par les courants océaniques, les rivières, la dérive des glaces de mer et plusieurs espèces migratrices[1,4]. La plus grande partie d'émissions anthropiques de mercure, environ 50 % du total mondial, viennent des émissions atmosphériques de l'Asie, notamment de la Chine. La principale source d'émissions est la combustion de charbon dans les centrales thermiques en Asie, mais aussi en Europe et en Amérique du Nord[3]. En effet, comme le mercure se trouve naturellement un peu partout dans le sol, y compris dans les gisements de charbon, la combustion de charbon libère du mercure dans l'atmosphère.

Dans un processus qu'on appelle la distillation globale, les contaminants **semi-volatils*** sont vaporisés dans l'atmosphère en zone tempérée pour être ensuite transportés en Arctique par les courants atmosphériques dominants[5]. Cette distillation se produit de la même manière que la distillation employée dans la production d'alcool ou dans la purification de l'eau de mer pour obtenir de l'eau douce, mais à une échelle beaucoup plus grande !

***SEMI-VOLATIL**
Une substance chimique semi-volatile a tendance à se vaporiser (à s'évaporer) aux températures relativement basses, mais aux températures plus élevées que les substances volatiles. Ces substances chimiques peuvent facilement se trouver sous forme gazeuse dans l'atmosphère.

Imaginez un atome de mercure inorganique (ou Hg(II)) enfoui dans un dépôt géologique de charbon au nord de la Chine. Dans une mine de charbon à ciel ouvert, les ouvriers chinois exploitent ce gisement et cet atome de mercure est extrait, puis transporté par camion jusqu'à une centrale thermique à Beijing. Quand le charbon est brûlé à haute température, le Hg(II) est émis par les cheminées sous sa forme volatile, le Hg métallique ou Hg(0)[5,6]. Ce petit atome de Hg(0) demeure dans l'atmosphère pendant plus d'un an, voyageant sur une très grande distance et porté par les vents dominants de la Chine vers le nord du Canada. Au-dessus de l'île de Baffin dans l'Arctique, l'atome de Hg(0) est soumis à une oxydation atmosphérique en raison du lever de soleil polaire au printemps. Il se dépose ensuite sur la surface d'un lac sous sa forme oxydée, le Hg(II)[5,6]. L'atome de Hg(II) se lie rapidement à de la matière en suspension dans l'eau et tombe dans le fond du lac, proche des sédiments. Par la suite, le Hg inorganique (Hg(II)) est transformé en Hg organique ou en méthylmercure (la forme la plus toxique de ce contaminant) grâce à l'activité des microorganismes (voir fig. 1)[1,6].

FIGURE 1
Le cycle du mercure au sein d'un lac
Crédit : Maxime Leclerc



Cheminement du méthylmercure dans l'Arctique

Le mercure dans l'Arctique est devenu une préoccupation prioritaire à la suite de la découverte que de nombreux prédateurs au sommet des **réseaux trophiques*** y sont contaminés, comme le béluga, l'ours polaire, le phoque annelé et l'humain[1].

***RÉSEAU TROPHIQUE**
L'ensemble des relations trophiques et des chaînes alimentaires interconnectées qui existent dans un groupe multispécifique d'êtres vivants. Une chaîne alimentaire ou trophique est une série d'espèces vivantes, dans laquelle les organismes cités en premier lieu sont mangés par ceux qui les suivent, qui seront à leur tour mangés par les suivants.

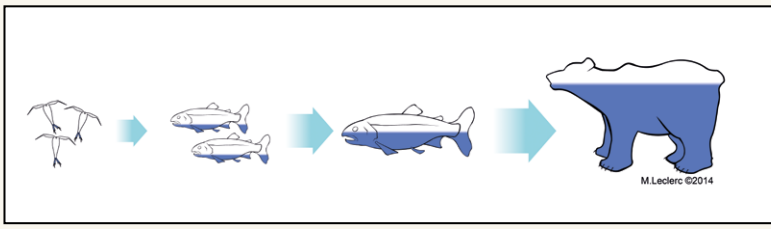
Comment ce contaminant s'accumule-t-il dans les organismes de l'Arctique ? Comme le taux

***BIOACCUMULATION**
Le processus d'accumulation d'une substance (souvent une substance toxique) dans tout ou une partie d'un organisme (mesuré à l'échelle de l'organisme).

***BIOAMPLIFICATION**
Le processus de rétention d'une substance dans les tissus des organismes, à des teneurs de plus en plus élevées au fur et à mesure que l'on s'élève dans des réseaux trophiques (mesurée à l'échelle des réseaux trophiques).

d'élimination de Hg est très lent par rapport à son taux d'assimilation, le Hg s'accumule au sein des organismes aquatiques par le processus de **bioaccumulation***, c'est-à-dire l'assimilation des contaminants provenant des sols, de l'eau, de l'air et de la nourriture, à l'intérieur des organismes. Ensuite, par le processus de **bioamplification***, le mercure s'accumule dans les organismes aux niveaux supérieurs des réseaux trophiques[5,6]. La bioamplification se produit quand le niveau de contamination est plus élevé dans les prédateurs que dans les proies au sein d'un réseau trophique (voir fig. 2).

FIGURE 2
La bioamplification de mercure au sein d'un réseau trophique
Crédit : Maxime Leclerc



Après sa transformation en méthylmercure, notre atome de mercure se retrouve à l'intérieur d'un phytoplancton. Ce dernier est ingéré par un invertébré benthique, une petite larve vivant dans les sédiments, et par des centaines d'autres algues. Par la suite, un jeune omble de l'Arctique ingère des centaines d'invertébrés aquatiques, dont cette petite larve, accumulant encore plus de méthylmercure dans ses muscles et son foie. Plusieurs de ces jeunes poissons se font cannibaliser par un seul grand omble, et ainsi le niveau de contamination augmente au fur et à mesure que l'on s'élève dans le réseau trophique[6,7].

Quand un pêcheur inuit mange un omble de l'Arctique contaminé, le mercure qu'il contient entre donc dans

« QUAND UN PÊCHEUR INUIT MANGE UN OMBLE DE L'ARCTIQUE CONTAMINÉ, LE MERCURE QU'IL CONTIENT ENTRE DONC DANS SON SANG, EST TRANSPORTÉ À TRAVERS LE CORPS, PUIS TRAVERSE LA BARRIÈRE HÉMATOENCÉPHALIQUE POUR ENTRER DANS SON CERVEAU. C'EST AINSI QUE L'ATOME DE MERCURE SE RETROUVE, TROIS ANS APRÈS SON DÉPART DE LA MINE DE CHARBON CHINOISE, LIÉ À UNE PROTÉINE DANS LE CERVEAU D'UN PÊCHEUR INUIT DANS LE NORD DU CANADA. »

son sang, est transporté à travers le corps, puis traverse la barrière hématoencéphalique pour entrer dans son cerveau. C'est ainsi que l'atome de mercure se retrouve, trois ans après son départ de la mine de charbon chinoise, lié à une protéine dans le cerveau d'un pêcheur inuit dans le nord du Canada.

Influence des changements climatiques sur le mercure dans l'Arctique

De toute évidence, l'Arctique subit de très grands changements environnementaux liés aux changements climatiques. Les tendances de réchauffement climatique sont amplifiées à hautes latitudes et les zones tempérées et les écosystèmes arctiques sont sensibles à ce changement[8]. Au cours des 100 dernières années, l'ensemble de notre planète a subi un réchauffement de la température moyenne annuelle de 0,85 °C, mais en Arctique, la température augmente deux fois plus rapidement qu'ailleurs sur la planète et de vastes régions nordiques se sont réchauffées de l'ordre de 5 °C[8,9].

Pourtant, les effets des changements climatiques sur le cycle de mercure sont toujours incertains, puisque les impacts des changements climatiques sur l'environnement sont extrêmement complexes, rapides et difficiles à prédire avec précision[4]. Ce que nous savons, c'est que la réponse des écosystèmes nordiques aux changements sera probablement très variable géographiquement et que le transport, la transformation et le transfert de mercure dans l'environnement risquent de changer de façon importante. Des recherches plus approfondies sont nécessaires pour comprendre si un réchauffement augmentera ou diminuera la charge en mercure chez les organismes aquatiques et chez les peuples de l'Arctique.

Une préoccupation pour tous

Mieux comprendre le cycle du mercure dans le Nord est primordial afin de réduire, voire éviter les risques que pose cette toxine pour la santé des peuples autochtones de l'Arctique. Avec une alimentation traditionnelle composée de poisson, de baleine et de phoque, ces peuples sont vulnérables à une exposition élevée en mercure. Pourtant, cette nourriture traditionnelle est essentielle à leur vie, faisant partie intégrante

de leurs cultures et traditions[1]. Il importe également que l'Arctique soit la région de la planète où les changements climatiques se font ressentir en premier, une sorte d'exemple des changements à venir[8]. L'Arctique est donc une région indicatrice, un immense laboratoire en milieu naturel qui nous indique déjà les nombreuses conséquences néfastes d'une contamination environnementale à grande échelle. Une meilleure compréhension des dynamiques du mercure dans l'Arctique nous permettrait de prévenir que les conséquences de cette contamination se retrouvent chez nous, dans les régions plus peuplées du Sud. La santé écosystémique et humaine de l'Arctique est un excellent indicateur de la santé de notre planète dans son ensemble.

REMERCIEMENTS

Merci à Marc Amyot, directeur du département de sciences biologiques de l'Université de Montréal, pour son aide avec la rédaction de cet article.

RÉFÉRENCES

[1]AMAP. *Assessment 2011: Mercury in the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Program and Arctic Pollution*, Oslo, AMAP, 2011.

[2]MUIR D, BRAUNE B, DEMARCH B, NORSTROM R, WAGEMANN R, LOCKHART L, et coll. « Spatial and Temporal Trends and Effects of Contaminants in the Canadian Arctic Marine Ecosystem: A Review », *Science of the Total Environ*, vol. 230, 1999, p. 83-144.

[3]UNEP. *Global Mercury Assessment 2013, Sources, Emissions, Releases and Environmental Transport. UNEP Chemicals Branch*, Geneva, Switzerland, 2013.

[4]STERN G.A. et coll. (2012). « How Does Climate Change Influence Arctic Mercury? » *Science of the Total Environment*, vol. 414, p. 22-42.

[5]STEFFEN, A., DOUGLAS, T., AMYOT, M., ARIYA, P., ASPMO, K., & BERG, T. « A Synthesis of Atmospheric Mercury Depletion Event Chemistry Linking Atmosphere, Snow and Water », *Environmental Research*, nº 7, 2007, p. 10837-10931.

[6]WIENER, J. G., KRABBENHOFT, D. P., HEINZ, G. H., DRIVE, A. H., & SCHEUHAMMER, A. M. « Ecotoxicology of Mercury », *Wildlife Research*, vol. 16, nov. 2002, p. 409- 463.

[7]KIDD K. CLAYDEN M. et JARDINE T. « Bioaccumulation and Biomagnification of Mercury through Food Webs », dans *Environmental Chemistry and Toxicology of Mercury*. Guangliang Liu, Yong Cai, et Nelson O'Driscoll (dir.), New York, John Wiley & Sons, c2012, chapitre 14, p. 455-487.

[8]SERREZE, M. C., ET FRANCIS, J. A. « The Arctic Amplification Debate », *Climatic Change*, vol. 76, 2006, p. 241-264.

[9]IPCC. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contributions of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M.L. Parry, O.F Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden et C.E. Hanson (dir.), Cambridge, Cambridge University Press, 2007, p. 653-685

MRE

MOIS DE LA RECHERCHE ÉTUDIANTE

PRÉSENTEZ VOS DERNIERS RÉSULTATS DE RECHERCHE EN TANT QUE CONFÉRENCIER ET RECEVEZ JUSQU'À 1200$. DÉCOUVREZ COMMENT SUR FICSUM.COM

FICSUM

FONDS D'INVESTISSEMENT
DES CYCLES SUPÉRIEURS
DE L'UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

PAVILLON MARGUERITE-D'YOUVILLE
2375, CHEMIN DE LA CÔTE-SAINTE-CATHERINE
BUREAU 1125-7
MONTRÉAL (QUÉBEC) H3T 1A8

L'ANTIDÉPRESSEUR PROZAC FACILITE LA PLASTICITÉ DU CORTEX VISUEL

LYES BACHATENE / Département de sciences biologiques

« *Lorsqu'on visite la Sagrada Família à Barcelone, on est toujours frappé par le nombre de grues qui l'entourent. Le cerveau, c'est la même chose : même adulte, il est un chantier permanent!* » — Pierre-Marie Lledo[1].

Le cerveau est sans doute l'organe le plus mystérieux et le plus complexe du corps. Il est bien connu que les facultés cérébrales d'apprentissage sont plus prononcées durant les premières années suivant la naissance. Cependant, grâce aux techniques modernes en neurosciences, on sait aujourd'hui qu'un cerveau adulte possède également d'importants pouvoirs de plasticité dont fait l'objet le cortex visuel entre autres. Ce dernier est un exemple typique de recherches menées dans le but de guérir certaines pathologies liées à la vision. Il est donc important de comprendre les effets de certains médicaments sur la plasticité du cortex visuel.

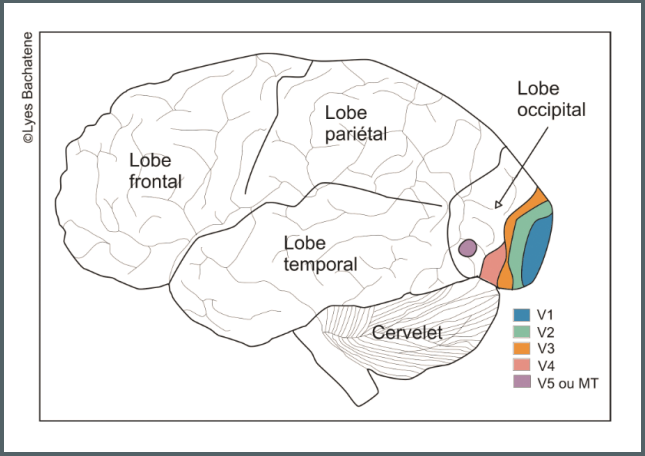
Depuis des décennies, les neuroscientifiques s'attardent sur des questions fondamentales concernant les mécanismes qui régissent le fonctionnement du cerveau ainsi que les nombreuses maladies cérébrales. Dans le passé, il était dans les mœurs de croire qu'un cerveau adulte ne puisse pas se remodeler de la même manière qu'un cerveau encore en développement. De nos jours, les avancées en neurosciences donnent de nouvelles perspectives sur les capacités de plasticité du cerveau adulte et son organisation complexe en réseaux de neurones. Les expériences portant sur ces étonnantes transformations montrent en effet des récupérations significatives des fonctions cognitives perdues à la suite d'accidents cérébraux, ainsi que des améliorations des aptitudes du cerveau par des exercices d'apprentissage ou de mémorisation. Parmi les fonctions du cerveau, la vision occupe une grande partie; l'aire qui traite les informations visuelles provenant de l'œil est appelée aire occipitale et se trouve à l'arrière du cerveau. Plusieurs recherches ont prouvé que l'aire visuelle, qu'on appelle aussi « cortex visuel », pouvait être remodelée par des phénomènes de plasticité cérébrale[2,3,5,7] et que diverses substances ou médicaments seraient responsables de cet effet plastique[2].

La vision, une harmonie entre l'œil et le cerveau

À près de trois cent mille kilomètres par seconde, la lumière de ces lignes voyage de cette page pour atteindre vos yeux. Elle est traitée par quelques structures de l'œil et est captée par la **rétine***. Dans un laps de temps de quelques millisecondes, le flux d'informations arrive à un niveau de traitement cérébral bien spécifique : le cortex visuel. À cette échelle, l'image est traitée de façon à percevoir correctement toutes les caractéristiques de ce que vous lisez en ce moment. Ce processus se répète chaque fois que l'on fixe un objet et qu'on interagit avec le monde extérieur.

***RÉTINE**
membrane se situant dans la partie interne de l'œil. Elle contient des récepteurs qui captent la lumière et la transforment en signal électrochimique.

FIGURE 1
Le cerveau humain et les aires visuelles du lobe occipital (vision)
Source : Lyes Bachatene



Les scènes visuelles que nous percevons possèdent des propriétés particulières des images telles que la couleur, le contraste par rapport à l'environnement, le contour, l'orientation des objets et leur mouvement. Les neurones du cortex visuel sont ainsi programmés depuis la naissance à répondre à un certain nombre de ces propriétés. Ils déchargent de façon maximale – lorsqu'on présente, au sein de leur champ récepteur, le paramètre de l'image auquel ils sont sélectifs[3]. Comme le montre la figure 1, le cerveau se compose de plusieurs lobes; le lobe occipital est le siège principal des processus visuels. Il existe en effet plusieurs aires visuelles, chacune ayant une fonction spécifique. Par exemple, l'aire V1 (ou cortex visuel primaire) se caractérise par la sélectivité des neurones aux différentes orientations. Les neurones de l'aire V4 répondent plus à la couleur des images. Il existe également une zone appelée MT ou aire V5 dont les neurones sont sensibles aux mouvements des objets[4].

« PLUSIEURS RECHERCHES ONT PROUVÉ QUE L'AIRE VISUELLE, QU'ON APPELLE AUSSI "CORTEX VISUEL", POUVAIT ÊTRE REMODELÉE PAR DES PHÉNOMÈNES DE PLASTICITÉ CÉRÉBRALE ET QUE DIVERSES SUBSTANCES OU MÉDICAMENTS SERAIENT RESPONSABLES DE CET EFFET PLASTIQUE. »

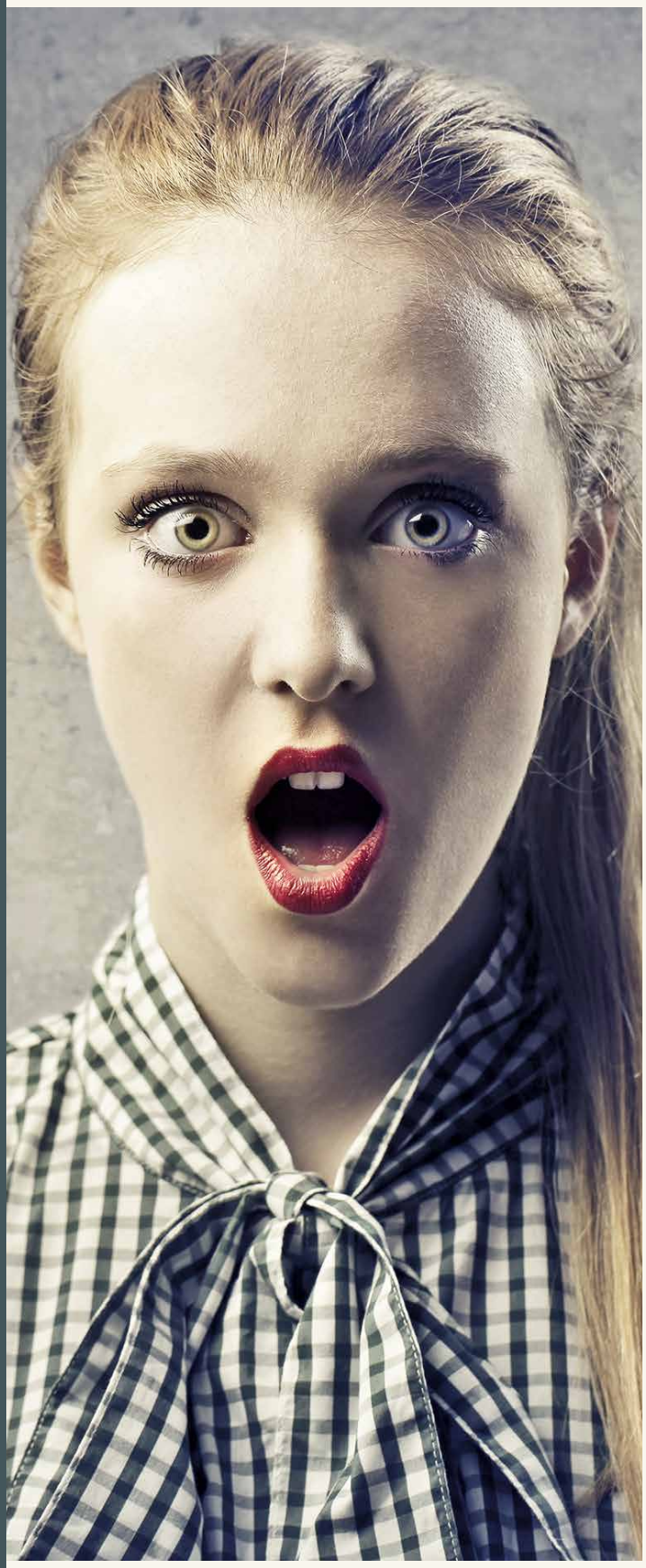
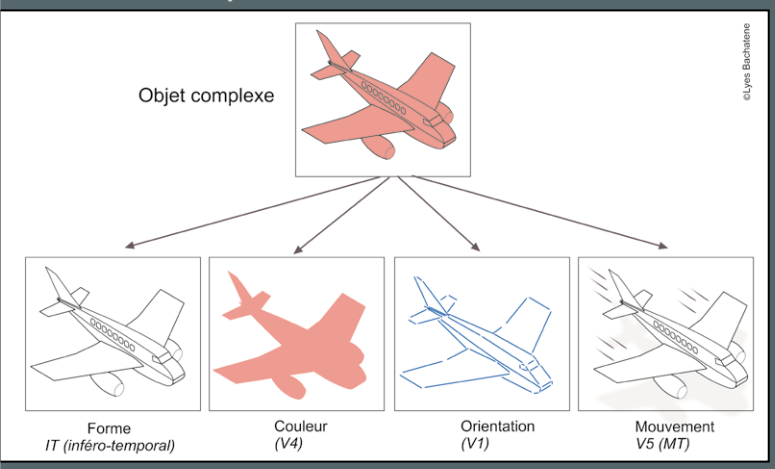


FIGURE 2
Exemple d'une image complexe et des différents niveaux de traitement des aires visuelles
Source : Lyes Bachatene

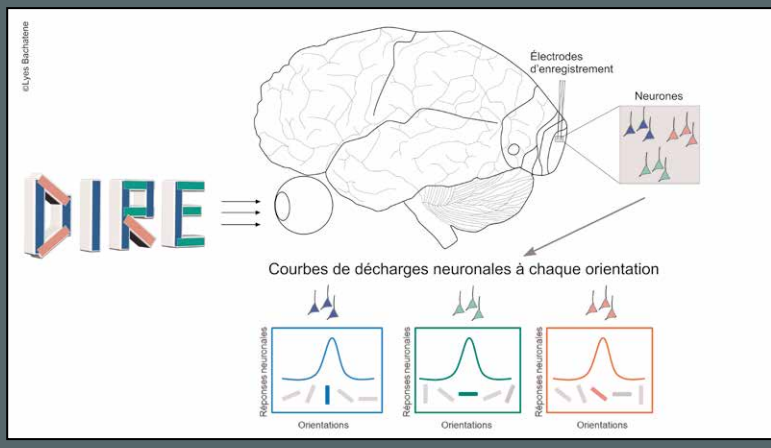


La figure 2 montrant un objet complexe (ici un avion) illustre la combinaison des réponses neuronales de chaque aire, de manière à aboutir à une perception exacte de l'objet avec les caractéristiques qui le composent. La forme générale de l'objet est traitée par l'aire temporale, sa couleur est traitée par une aire appelée V4, les différents angles sont perçus par l'aire V1 et si l'objet est en mouvement, c'est l'aire V5 ou MT qui est impliquée. Le processus de traitement combiné de l'ensemble de ces régions visuelles permet une identification complète d'une image perçue.

De la sélectivité à l'orientation

Dans le Laboratoire de neurosciences de la vision, l'équipe du professeur Stéphane Molotchnikoff travaille sur la plasticité cérébrale des neurones du cortex visuel primaire (aire V1). L'un des paramètres d'intérêt est donc l'orientation des objets dans les scènes visuelles. Par exemple, lorsqu'on regarde un objet ou une image complexe composée d'angles divers, un groupe de neurones répond à l'orientation horizontale, un autre groupe à l'orientation verticale… (figure 3). Les neurones synchronisent leur activité sous forme de potentiels d'action afin de fournir au cerveau une image harmonieuse. C'est de cette manière et à plus grande échelle (toutes les autres caractéristiques des objets perçus) que nous interagissons avec le monde extérieur en ce qui concerne ce processus sensoriel : la vision. Nous pouvons donc présenter différentes orientations et ainsi caractériser celle qui est « optimale » au groupe de neurones qu'on enregistre. Pour un neurone particulier, si on présente de manière prolongée une orientation non optimale (évoquant une faible réponse), on peut forcer ce neurone à augmenter ses décharges à cette orientation à la suite d'un apprentissage visuel ou « adaptation visuelle[5] ». Dans ces recherches, des agents antidépresseurs comme le Prozac (fluoxétine) sont utilisés dans le but de comprendre leurs effets dans ce modèle de plasticité.

FIGURE 3
Courbes d'orientations des réponses neuronales à une image comprenant plusieurs angles
Source : Lyes Bachatene



Les effets connus du Prozac

La transmission des messages nerveux au niveau du cerveau s'effectue par l'intermédiaire d'un certain nombre de médiateurs qu'on appelle les **neurotransmetteurs***. Des taux équilibrés de ces neuromédiateurs dans le cerveau contribuent au bon fonctionnement de la transmission nerveuse. Il peut cependant survenir des déséquilibres de concentrations de ces neurotransmetteurs, ce qui entraîne des troubles cérébraux parfois très graves, par exemple la maladie de Parkinson, la maladie d'Alzheimer ou la dépression.

***NEUROTRANSMETTEURS**
substances chimiques sécrétées entre les neurones durant la communication neuronale.

Les antidépresseurs (comme le Prozac) sont des médicaments prescrits à grande échelle à la population dans le but de traiter certaines maladies nerveuses telles que la dépression ou les troubles obsessionnels-compulsifs. Ces médicaments agissent en augmentant la concentration d'un neurotransmetteur : la sérotonine, dont la concentration est basse dans le cas de patients souffrant de troubles de dépression. On appelle ces médicaments des inhibiteurs sélectifs de recapture de la sérotonine (ISRS)[6]. En plus du rôle majeur des antidépresseurs dans les troubles de dépression, des chercheurs[2] ont montré que ces substances, le Prozac notamment, contribuent à favoriser certains types de plasticité cérébrale du cortex visuel. Dans nos travaux de recherche, nous étudions les effets des antidépresseurs sur notre modèle de plasticité à la suite d'un apprentissage visuel.

Apprentissage perceptuel

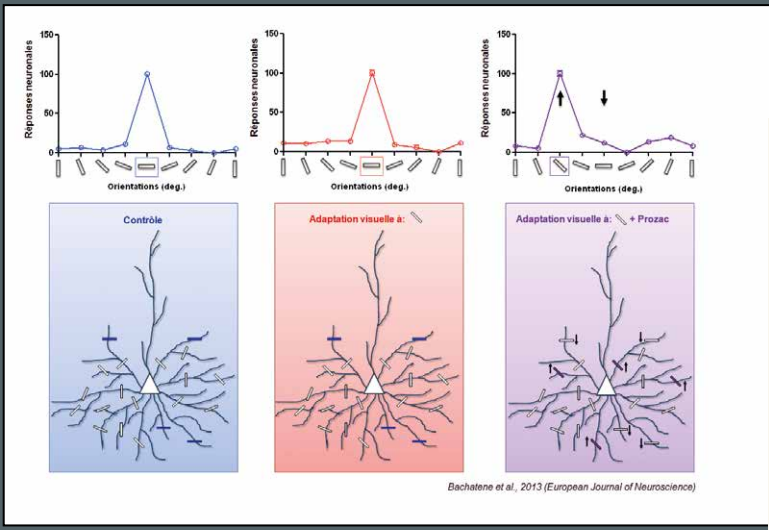
La plasticité cérébrale se définit donc comme étant la capacité du cerveau – dans notre cas, le cortex visuel – à se remodeler et à changer les propriétés de sélectivité des neurones : le cerveau est alors défini comme malléable.

Nous effectuons des enregistrements électrophysiologiques – c'est-à-dire par des multiélectrodes – de l'activité de populations neuronales au niveau du cortex visuel primaire. La présentation des stimuli visuels se fait sur un écran où différentes barres sinusoïdales orientées sont projetées pendant la session d'enregistrement. L'apprentissage perceptuel consiste en la présentation d'une orientation (non optimale) pendant une durée prolongée (12 min)[5,7]. Nous procédons par la suite aux analyses computationnelles des réponses de chaque neurone. L'application de la substance antidépressive (Prozac) se fait de manière locale par un papier filtre imbibé et déposé sur la surface du cortex visuel. Une autre session d'enregistrement est effectuée post-administration du médicament.

Les effets sur notre modèle de plasticité

L'apprentissage visuel conduit à des changements de propriétés optimales des neurones. Lorsqu'un neurone est programmé depuis la naissance à répondre à une certaine orientation, si nous traçons une courbe d'accord qui montre les réponses neuronales en fonction de l'orientation présentée, nous aboutissons à une courbe en cloche qui détermine le stimulus optimal du neurone, c'est-à-dire l'orientation à laquelle il répond maximalement. Nous arrivons à modifier cette propriété en forçant le neurone à mémoriser le nouveau stimulus qu'on projette pendant une durée prolongée, c'est ce qu'on appelle l'adaptation visuelle. De ce fait, on aboutit à un déplacement de la courbe initiale à la suite du processus d'adaptation. Plusieurs cas de figure se présentent : certains neurones déplacent leur courbe en direction de l'orientation imposée (effet attractif), certains autres du côté opposé de l'orientation adoptante (effet répulsif), tandis qu'un certain nombre de neurones n'expriment aucun déplacement de courbe après adaptation. Ces derniers sont des neurones réfractaires.

FIGURE 4
Modèle neuronal proposé. Les différentes orientations sont représentées sur un même neurone. Le Prozac agit sur des sites spécifiques en favorisant et inhibant des orientations précises.
Source : Lyes Bachatene



En appliquant de la fluoxétine (Prozac) sur la surface du cortex visuel primaire, nous arrivons à potentialiser (augmenter) l'effet de l'adaptation visuelle en faveur du stimulus imposé, l'effet attractif est facilité. Nous avons montré au cours de cette étude que les neurones qui au départ déplacent leur courbe du côté opposé du stimulus

d'apprentissage inversent cet effet répulsif et augmentent leur faculté de mémorisation de cette nouvelle propriété imposée. Un autre résultat remarquable de cette étude est l'effet de facilitation de l'apprentissage sur les neurones réfractaires; l'effet du Prozac est donc d'induire une plasticité à ce type de neurones (figure 4). Pour tenter de mieux appréhender ces mécanismes, nous avons établi un modèle à l'échelle neuronale. Le modèle consiste à représenter chaque orientation au sein du même neurone dans ce qu'on appelle des branches dendritiques. Les effets des antidépresseurs pourraient s'expliquer par des mécanismes de redistribution des réponses à chaque orientation et ainsi favoriser l'expression de certaines orientations aux dépens d'autres qui seraient inhibées[7].

En somme, nous avons montré que le Prozac facilite la plasticité cérébrale dans notre modèle de sélectivité à l'orientation. Ceci pourrait avoir un avantage clinique à plus grande échelle après une récupération d'un accident cérébral par exemple, ou dans des phénomènes d'apprentissage cognitif ou de mémoire comme dans certaines maladies (p. ex. Alzheimer). Les neurosciences modernes tentent également de modéliser les mécanismes de fonctionnement du cerveau afin d'expliquer les phénomènes qui régissent les altérations cérébrales. Des recherches sont effectuées dans le but de pouvoir mieux traiter les tumeurs et aider les personnes atteintes à mieux se rétablir. Les gens qui souffrent de troubles **mnésiques*** pourraient également profiter de programmes interactifs et d'exercices de mémorisation. Les recherches sur la plasticité cérébrale sont d'une importance majeure pour cet organe remarquable dont on ignore encore bien des choses.

***MNÉSIQUE** se rapporte à la mémoire.

RÉFÉRENCES

[1] VINCENT, Jean-Didier et Pierre-Marie LLEDO. *Le cerveau sur mesure*, Odile Jacob, 2012.

[2] MAYA VETENCOURT, J.F., A. SALE, A. VIEGI, L. BARONCELLI, R. DE PASQUALE, OF. O'LEARY, E. CASTREN et L. MAFFEI. « The Antidepressant Fluoxetine Restores Plasticity in the Adult Visual Cortex », *Science*, vol. 320, 2008, p. 385-388.

[3] HUBEL, D. H. et T.N. WIESEL. « Receptive Fields of Single Neurones in the Cat's Striate Cortex », *J Physiol*, vol. 148, 1959, p. 574-591.

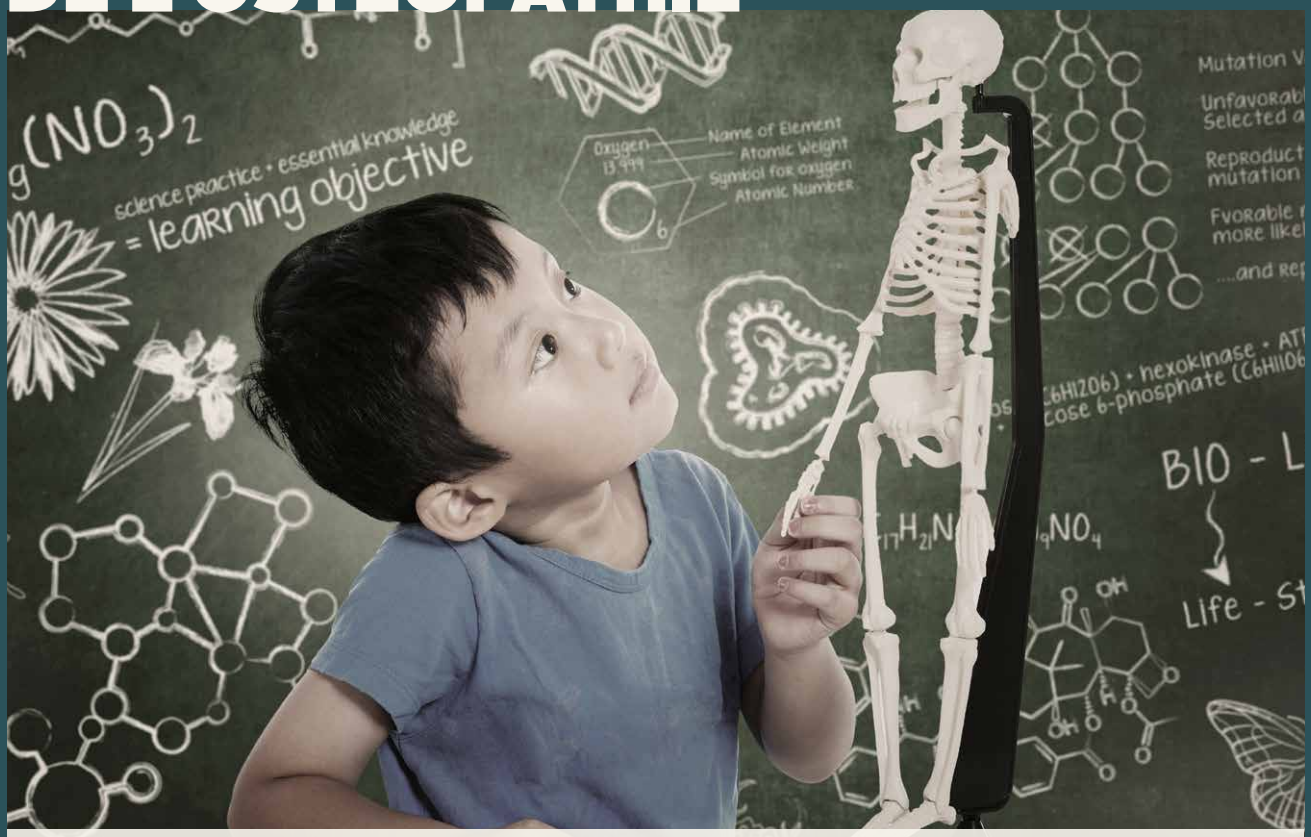
[4] Le cerveau à tous les niveaux, http://lecerveau.mcgill.ca/flash/i/i_02/i_02_cr/i_02_cr_vis/i_02_cr_vis.html, 3 juin 2013.

[5] BACHATENE, L., V. BHARMAURIA et S. MOLOTCHNIKOFF. « Adaptation-Induced Plasticity and Spike Waveforms in Cat Visual Cortex », *Neuroreport*, vol. 23, 2012, p. 88-92.

[6] Le cerveau à tous les niveaux.

[7] BACHATENE, L., V. BHARMAURIA, S. CATTAN et S. MOLOTCHNIKOFF. « Fluoxetine and Serotonin Facilitate Attractive-Adaptation-Induced-Orientation-Plasticity in Adult Cat's Visual Cortex », *European Journal of Neuroscience*, vol. 38, 2013, p. 2065-2077.

L'ORIGINE ET LA PRATIQUE DE L'OSTÉOPATHIE



FRANÇOIS LALONDE / Département de kinésiologie

L'ostéopathie gagne en popularité au Québec depuis quelques années. Les gens consultent les ostéopathes pour divers problèmes de santé sans trop connaître l'origine et l'efficacité de cette approche. Mais quelle est l'origine de l'ostéopathie ? Que peut-elle apporter au système de santé ? Est-ce que la démarche en ostéopathie est appuyée par des données probantes scientifiques ? Pourquoi cette pratique n'est-elle pas enseignée dans les universités québécoises ?

1874

LA PÉRIODE INITIALE

1910

Lorsque les Québécois souffrent d'atteinte au système musculosquelettique, ils consultent leur médecin, leur chiropraticien ou leur physiothérapeute afin d'obtenir un traitement qui les soulagera. Toutefois, quelques patients, déçus des résultats obtenus en médecine traditionnelle, s'orientent vers la médecine douce. Depuis les années 1980, avec l'arrivée d'établissement d'enseignement privé, plus de 1 000 ostéopathes ont été formés (selon le Collège d'études ostéopathiques) pour servir ces Québécois amateurs de médecine douce. La pratique de l'ostéopathie vient également s'ajouter aux primes d'assurances de plusieurs compagnies, qui offrent un montant parfois équivalent au montant obtenu en chiropractie ou en physiothérapie. De plus, de jeunes étudiants fraîchement gradués de l'université ou du cégep entament de plus en plus une formation complémentaire en ostéopathie dans des écoles privées au Québec. Afin de mieux comprendre comment l'ostéopathie pourrait intégrer le système d'éducation et de santé québécois, il est primordial de comprendre l'histoire de cette pratique. Suite à la lecture de ce texte, l'objectif est de se poser les bonnes questions afin d'intégrer l'ostéopathie dans la Belle Province.

Origines et histoire de l'ostéopathie

L'ostéopathe Philip Latey décrit trois périodes dans l'histoire de l'ostéopathie : la période initiale (1874-1910), la période traditionnelle ou classique (1910-1953) et l'ère moderne (1953-2003)[1]. L'époque postmoderne de l'ostéopathie de 2003 à aujourd'hui prend un tournant important qui déterminera l'avenir de celle-ci.

L'ostéopathie voit le jour grâce au Dr Andrew Taylor Still, un officier dans la cavalerie lors de la guerre de Sécession aux États-Unis (1861-1865), qui avait une formation de médecin et de chirurgien. Désabusé par la pratique médicale de son époque, Still croyait qu'en alignant le système musculosquelettique, le corps humain augmentait ses chances d'autoguérison. Les principes de base de l'ostéopathie du Dr Still sont les suivants :

1. la structure et la fonction sont interdépendantes;
2. le corps possède la capacité de s'autoréguler, donc il tend vers l'homéostasie, qui est un processus d'équilibre entre les différentes constantes à l'intérieur du corps; et
3. le rôle de l'artère est suprême, dans le sens où la circulation doit être libre pour avoir une santé optimale[2].

Il mit sur pied une multitude de techniques manuelles non documentées dans le but de soulager ses patients. La première école d'ostéopathie, l'American School of Osteopathy (ASO), fut fondée à Kirksville dans l'État du Missouri (É.-U.) par le Dr Still. Celui-ci attribuait aux étudiants qui graduaient le titre de *Doctor of Osteopathic Medicine* (D.O.) et acceptait à l'époque les femmes dans son école[3,4]. La période initiale fut marquée par des ostéopathes directement diplômés de l'ASO dont le Dr John Martin Littlejohn, qui a exporté l'ostéopathie en Europe[5]. Alors qu'il était à la tête de l'ASO comme directeur, Littlejohn a introduit

1910

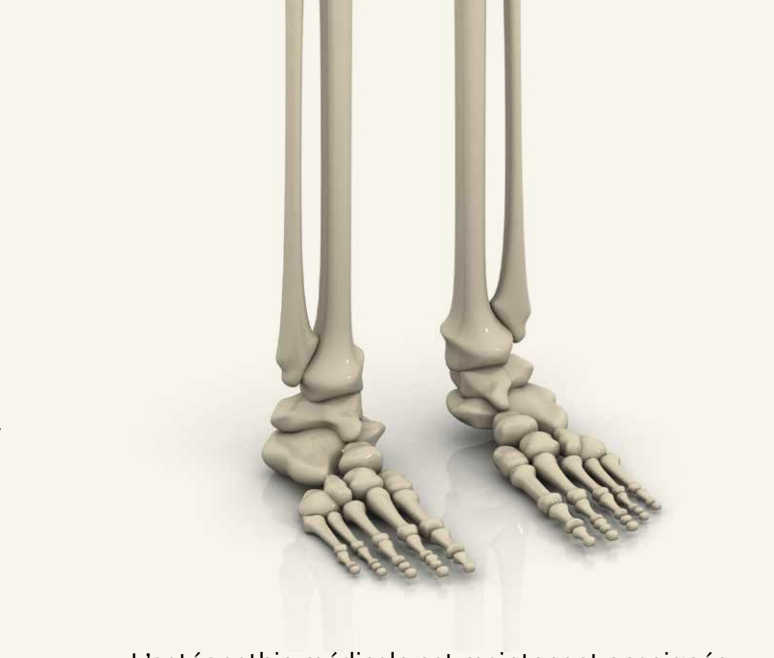
LA PÉRIODE CLASSIQUE

1953

l'usage des rayons X, a enseigné la physiologie et a ouvert un hôpital chirurgical arrimant la médecine de l'époque à l'ostéopathie[6]. En 1899, Littlejohn fut renvoyé de l'ASO à cause de ses opinions dites « trop médicales » et fut remplacé par Arthur Grant Hildreth, docteur en médecine ostéopathique (D.O.), qui était plus conservateur par rapport à l'ostéopathie[7]. Hildreth fut toutefois un personnage clé dans la législation de l'ostéopathie aux États-Unis dans la mesure où il a fait signer plusieurs projets de loi à la chambre des représentants en faveur de la pratique de l'ostéopathie[8]. L'année suivant son renvoi, Littlejohn ouvrit l'école américaine de médecine ostéopathique et de chirurgie à Chicago, où il a travaillé pendant quelques années jusqu'en 1913, année où il retourna en Grande-Bretagne. L'année de la mort d'Andrew Taylor Still (1917), Littlejohn a ouvert la British School of Osteopathy (BSO) à Londres[7]. Littlejohn mentionne lui-même dans un article que les deux hommes avaient des points de vue complètement différents sur l'ostéopathie : Still avait une vision anatomique, tandis que Littlejohn avait une vision beaucoup plus physiologique[9]. Malheureusement, peu de documents sont issus de la période initiale de l'ostéopathie à l'exception de quelques ouvrages philosophiques du Dr Still, de quelques manuels de principes d'ostéopathie des premiers gradués de l'ASO ainsi que des notes de cours de certains étudiants. L'enseignement à cette époque se faisait surtout de manière orale et aucune étude scientifique, à l'exception de certains cas cliniques, n'est ressortie de cette période. Un fait intéressant de cette époque est que le Canadien Daniel David Palmer (1845–1913), fondateur de la chiropratique, fut étudiant du Dr Still sans toutefois graduer comme ostéopathe[10], d'où la ressemblance de certaines manipulations ostéopathiques et chiropratiques.

La période classique (1910-1953) est une période où plusieurs ostéopathes ont essayé de définir l'ostéopathie selon les principes et la philosophie des fondateurs. Leurs réflexions ont été publiées dans la littérature américaine sous forme de livres ou d'articles de journal. Par exemple, Harrisson Fryette, D.O., a énoncé les principes des mouvements vertébraux, Charles Owens a écrit un livre sur les réflexes de Chapman et William Garner Sutherland a écrit un livre sur la thérapie cranio-sacrée qui demeure toujours très controversée aujourd'hui en raison de son manque de validité scientifique de par des études randomisées ou de méta-analyses. Durant cette période, plusieurs ostéopathes ont essayé de définir différentes approches, sans toutefois mener d'études cliniques sérieuses. Cette période a été entrecoupée des deux Grandes Guerres, ce qui explique en partie un ralentissement dans l'évolution de l'ostéopathie aux États-Unis et en Angleterre. Après la Deuxième Guerre mondiale, les écoles d'ostéopathie ont commencé à inclure le cursus biomédical et scientifique de la médecine traditionnelle.

L'ère moderne de l'ostéopathie aux États-Unis se caractérise par l'effervescence de l'ostéopathie scientifique et médicale. Depuis 1973, l'ostéopathie a gagné les droits d'une pratique de la médecine illimitée au même titre que les médecins allopathiques (M.D.) dans tous les États américains[11,12]. De plus, les ostéopathes ont le pouvoir de s'enrôler comme officiers médicaux dans l'armée américaine[13].



L'ostéopathie médicale est maintenant enseignée dans 29 universités américaines. Depuis cette époque, les M.D. et les D.O. ont une licence illimitée pour la pratique de la médecine : les deux groupes prescrivent de la médication, pratiquent la chirurgie et peuvent poursuivre leurs études dans n'importe quelle spécialité médicale reconnue (cardiologie, pneumologie, radiologie, etc.). Les étudiants voulant devenir D.O. ou M.D. ont habituellement complété un baccalauréat en sciences en plus d'avoir réussi le Medical College Admission Test (MCAT). Une fois admis dans une école, les D.O. et les M.D. font quatre ans d'études médicales et poursuivent leur formation par des internats, des résidences et des *fellowships*[13].

La différence entre les M.D. et les D.O. repose sur la philosophie de traitement, la connaissance du système musculosquelettique et la pratique des traitements ostéopathiques manuels souvent cités dans les articles sous le terme anglophone *osteopathic manipulative treatments* (OMT[14]). Environ 60 % sont des généralistes, des internes, des pédiatres ou des gynécologues-obstétriciens. Les D.O. ont une approche globale de la santé, travaillent beaucoup en médecine préventive et sont généralement membres de l'American Osteopathic Association (AOA). Puisque l'approche scientifique et médicale oriente les gestes posés (approche basée sur les évidences scientifiques) par les ostéopathes américains, plusieurs techniques (OMT) non validées par la science ont été mises de côté, comme l'approche cranio-sacrée de Sutherland[15]. L'approche cranio-sacrée prétend qu'il existe une petite mobilité entre les os du crâne et que le thérapeute peut ressentir ces mouvements et traiter un patient. À cet effet, plusieurs étudiants au doctorat dans différents domaines ont commencé à faire des études scientifiques en ostéopathie. L'usage de la thérapie manuelle ostéopathique a été validé par certaines méta-analyses et études randomisées pour les problèmes de santé suivants : maux de dos, douleurs musculo-squelettiques, maux de cou, amélioration des symptômes liés à certains problèmes urinaires (incontinence) chez la femme et l'otite chez les enfants[16,17,18,19,20]. Les techniques d'ostéopathie manuelles sont souvent utilisées en complémentarité avec d'autres modalités de traitement. Les indications scientifiques en faveur de l'utilisation des OMT sont encore très limitées. Toutefois, certains patients ne jurent que par les manipulations ostéopathiques. Plus d'études sont nécessaires afin de bien connaître l'impact des OMT sur des conditions médicales.

En résumé, selon l'American Osteopathic Association, il n'y a pratiquement pas de différence entre un M.D. et un D.O. hormis la connaissance des thérapies manuelles ostéopathiques.

1953

LA PÉRIODE MODERNE

2003

« AU QUÉBEC, CE TITRE N'EST PAS PROTÉGÉ, CE QUI AMÈNE UNE GRANDE CONFUSION AUPRÈS DE LA POPULATION EN CE QUI CONCERNE LA PRATIQUE DE L'OSTÉOPATHIE. »

La période moderne de l'histoire de l'ostéopathie comprend également la prolifération des thérapies manuelles ostéopathiques à travers le monde. Toutefois, les praticiens qui utilisent le terme « ostéopathe » en dehors des États-Unis n'ont pas une formation médicale et restent accrochés à la pratique semblable à celle des périodes initiale et classique de l'histoire de l'ostéopathie. C'est pour cette raison que l'Organisation mondiale de la santé (OMS) définit deux types d'ostéopathie : la médecine ostéopathique (pour ceux qui ont une formation américaine et qui ont le droit d'utiliser le titre D.O. à sa juste valeur) et la thérapie manuelle ostéopathique pratiquée par un non-médecin (physiothérapeute, kinésiologue, etc.), pour lequel le titre de *Diploma of Osteopathic Manipulative Praticioner* (DOMP) serait plus juste afin de le distinguer des vrais D.O.[21]

La période postmoderne de l'ostéopathie (2003-aujourd'hui) se traduit par une unification générale de toute forme de thérapie manuelle qui provient de la massothérapie, de la chiropractie, de l'ostéopathie, de la médecine sportive et de la physiothérapie afin de faire ressortir une pratique soutenue par des études scientifiques. Le chiropraticien et le physiothérapeute traitent déjà leurs patients principalement avec de la thérapie manuelle, donc l'ajout des techniques ostéopathiques élargirait leur banque d'outils thérapeutiques. L'objectif est de travailler en équipe pour le bien des patients et de tous parler le même langage. La distinction de l'ostéopathie reposera éventuellement seulement sur un héritage historique et philosophique, mais pour que la profession conserve sa crédibilité, elle n'a pas le choix d'orienter son approche vers la science et les bonnes pratiques médicales[22]. Toutefois, il y aura toujours un débat avec des sous-groupes d'ostéopathes qui sont restés ancrés à la période initiale et classique et prétendant que la vraie ostéopathie est celle des fondateurs...

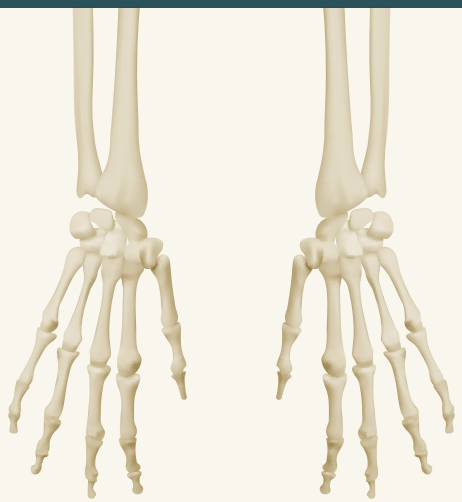
La pratique de l'ostéopathie au Québec et au Canada

Récemment, l'Université Laval a décliné l'entrée d'un programme d'ostéopathie de style européen proposé par une école privée du Québec (le Collège d'études ostéopathiques) en soulignant le manque de recherches scientifiques[23]. Toutefois, l'Université Laval reste ouverte au modèle de pratique de l'ostéopathie américaine qui est l'équivalent de la formation en médecine avec l'ajout des manipulations ostéopathiques. Pour le moment, aucune université canadienne n'offre un programme d'étude en ostéopathie similaire à ce qui se fait aux États-Unis. Toutefois, la Canadian Osteopathic Association (CAO) chapeaute les D.O. formés aux États-Unis désirant pratiquer au Canada. Les D.O. américains doivent atteindre les normes établies par le Collège Royal des médecins et chirurgiens du Canada (RCPSC) pour pratiquer la médecine dans le Canada anglais[24]. Le titre de D.O., formé dans une université américaine, est seulement protégé dans les provinces de la Colombie-Britannique, de l'Alberta, du Manitoba, de la Saskatchewan, du Nouveau-Brunswick et de Terre-Neuve. Au Québec, ce titre n'est pas protégé, ce qui amène une grande confusion auprès de la population en

ce qui concerne la pratique de l'ostéopathie. Le fait que les D.O. américains doivent passer un examen de français a aussi probablement freiné la culture de l'ostéopathie scientifique et médicale au Québec. Étant donné que le titre de D.O. n'est pas protégé dans la Belle Province, plusieurs écoles privées ont vu le jour depuis les années 1980 en donnant le titre de D.O. à leurs finissants (pour éviter la confusion, le titre devrait être « diplômé en thérapie manuelle ostéopathique »).

Ces écoles n'ont aucun lien avec le ministère de l'Éducation du Québec ni avec l'Office des professions du Québec et ne sont affiliées à aucune université reconnue au Canada. Étant donné qu'il n'existe pas d'ordre professionnel, le public québécois n'est pas protégé de cette pratique ostéopathique. De plus, la formation diffère beaucoup d'une école à l'autre. Le cursus de cours de ces écoles privées est basé seulement sur l'apprentissage des thérapies manuelles (OMT) prodiguées sous forme de séminaires sur une période de trois à cinq ans. Il faut toutefois noter que le Collège des médecins du Québec reconnaît la formation américaine en ostéopathie, mais à ce jour aucun ostéopathe issu de la formation américaine ne pratique au Québec[25]. En révisant la littérature, il est constaté que les recherches issues de ces institutions privées ne sont publiées dans aucune revue scientifique autre que dans le *Journal d'ostéopathie au Québec*, précisément dirigée par le Dr Sicotte, qui a une formation en médecine[14]. Les ostéopathes diplômés de ces écoles privées pratiquent généralement comme travailleurs autonomes et peuvent émettre des reçus qui sont remboursés par la majorité des compagnies d'assurances privées. L'ostéopathie pratiquée au Québec s'est également approprié le titre de médecine douce ou « alternative », ce qui est le contraire de la pratique ostéopathique pratiquée aux États-Unis. Il est également intéressant de constater que l'ostéopathie a été popularisée

« L'OSTÉOPATHIE PRATIQUÉE AU QUÉBEC S'EST ÉGALEMENT APPROPRIÉ LE TITRE DE MÉDECINE DOUCE OU "ALTERNATIVE", CE QUI EST LE CONTRAIRE DE LA PRATIQUE OSTÉOPATHIQUE PRATIQUÉE AUX ÉTATS-UNIS. »



au Québec par des ostéopathes d'origine française non-médecins. En France, l'ostéopathie peut être pratiquée tant par des médecins que par des gens qui ont seulement suivi une formation d'ostéopathie ayant une pratique restreinte. Étant donné qu'il y a très peu de chiropraticiens en France, les ostéopathes français sont devenus dans leur pays les spécialistes des affections du rachis au même titre que les chiropraticiens au Québec. Les médecins français qui ont suivi une formation en ostéopathie ont une pratique similaire aux D.O. américains. Pour résumer, la formation en ostéopathie au Québec peut paraître intéressante pour les néophytes, mais elle est associée à des coûts financiers très élevés, l'enseignement ne suit pas nécessairement les données scientifiques récentes et la formation n'est reconnue par aucune université canadienne. De plus, il faut savoir qu'aucune école d'ostéopathie et aucune association ne peuvent prétendre être la référence ou être impliquée dans la protection du public.

Conclusion

Une grande confusion dans la pratique de l'ostéopathie s'est installée au Québec. Selon l'Université Laval, le manque de preuves scientifiques de certaines pratiques de l'ostéopathie pourrait être la principale raison pour laquelle l'ostéopathie n'est pas enseignée dans les universités québécoises. Les ostéopathes formés dans une école privée au Québec usurpent le titre de D.O. réservé aux vrais docteurs en ostéopathie formés dans un milieu universitaire médical. Cette confusion pourrait ternir l'image de l'ostéopathie telle que pratiquée aux États-Unis et au Canada anglais, qui se veut une médecine scientifique et non une médecine douce. Afin d'atténuer cette confusion, l'ostéopathie pourrait simplement être considérée comme une formation complémentaire, sans être une profession distincte des autres professions de la santé. Il serait également pertinent d'étudier la possibilité d'inclure une formation de D.O. et de M.D. dans les universités québécoises afin d'officialiser la profession, comme aux États-Unis, ou d'enseigner les techniques d'ostéopathie manuelle aux physiothérapeutes, médecins sportifs, orthopédistes et chiropraticiens comme approche complémentaire. L'ostéopathie pourrait apporter beaucoup au système de santé québécois dans le traitement et la gestion des troubles musculosquelettiques. Il faut maintenant trouver comment l'ostéopathie peut être intégrée au système de santé.

RÉFÉRENCES

[1] LATEY, P. « Osteopathy Ancient and Modern », *Australian Journal of Ostheopathy*, nº 6, 1993, p. 14-21.

[2] TAYLOR STILL, Andrew. *La philosophie et les principes mécaniques de l'ostéopathie*, Frison-Roche, 2001, p. 1-25.

[3] SHANNON, Stephen C. et Howard S. TEITELBAUM « The Status and Future of Osteopathic Medical Education in the United States », *Academic Medecine*, vol. 84, nº 6, juin 2009, p. 707-711.

[4] HISTORY OF OSTEOPATHIC MEDICINE VIRTUAL MUSEUM, « Andrew Taylor Still Establishes Osteopathy », *American Osteopathic Association*, http://history.osteopathic.org, consulté en juin 2011.

[5] HALL, Tew John. « The Contribution of John Martin Littlejohn to Osteopathy », *AAO Journal*, vol. 13, 2003, p. 10-13.

[6] LITTLEJOHN JM. « Osteopathy, An Independent System Co-extensive with the Science and Art of Healing », *J Am Osteopath Assoc*, vol. 100, mars 2000, p. 14.

[7] TAN SY, Zia JK. « Andrew Taylor Still (1828-1917): Founder of Osteopathic Medicine » *Singapore Medical Journal*, vol. 48, nº 11, nov. 2007, p. 975-976.

[8] HILDRETH, Arthur Grant, D.O. « What Osteopathic Stand for in Legislation », *JOAA*, vol. 100, nº 12, 2000, p. 796- 798.

[9] LITTLEJOHN JM. « Osteopathy, A Biological Science », *Journal of Osteopathy*, 1936, p. 4-8.

[10] GRANT HILDRETH Arthur, DO. « The Lengthening Shadow of Dr. Andrew Taylor Still », publié par A.G. Hildreth et A.E. Van Vleck, Kirksville, Simpson Printing Company, 1942, p. 44-46.

[11] EMIL P. LESHO, D.O. «An overview of osteopathic Medicine », *Arch Fam Med*, vol. 8, 1999, p. 477- 484.

[12] http://www.osteopathic.org/osteopathic-health/about-dos/what-is-a- do/Pages/default.aspx

[13] NORMAN GEVITZ. « The Sword and the Scalpel-The Osteopathic War to Enter Military Medical Corps: 1916-1966 », JAOA, vol. 98 nº 5, 1998, p. 279-286.

[14] LALONDE François. « Les D.O. américains : qui sont-ils ? », *Ostéopathie précisément*, vol. 41, mars 2011, p. 38-40.

[15] GREEN Carolyn. « A Systematic Review and Critical Appraisal of the Scientific Evidence on Craniosacral Therapy », *BC Office of Health Technology Assessment*, vol. 99, mai 1999, p. 1-66.

[16] LICCIARDONE, John C, BRIMHALL, Angela K; KING, Linda N. « Osteopathic Manipulative Treatment for Low Back Pain: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials », *BMC Musculoskeletal Disorders*, vol. 43, nº 6, 2005, [pages].

[17] FRANKE, H, et HOESELE, K. « Osteopathic Manipulative Treatment (OMT) for Lower Urinary Tract Symptoms (LUTS) in Women », *Journal f Bodywork and Movement Therapies*. vol.17, nº 1, 2013, p. 11-18.

[18] CHOU, R, HUFFMAN, LH. « Non Pharmacologic Therapies for Acute and Chronic Low back Pain: A Review of the Evidence for an American Pain Society/American College of Physicians Clinical Practice Guideline », *Annals of Internal Medicine*, vol.147, nº 7, 2007, p. 492-504.

[19] GUINEY P, CHOU R, VIANNA A, LOVENHEIM J. « Effects of Osteopathic Manipulative Treatment on Pediatric Patients with Asthma: A Randomized Controlled Trial », *The Journal of the American Osteopathic Association*, vol. 105, nº 1, 2005, 7-12.

[20] MILLS M, HENLEY C, BARNES L, CARREIRO J, DEGENHARDT B. « The Use of Osteopathic Manipulative Treatment as Adjuvant Therapy in Children with Recurrent Acute Otitis Media », *Arch Pediatr Adolesc Med*, vol. 157, nº 9, 2003, p. 861-866.

[21] *Benchmarks for Training in Osteopathy: Benchmarks for training in traditional/complementary and alternative medicine*, Organisation mondiale de la santé, http://www.who.int/medicines/areas/traditional/BenchmarksforTraininginOsteopathy.pdf, 2010.

[22] LICCIARDONNE et coll. « Osteopathic Research: Elephants, Enigmas, and Evidence », *Osteopathic Medicine and Primary Care*, vol. 1, nº 1, 2007, page 7- 15.

[23] ALLARD, Marc, « L'Université Laval ferme la porte à l'ostéopathie », *Le Soleil*, http://www.lapresse.ca/le-soleil/actualites/education/201110/02/01-4453561-luniversite-laval-ferme-la-porte-a-losteopathie.php, 3 octobre 2011.

[24] Canadian Osteopathic Association, http://www.osteopathic.ca, 1er janvier 2014.

[25] LALONDE François. «Touch, More than a Basic Science », *J Am Osteopath Assoc.*, vol. 112, nº 12, déc. 2012 , p. 769-770.

NEUROSCIENCES ET LIBERTÉ : QUEL AVENIR POUR LA RESPONSABILITÉ PÉNALE ?

UGO GILBERT TREMBLAY / Département de philosophie

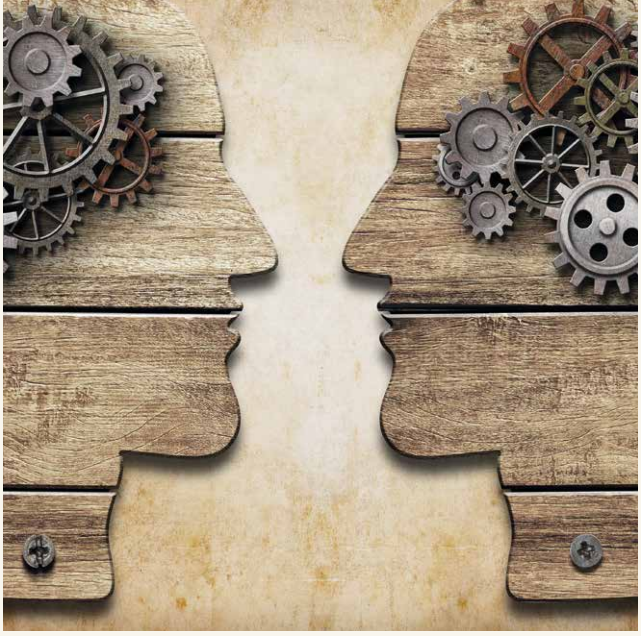
Grâce au développement récent de techniques d'imagerie cérébrale de plus en plus précises et sophistiquées, les neurosciences ambitionnent de révolutionner notre conception de la nature humaine. Loin toutefois d'en rester à l'intimité rassurante de leur laboratoire, les recherches en cours sont porteuses de bouleversements pratiques considérables. En effet, au fur et à mesure qu'elles étendent notre connaissance du cerveau, elles accroissent d'autant notre conscience des déterminations involontaires qui s'y produisent. Or, il se pourrait bien qu'en érodant ainsi l'espace dévolu jusqu'alors à la liberté, les neurosciences en viennent à miner les assises mêmes de notre système pénal, en privant notamment le principe d'une égale responsabilité de tous devant la loi de toute vraisemblance empirique. Au regard de la science, nous verrons donc ici que la croyance commune voulant que les criminels « choisissent » leur destin est loin d'aller de soi.

« AU REGARD DE LA SCIENCE, NOUS VERRONS DONC ICI QUE LA CROYANCE COMMUNE VOULANT QUE LES CRIMINELS “CHOISISSENT” LEUR DESTIN EST LOIN D’ALLER DE SOI. »

Après l’héliocentrisme promu par Copernic, qui eut pour effet de destituer la Terre de son statut glorieux de centre de l’univers, Darwin qui fit déchoir l’être humain de son piédestal en le réinsérant dans la chaîne continue des espèces animales, et Freud qui fit de la conscience l’exception plutôt que la règle dans une intériorité grouillante de processus inconscients, voilà que c’est au tour des neurosciences de travailler à l’ébranlement de l’amour-propre humain[1]. Après les vexations cosmologiques, biologiques et psychologiques, en effet, il est probable que nous devions bientôt en ajouter une quatrième : la vexation neuronale. Suivant cette nouvelle humiliation narcissique infligée à l’humanité, la trajectoire de tout individu ne saurait désormais se concevoir indépendamment du « câblage » neuronal qui lui sert de trame. Cela implique que toute vie humaine serait le fruit de déterminations causales, à la fois génétiques et environnementales, et dans lequel il ne paraît exister aucune place pour l’hypothèse d’une force autonome tel le libre arbitre. Rappelons que la notion de libre arbitre renvoie au sens fort à l’idée qu’existerait en l’animal humain – et en l’animal humain seul – une puissance d’autodétermination capable d’échapper aux lois qui régissent le monde naturel. Or, il se trouve qu’en approfondissant notre connaissance du cerveau, les neurosciences donnent plutôt à penser que les phénomènes qui s’y produisent – émotions, désirs, croyances, etc. – résultent tous d’interactions électrochimiques causalement orientées, et que même le sentiment de délibérer et de faire des choix, par exemple, serait en vérité le fait de processus neuronaux antérieurs à notre conscience et par conséquent involontaires[2]. Pour le dire encore autrement, nos décisions – même celles que nous jugeons les plus éclairées – seraient le produit d’une rencontre complexe entre des variables environnementales passées et présentes combinées à l’état biologique spécifique de notre cerveau au moment de la décision. Comme le rappelle en ce sens le philosophe américain J. R. Searle, la plupart des neurobiologistes estiment ainsi que le libre arbitre serait une sorte d’illusion psychologique engendrée par notre architecture cognitive, résultat probable d’une sélection adaptative propre à l’évolution de notre espèce[3]. Loin toutefois de se limiter à de simples déclarations iconoclastes, de nombreuses données empiriques ont récemment été mobilisées à l’appui de cette hypothèse, et plusieurs ont même cherché à en tirer les ultimes conséquences pour notre système pénal. Nous chercherons ici à retracer brièvement la genèse de cette position qui, dans la dernière décennie, a fait l’objet de discussions interdisciplinaires de plus en plus sérieuses, à l’intersection de la philosophie, des neurosciences et du droit.

Le cas de Phineas Gage

Il convient tout d’abord d’évoquer brièvement l’histoire de Phineas Gage, jeune Américain grièvement blessé à la tête en 1848, et dont le cas a été élevé au rang de modèle paradigmatique



par les neurosciences contemporaines[4]. Victime d'un terrible accident de travail, Gage a vu une partie de son cortex préfrontal transpercée par une barre de fer. Loin d'en mourir, sa santé physique se rétablit au contraire en l'espace de seulement deux mois. Les médecins d'alors réalisèrent avec étonnement que ni sa motricité, ni ses perceptions sensorielles, ni ses dispositions langagières, ni sa mémoire, ni même son intelligence n'en subirent la moindre altération. C'est cependant à un autre niveau que la vie de Gage avait connu des perturbations irréversibles : les traits jusqu'alors stables de sa personnalité avenante se métamorphosèrent radicalement, à un tel point que ses proches le trouvèrent méconnaissable. Gage perdit soudainement le respect de la morale commune et des conventions sociales les mieux établies, il multiplia les comportements déviants, ne se sentit plus redevable envers autrui, en plus de perdre le sens de l'avenir, nécessaire à la mise en œuvre de projets propres à servir son intérêt à long terme. Pour le neurologue A. R. Damasio, qui s'est longuement penché sur le cas de Gage, de même d'ailleurs que sur plusieurs autres cas plus récents de patients analogues, l'existence d'un tel lien entre une lésion cérébrale, d'une part, et l'aptitude à se conduire normalement, d'autre part, engageait une conclusion qui était proprement irrecevable pour la plupart des hommes de sciences du XIXe siècle. Ce que cette histoire nous enseigne, en effet, c'est que l'intégrité d'une région particulière du cerveau humain est une condition nécessaire à l'adoption de comportements socialement acceptables[5]. Cela implique que la prétendue vertu d'un être ne repose pas sur son unique mérite personnel ni sur le seul exercice de sa bonne volonté et qu'elle saurait encore moins être le simple effet d'un effort ou d'une sage discipline. La condition première de la morale ne serait donc pas la liberté, comme le pensait Kant, mais bien, beaucoup plus organiquement, le fait que la configuration microscopique de certains de nos circuits neuronaux ne souffre d'aucune déficience, fût-elle infime.

Le cerveau des criminels

S'inscrivant dans le prolongement de ces conclusions, on ne compte plus aujourd'hui le nombre d'études qui cherchent à établir un lien causal entre telle ou telle anomalie cérébrale et tel ou tel trait comportemental des criminels (agressivité, perversion sexuelle, dépendance, etc.). Dans le cas de la psychopathie, par exemple, les neurosciences s'attachent à relier un faisceau de caractéristiques psychologiques (froideur des affects, absence de remords, incapacité à établir des relations de réciprocité authentique, etc.) avec un certain nombre de dérèglements neurologiques observables. Ainsi, les psychopathes condamnés qui ont fait l'objet d'une étude récente[6] présentaient des anomalies dans le cortex préfrontal (la même région qui avait été touchée chez Gage), à savoir une réduction de 22 % du volume des cellules grises. D'autres études ont relevé une plus grande longueur et épaisseur du corps calleux (la partie du cerveau reliant les deux hémisphères, entre autres liée aux composantes affectives de la personnalité), de même qu'une augmentation de 22,6 % du volume de leur matière blanche[7]. Le rôle joué par l'amygdale a aussi été établi en relation avec la délinquance violente, l'amygdale étant une partie du cerveau qui intervient dans l'activation et la régulation des émotions[8]. Les psychopathes seraient par exemple émotionnellement indifférents à la peur qui s'exprime sur le visage de leur victime[9]. On relève de plus une incapacité à distinguer les transgressions morales des transgressions conventionnelles. Les psychopathes disposeraient ainsi d'une connaissance purement cognitive, abstraite et désincarnée des valeurs communément partagées, sans toutefois être motivés à agir en cohérence avec elles. Ainsi, ils ne pourraient pas faire la différence, au moment de l'action, entre un interdit moral

(ne pas tuer, ne pas blesser autrui) et une simple règle conventionnelle (ne pas manger avec ses mains, ne pas conduire à gauche sur l'autoroute). Cette incapacité suggère une localisation distincte des fonctions cérébrales en cause dans le jugement moral d'une part (d'où procèdent les notions de bien et de mal), et dans la décision morale d'autre part (où il s'agit de poser des gestes effectifs dans des situations moralement connotées)[10]. Sachant que la psychopathie serait surreprésentée dans la population carcérale (entre 13,4 et 24 % en Amérique du Nord, selon R. C. Serin)[11] et que jusqu'à 50 % des crimes violents seraient potentiellement commis par des hommes atteints d'un tel trouble[12], ces données ne manquent évidemment pas d'être troublantes. C'est à se demander si plusieurs des délinquants qui comptent parmi les plus dangereux de nos sociétés ne seraient pas ni plus ni moins déterminés à être ce qu'ils sont, comme s'ils n'étaient au fond que le résultat conjoint d'une trajectoire existentielle malheureuse et de dérèglements cérébraux hors de contrôle.

Les neurosciences contre le droit

En 2011, la France est devenue le premier pays à admettre par un texte législatif ce que d'autres pays – les États-Unis au premier chef – admettaient déjà *de facto*, à savoir la recevabilité des techniques d'imagerie cérébrales dans le cadre de l'expertise judiciaire. L'approche neuroscientifique pénètre ainsi au cœur de l'appareil pénal et risque d'y imposer graduellement ses critères. Selon les neuropsychologues J. Greene et J. Cohen, les postulats traditionnels du droit pourront difficilement sortir indemnes de cette nouvelle cohabitation, pour la simple raison que le discours scientifique est celui qui jouit de la plus haute valeur de vérité dans nos sociétés pluralistes, et qu'aucune institution ne peut raisonnablement espérer maintenir sa crédibilité à long terme sans prendre soin un jour ou l'autre de s'accorder avec lui[13]. Nous verrons ici que la principale pierre d'achoppement entre le droit et les neurosciences concerne la notion juridique de responsabilité pénale, laquelle a fait l'objet ces dernières années d'au moins trois grandes remises en question.

1 Tout d'abord, les neurosciences révèlent que les capacités de contrôle sont susceptibles de varier systématiquement d'une personne à l'autre[14]. Cela signifie non seulement que les bases du contrôle de soi échappent paradoxalement à notre contrôle, mais aussi que l'on ne peut pas s'attendre à ce que tout le monde soit aussi bien « câblé » pour ne pas succomber à ses impulsions, pour prendre des décisions raisonnables, ou encore pour prendre la juste mesure des conséquences de ses actes. Par là, c'est le postulat *a priori* louable de l'égalité de tous devant la loi qui se trouve ébranlé. Les neurosciences forcent désormais le droit à tenir compte d'inégalités neurobiologiques fondamentales qui oscillent d'un individu à l'autre.

2 Ensuite, comme le fait remarquer le neurobiologiste R. M. Sapolsky, la catégorie juridique de responsabilité risque d'entrer en contradiction avec l'approche de la science, qui est par définition allergique aux dichotomies artificielles et invérifiables telles que celle que le droit instaure par exemple entre l'être libre (cause de lui-même) et l'être non libre (soumis à des causes extérieures)[15]. Le problème est que l'on ne trouve pas dans la nature une catégorie pure de la responsabilité dans laquelle il suffirait de ranger les criminels en fonction d'un test de classement objectif. Toute division binaire de ce type suppose l'établissement préalable d'une ligne de démarcation plus ou moins arbitraire. Or cette ligne pouvait parfaitement se maintenir tant et aussi longtemps qu'elle s'appuyait seulement sur la reconnaissance consensuelle de certaines normes sociales établies. Mais à partir du moment où elle se soumet au regard scrupuleux de la science, il est inévitable que ses contours deviennent de plus en plus évanescents et incertains. La science ne peut malheureusement pas quantifier le seuil de dysfonctionnement neuropsychique, ou encore le pourcentage de cellules endommagées, qui habiliterait un individu à plaider l'irresponsabilité. Dans la même optique, on ne peut guère laisser le soin à un jury de fixer lui-même les motifs de ce départage lourd de conséquences.

3 En outre, même si l'on s'en tenait à une division conventionnelle, où tel degré précis d'anomalie cérébrale serait officiellement admis comme facteur d'irresponsabilité, le droit n'en deviendra pas moins tributaire de l'évolution des outils technologiques utilisés par les neurosciences. D. M. Eagleman souligne en ce sens que nombre de personnes jusqu'alors considérées responsables de leurs actes pourraient bientôt – du jour au lendemain – changer de catégorie en raison des progrès des techniques d'imagerie[16]. En d'autres termes, la frontière n'est plus stable, et elle menace de se déplacer sans cesse au rythme des nouvelles anomalies détectées. Or, un système qui pourrait juger la même personne libre aujourd'hui et non libre dans cinq ans est évidemment un système dont la légitimité n'est plus assurée.

Vers un abandon de la responsabilité pénale?

Plusieurs des auteurs cités jusqu'ici proposent une solution radicale à ce brouillard grandissant porté sur la notion de responsabilité, à savoir la nécessité de son abandon pur et simple, doublée d'une refondation du système pénal sur des bases jugées moins scientifiquement suspectes. Puisque les châtiments infligent des souffrances, il serait selon eux d'autant plus impérieux de leur trouver une justification plus conforme aux exigences du doute raisonnable, et nous devrions de ce fait renoncer aux idées trop vagues de mérite et de rétribution[17]. Une telle réforme impliquerait évidemment une modification profonde de notre manière de concevoir le crime et les motifs de sa sanction, et c'est pourquoi il importe de l'aborder avec prudence. Ceci dit, bien qu'il soit courant de penser que sans le postulat du libre arbitre, tout « *le système pénal tel que nous le connaissons aujourd'hui [...] serait condamné à se fractionneret à s'autodétruire*[18] », le scénario envisagé par les tenants de cette réforme n'est pas aussi dévastateur qu'il y paraît. Le biologiste A. R. Cashmore, par exemple, propose que le tribunal limite son rôle à la seule démonstration du lien causal qui existe entre un accusé et tel vol, tel meurtre, etc. Il s'agirait, dans le langage du droit, de circonscrire la preuve à l'*actus reus* (élément matériel du crime), sans faire dépendre la culpabilité de la *mens rea* (élément mental). Dès lors, la seule question digne d'attention serait : « *Est-ce bien cet individu qui a commis cet acte ?* », cette fois indépendamment du fait qu'il l'ait commis ou non grâce à la participation occulte d'un libre arbitre[19].

Dans ce cadre, on le voit, la nécessité de protéger la société de certains individus violents et dangereux n'est pas invalidée. Simplement, la pénalité n'est plus comprise comme l'expiation d'une faute, c'est-à-dire comme l'imposition d'une souffrance dont la fonction serait de « rembourser » le mal commis dans le passé; elle devient au contraire essentiellement tournée vers l'avenir (prévention, dissuasion, réhabilitation, éducation, soins psychiatriques et thérapeutiques, etc.), selon une série de critères que nous ne pouvons malheureusement pas exposer ici. Il faut souligner en terminant qu'une vaste question demeure toutefois dans l'angle mort des théoriciens de cette réforme : la question des victimes. Une société a-t-elle le devoir de donner un *sens* à la souffrance des victimes de ceux qui – même non libres – ont perpétré des crimes à leur endroit? On peut se demander si le récit rituel du criminel « responsable » et de la punition « bien méritée » pour « réparer » la peine subie est le seul moyen dont dispose notre culture pour transformer la tragédie absurde du mal en une histoire un peu moins insensée. Quelle est en effet la véritable finalité du droit : le sens ou la vérité ? Chose certaine, à la lumière des recherches actuelles sur le cerveau, lesquelles ne cessent de nous renseigner davantage sur les mécanismes obscurs qui interfèrent avec nos décisions, il deviendra de plus en plus difficile pour le droit de ne pas tenir compte avec nuances de la spécificité de ceux qu'il doit condamner. L'expansion de notre savoir s'accompagnera ainsi inévitablement d'une complexification du regard que nous posons sur ceux qu'il était sans doute, il est vrai, beaucoup plus confortable de considérer comme des « monstres ».

« UNE TELLE RÉFORME IMPLIQUERAIT ÉVIDEMMENT UNE MODIFICATION PROFONDE DE NOTRE MANIÈRE DE CONCEVOIR LE CRIME ET LES MOTIFS DE SA SANCTION, ET C'EST POURQUOI IL IMPORTE DE L'ABORDER AVEC PRUDENCE. »

RÉFÉRENCES

[1] FREUD, S. « Une difficulté de la psychanalyse », *L'inquiétante étrangeté et autres essais*, Paris, Gallimard, 1985, p. 177-187.

[2] JEANNEROD, M. « Neurosciences et responsabilité individuelle », *Le cerveau et la loi : analyse de l'émergence du neurodroit*, Paris, Centre d'analyse stratégique, 2012, p. 57-63.

[3] SEARLE, J. R. *Neurobiologie et liberté*, Paris, Grasset, 2004, p. 48.

[4] DAMASIO, A. R. *L'Erreur de Descartes*, Paris, Odile Jacob, 2010, p. 21-58.

[5] DAMASIO, A. R., p. 40.

[6] YANG, Y. et coll. « Volume Reduction in Prefrontal Gray Matter on Unsuccessful Criminal Psychopaths ». *Biological Psychiatry*, vol. 57, 2005, p. 1103-1108.

[7] RAINE, A. et coll. « Corpus Callosum Abnormalities in Psychopathic Antisocial Individuals », *Archives of General Psychiatry*, vol. 60, nº 11, 2003, p. 1134-1142.

[8] TIIHOHEN, J., et coll. « Amygdaloid Volume Loss in Psychopathy », *Society for Neuroscience Abstracts*, vol. 15, 2000, p. 2017.

[9] BIRBAUMER, N. et coll. « Deficient Fear Conditioning in Psychopathy: A Functional Magnetic Resonance Imaging Study », *Archives of General Psychiatry*, vol. 62, nº 7, 2005, p. 799-805.

[10] CIMA, M. et coll. « Psychopaths Know Right from Wrong but Don't Care », *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, vol. 5, 2010, p. 59-67.

[11] LEISTEDT, S. et coll. « La psychopathie : depuis "The Mask of Sanity" aux neurosciences sociales », *Revue Médicale de Bruxelles*, vol. 30, nº 6, 2009, p. 577-587.

[12] REZNEK, L. *Evil or Ill? Justifying the Insanity Defense*. Londres, Routledge, 1997, p. 136-140.

[13] GREENE, J & J. COHEN. « For the Law, Neuroscience Changes Nothing and Everything », *Phil. Trans. B*, vol. 359, nº 1451, 2004, p. 1784.

[14] LEVY, N. *Neuroethics. Challenges for the 21st Century*, Cambridge, Cambridge University Press, 2007, p. 250.

[15] SAPOLSKY, R. M. « The Frontal Cortex and the Criminal Justice System », *Phil. Trans. B*, vol. 359, 2004, p. 1788-1789.

[16] EAGLEMAN, D. M. « Pourquoi les sciences du cerveau peuvent éclairer le droit », *Le cerveau et la loi : analyse de l'émergence du neurodroit*, Paris, Centre d'analyse stratégique, 2012, p. 42-43.

[17] PEREBOOM, D. « Free Will and Criminal Punishment », *The Future of Punishment*, Oxford, Oxford University Press, 2013, p. 62.

[18] PARENT, H. *Traité de droit criminel*, t. 1, Montréal, Thémis, 2003, p. 10.

[19] CASHMORE, A. R. « The Lucretian Swerve: The Biological Basis of Human Behavior and the Criminal Justice System », *Proc. of the National Academy of Sciences*, vol. 104, nº 10, 2010, p. 4503.

INSTITUTIONS INTERNATIONALES EN AFRIQUE : AIDE OU DOMINATION ?

CLÉMENCE GREVEY / Département de communication

Il est intéressant de s'interroger sur les rapports des pays dits développés avec les pays dits en voie de développement, comme les pays d'Afrique, en matière d'économie politique, car ils mettent en évidence des pratiques de pouvoir centralisé, qui jouent sur la vision de l'Afrique, qui se constitue en rapport avec les pays dits développés.

« LA DETTE AURA ALORS UN FORT EFFET PERFORMATIF, QUI ENTRAÎNE DE CE FAIT "DES CONCEPTS MORAUX – *FAUTE, CULPABILITÉ, CONSCIENCE, DEVOIR*" »

Le Fonds monétaire international et la Banque mondiale représentent en effet les pays dits développés, lesquels dominent les pays de l'Afrique, dits en voie de développement. Cette domination s'exerce au travers de différentes pratiques qui relèvent de l'économie politique et agissent au niveau des citoyens africains et de leur rapport à soi et au reste du monde.

Perception de l'évolution des pays

Tous les pays du monde sont perçus comme ayant des économies semblables, basées sur le modèle capitaliste et devant suivre le même processus d'évolution[1]. Cependant, Michael Hardt, philosophe américain, et Antonio Negri, sociologue italien, apportent une vision nuancée de cela en affirmant que cette vision n'est qu'illusion et que les pays, d'un point de vue économique, ne se déplacent pas suivant le même modèle[2]. Les rapports de pouvoir veulent montrer une évolution similaire, même si cela n'est pas le cas. Par exemple, le Nigéria a une économie basée sur la bureaucratie et le commerce et non sur l'industrie et l'agriculture, comme cela est le cas des pays dits développés. C'est ainsi que Michael Hardt et Antonio Negri écrivent que les rapports de pouvoir économique déterminent le changement historique[3].

La dette comme contrôle de cette perception d'évolution

En effet, il y a un nœud entre le pouvoir, l'économie et le rapport entretenu avec soi et le reste du monde, qui est à prendre en compte afin de comprendre la dynamique du processus. C'est ainsi que Thami El Khayari, chercheur marocain en sciences juridiques, économiques et sociales, affirme en 1988 que généralement l'agriculture a été délaissée au profit de l'industrie dans les pays africains en raison « *d'une tentation de faire comme les pays développés*[4] ». Cette volonté s'est développée, selon lui, lors de la guerre froide. À cette époque, l'économie et la politique reflétaient des conflits idéologiques et le sentiment d'obligation morale des pays dits développés envers les pays dits en voie de développement. Aujourd'hui, le contrôle s'exerce différemment : la dette est le nouvel indicateur du rapport humain. Elle façonne les rapports entre les citoyens des pays dits développés et ceux des pays dits en voie de développement, puisqu'elle « *dresse l'homme (...) en animal apprivoisé et civilisé*[5] » et impose aux pays endettés une mémoire, qui les oblige à tenir la promesse de rembourser. La dette aura alors un fort effet performatif, qui entraîne de ce fait « d*es concepts moraux – "faute", "culpabilité", "conscience", "devoir"*[6] ». Maurizio Lazzarato, sociologue italien, décrit cet aspect de la dette comme remontant aux années 1970 lorsque les États ont commencé à structurer les marchés suivant l'économie libérale[7]. Un exemple de cette moralité de la faute et de la culpabilité est le discours généralement tenu sur la corruption des élites africaines afin d'expliquer l'état dit de sous-développement. Ainsi, Pierre Péan, journaliste français, a écrit que « *plus que la peste hier et le sida aujourd'hui, la corruption tue. Pour parler clair, en détournant à leur profit l'argent public, en méprisant, au-delà de toute décence, l'intérêt général, de nombreuses élites du Tiers-Monde doivent être tenues pour responsables, au moins partiellement, de la misère dans laquelle croupissent*

« IL EST IMPORTANT DE SE QUESTIONNER SUR LA PERCEPTION DE LA DETTE. OBLIGE-T-ELLE LES PAYS AFRICAINS À SUIVRE LE CHEMIN DES PAYS DITS DÉVELOPPÉS ? EST-CE QUE CELA EST FAVORABLE AUX PAYS D'AFRIQUE ? »

au moins deux milliards d'êtres humains. Par un enchaînement pervers et souvent mécanique, la corruption est devenue l'un des facteurs essentiels du sous-développement. Traitée généralement à la rubrique "faits divers", elle devrait, dans certains cas, passer à celle des "crimes contre l'humanité"[8] ». Cependant, la situation en Afrique n'est pas aussi simple. C'est pourquoi il est important de s'attarder sur les organismes internationaux présents sur le continent.

Le Fonds monétaire international et la Banque mondiale

Il est intéressant de s'attarder sur le Fonds monétaire international (FMI) et la Banque mondiale (BM), car ces deux institutions occupent une place prépondérante en ce qui concerne les rapports économiques, politiques et sociaux entre tous les pays. En effet, en intervenant en Afrique, les deux organisations ont introduit des programmes de contrôle de prix et du taux de change[9]. Le rôle du FMI est de gérer les échanges mondiaux et la stabilité économique. L'influence des pays au sein de cette organisation est déterminée par le rapport de leur PIB (produit intérieur brut) en fonction du PIB mondial. Ainsi, l'Union européenne, les États-Unis et la Chine sont les trois pays les plus influents, puisque leurs PIB sont les plus conséquents. Les 10 pays les plus riches de la planète représentent ainsi 50 % du PIB mondial et sont les pays les plus puissants au sein de l'organisation. Cette pratique a été énormément critiquée par des dirigeants africains. Alpha Oumar Konaré, président de la Commission de l'Union africaine jusqu'en 2008, a entre autres pris position contre cette pratique. Il a en effet demandé en août 2007 au FMI qu'une réforme du système soit effectuée afin de mettre en place un rapport basé sur le multilatéralisme[10]. La BM, dont le président est toujours américain selon une règle tacite, vise à accorder des prêts aux pays considérés comme les moins avancés. En échange, elle attend des pays qu'ils se soumettent à des « politiques de développement[11] » ayant trait notamment à l'ouverture de l'économie, la favorisation du secteur privé et l'État de droit. Les principes libéraux ont par conséquent une place importante dans les processus de décision[12].

Impact du FMI et de la BM en Afrique

C'est ainsi que Jean-Rodrigue-Elisée Eyene Mba, philosophe français originaire du Gabon, affirme que « *la crise du développement en Afrique est, au premier chef, une crise d'identité – tous azimuts, politique, juridique, économique, ontologique, etc. –, un problème de "mimétisme artificiel". Elle procède du "dérèglement" de la vision du monde, de la brisure de l'être africain (l'être profond de l'Africain)*[13] ». Le FMI et la BM ont donc un fort impact auprès des Africains et façonnent leur identité en rapport avec les pays dits développés. Cependant, il arrive que des contradictions entre l'aspect financier des garanties sur la capacité à rembourser et l'aspect social que les deux institutions veulent donner de

leurs interventions se manifestent[14]. C'est ainsi que Cheikh Ndao, penseur sénégalais, affirme que la politique d'exportation imposée par le FMI à l'Afrique nuit à cette dernière puisque ce sont les pays dits développés qui imposent les prix des matières premières sur le marché mondial[15]. L'exemple du coton a fait l'objet de nombreuses analyses en ce sens, puisque ce domaine de production a un poids considérable dans l'économie de l'Afrique. Cependant, les prix de vente sont imposés par les pays dits développés, comme les États-Unis, la Grèce ou l'Espagne, qui pratiquent eux-mêmes une forte politique de subvention de cette production dans leur pays, créant une dépréciation du coton africain sur le marché mondial[16].

Contrôle du futur de l'Afrique par la dette ?

Toutes ces considérations posent la question du processus éthico-politique. En effet, pour Maurizio Lazzarato[17], la dette contrôle le futur et permet de prévoir et donc de contrôler l'entité endettée par un processus éthico-politique. C'est pourquoi il est important de se questionner sur la perception de la dette. Oblige-t-elle les pays africains à suivre le chemin des pays dits développés ? Est-ce que cela est favorable aux pays d'Afrique ? Thami El Khayari, chercheur marocain en sciences juridiques, économiques et sociales, introduit un élément de réponse en affirmant que « *l'interventionnisme des organismes financiers internationaux (...) n'est pas fondé sur une démarche technico-économique, mais idéo-politique*[18] », puisque ces organismes ont des « *intérêts de capital international, qui se heurte parfois aux intérêts des alliés locaux de celui-ci*[19] ». Ainsi, la BM, qui « *représente les intérêts fondamentaux du capitalisme international*[20] », souhaite inculquer des réformes qui servent les intérêts du capitalisme.

Le cas des Pays pauvres très endettés

Il est intéressant de s'interroger sur l'initiative des Pays pauvres très endettés (PPTE), qui représente un cas concret de domination politico-économique

entraînant un effet sur la construction des citoyens africains en sujets[21]. L'initiative de créer les PPTE est due au Fonds monétaire international et à la Banque mondiale en 1996 afin d'endiguer le processus de réorganisation perpétuelle de la dette. En 1996, 41 pays étaient considérés comme des PPTE dont 33 étaient africains. L'initiative PPTE avait alors pour but la réduction de la dette des pays africains. En contrepartie, les pays devaient s'engager à respecter les décisions établies par le FMI et par la BM. Cependant, l'évolution n'est pas suffisante afin de rendre la dette soutenable. De plus, l'emprunt à crédit est toujours favorisé par les dirigeants des PPTE qui avantagent aujourd'hui le crédit des pays émergents, comme la Chine. Finalement, la réduction de la pauvreté n'a pas été affectée par l'initiative PPTE, pourtant officiellement chère aux pays dits développés. En effet, cette initiative est le fait des créanciers des pays dits développés, qui souhaitent s'approprier le maximum de bénéfices des pays dits en voie de développement lors de l'allégement de la dette. Cependant, pour Désiré Mandilou, « *l'expression même de PPTE semble rompre avec les usages traditionnels de la diplomatie financière*[22] » puisque cette expression montre le passage d'une période où la communication était basée sur la coopération à une période où elle est basée sur la résignation.

Le cas de la Côte d'Ivoire

La Côte d'Ivoire est devenue un PPTE en 1998. Les conditions d'entrée en étaient l'introduction de la privatisation avec une réduction de l'interventionnisme d'État, caractéristique pourtant importante du système politique de ce pays, ainsi que l'entrée sur le marché économique pour le cacao et le café, les deux ressources des plus importantes pour le pays. Cela a signifié la privatisation de ces ressources au profit d'entreprises étrangères privées comme les Américaines ADM et Cargill et la Suisse Barry Callebaut[23], qui ont pu se répartir le cacao ivoirien, ressource jusqu'alors ivoirienne. Ainsi, l'autonomie que défendaient le FMI et la BM lors de la présentation de l'initiative PPTE ne s'est finalement pas avérée[24]. En effet, les ressources les plus importantes de la Côte d'Ivoire ont été réappropriées par des pays dits développés. La vision du mimétisme évolutif a en réalité servi les intérêts de compagnies privées.

Conclusion

La dette en Afrique permet de mettre en relief le conditionnement de la transformation des citoyens en sujet par un processus éthico-politique. Il est donc important de comprendre les dynamiques de la dette en Afrique, dont les créanciers sont

le FMI et la BM. Le rapport de pouvoir de ces deux institutions mondiales tend en faveur des pays dits développés, qui détiennent la majorité des droits de vote. En échange de prêts à taux préférentiels, les débiteurs s'engagent à adopter des politiques libérales, qui ne sont pas toujours forcément adaptées aux pays africains, dont la culture, la politique et l'économie sont extrêmement différentes. Cela est visible dans l'initiative PPTE qui visait à soutenir la dette, mais a, en réalité, conditionné le libéralisme.

Il est ainsi possible de s'interroger sur l'analogie décriée par Michael Hardt et Antonio Negri en prenant en compte les constatations avancées. En effet, comme l'a démontré Maurizio Lazzarato dans la *Fabrique de l'homme endetté*, la dette est un outil de pouvoir, qui permet aux créditeurs de s'approprier le futur des débiteurs[25]. Considérant cela, il est possible de se demander si la dette détenue par les pays dits développés est en réalité un moyen pour obliger les pays dits en voie de développement à suivre la même évolution qu'eux.

BIBLIOGRAPHIE

[1]HARDT, M., NEGRI, A. *Empire*. Paris, Exils, 2000.

[2]HARDT, M., NEGRI, A.

[3]HARDT, M., NEGRI, A.

[4]EL KHAYARI, T. *La Banque mondiale et la politique agricole dans les pays du "Tiers-Monde"*. Casablanca, Les Éditions maghrébines, 1988.

[5]LAZZARATO, M. *La fabrique de l'Homme endetté*. Paris, Éditions Amsterdam, 2011.

[6]LAZZARATO, M.

[7]LAZZARATO, M.

[8]PÉAN, P. *L'argent noir*. Paris, Fayard, 1988.

[9]OMRANA, A. *Le rôle du FMI en Afrique*. Casablanca, Les Éditions maghrébines, 1988.

[10]AFP. *Désignation de Strauss-Kahn au FMI : Konaré « pas d'accord » sur cette question*, http://www.google.com/hostednews/afp/article/ALeqM5gpv3HZaqxiDgoF2eiCpKy1JY9nHQ?hl=fr, 29 août 2007.

[11]BANQUE MONDIALE. *Les prêts de politiques de développement remplacent les prêts d'ajustement*, http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/ACCUEILEXTN/NEWSFRENCH/0,,content-MDK:20993146~pagePK:64257043~piPK:437376~theSitePK:1074931,00.html, 2 octobre 2013.

[12]ZUPI, M. *Le fardeau de la mondialisation en Afrique*. Paris, L'Harmattan, 2009.

[13]EYENE MBA, J.-R.-E. *Démocratie et développement en Afrique face au libéralisme*. Paris, L'Harmattan, 2001.

[14]EL KHAYARI, T.

[15]NDAO, C. « Je porte plainte contre l'Afrique, le FMI et la BM », dans *Seneweb*, http://bamba152.seneweb.com/je-porte-plainte-contre-l-afrique-le-fmi-et-a-la-bm_b_13.html, 9 décembre 2013.

[16]MANDILOU, D. *La dette africaine*. Paris, L'Harmattan, 2008.

[17]LAZZARATO, M.

[18]EL KHAYARI, T.

[19]EL KHAYARI, T.

[20]EL KHAYARI, T.

[21]LAZZARATO, M.

[22]MANDILOU, D.

[23]BORIS, J.-P. *Côte d'Ivoire : cacao et instabilité politique*, 2004, http://www.rfi.fr/actufr/articles/051/article_27098.asp, 9 décembre 2013.

[24]MANDILOU, D.

[25]LAZZARATO, M.

ÉCRIVEZ POUR DIRE

PUBLIEZ DANS LA REVUE DIRE ET OBTENEZ JUSQU'À 1750 $. UNE SOMME DE 250 $ EST ALLOUÉE POUR CHAQUE TEXTE RETENU POUR PUBLICATION. VISITEZ FICSUM.COM

FICSUM

FONDS D'INVESTISSEMENT
DES CYCLES SUPÉRIEURS
DE L'UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

PAVILLON MARGUERITE-D'YOUVILLE
2375, CHEMIN DE LA CÔTE-SAINTE-CATHERINE
BUREAU 1125-7
MONTRÉAL (QUÉBEC) H3T 1A8

Faculté des études supérieures
et postdoctorales

nouveau

Études supérieures et projet emploi

Une journée dédiée à définir votre projet d'emploi pour une **insertion professionnelle** réussie

23 avril 2014

Conférence et ateliers pratiques

En partenariat avec
Adoc Talent Management
et le **Centre de soutien à la réussite**

fesp.umontreal.ca

Réservez dès maintenant
(nombre de places limité)
catherine.fouron@umontreal.ca
514 343 6111 poste 10015

Université de Montréal

3 RAISONS DE DÉCOUVRIR LE

FIC SUM

SOUTIEN FINANCIER

Avez-vous besoin d'argent ? Découvrez différentes façons d'obtenir notre aide sur ficsum.com

MRE
MOIS DE LA RECHERCHE ÉTUDIANTE

Présentez vos derniers résultats de recherche en tant que conférencier et recevez jusqu'à 1200$.

ÉCRIVEZ POUR DIRE

Publiez dans la revue *Dire* et obtenez jusqu'à 1750$.*

* Une somme de 250$ est allouée pour chaque texte retenu pour publication.

LE FICSUM.COM AU SERVICE DES ÉTUDIANTS DES CYCLES SUPÉRIEURS !

FICSUM

FONDS D'INVESTISSEMENT
DES CYCLES SUPÉRIEURS
DE L'UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

PAVILLON MARGUERITE-D'YOUVILLE
2375, CHEMIN DE LA CÔTE-SAINTE-CATHERINE
BUREAU 1125-7
MONTRÉAL (QUÉBEC) H3T 1A8