

ÉPISTÉMOLOGIES, BIOCOGNITION ET
DÉCOLONIALITÉ DES SAVOIRS

BETTINA DUROCHER

« Le vrai défi posé aux Sciences et aux Technologies Cognitives est la mise en cause du préjugé le plus enfoui de notre tradition scientifique, à savoir que le monde tel que nous le percevons est indépendant de celui qui le perçoit. Si nous devons au contraire conclure que la cognition ne peut être adéquatement comprise sans ce sens commun, qui n'est rien d'autre que notre histoire physique et sociale, il nous faut en déduire que celui qui sait et ce qui est su, le sujet et l'objet, sont la spécification réciproque et simultanée l'un de l'autre. »

Francisco Varela¹

¹ Francisco Varela (1989). *Autonomie et connaissance. Essai sur le vivant*. Éd. du Seuil, p.89.

Réflexion sur le concept « épistémicide » par son auteur : Boaventura de Sousa Santos

« En premier lieu, il n'y a pas une forme unique de connaissance valide. Il y a beaucoup de formes de connaissances, autant que les pratiques sociales qui les génèrent et les soutiennent. La science moderne s'appuie sur une pratique de division technique professionnelle et sociale du travail et sur le développement technologique infini des forces productives dont le capitalisme est aujourd'hui l'unique exemple. Les pratiques sociales alternatives génèrent des formes alternatives de connaissance. Ne pas reconnaître ces formes de connaissance, implique de délégitimer les pratiques sociales qui les appuient et, dans ce sens, de promouvoir l'exclusion sociales de ceux qui les promeuvent.

Le génocide que signifie l'expansion européenne fut également un épistémicide : on a éliminé des peuples étranges parce qu'ils avaient également des formes de connaissances étranges et l'on a éliminé ces formes de connaissances étranges parce qu'elles se fondaient sur des pratiques sociales et des peuples étranges. Mais l'épistémicide a été beaucoup plus étendu que le génocide parce qu'il a toujours prétendu subalterniser, subordonner, marginaliser ou illégaliser des pratiques et des groupes sociaux qui pourraient constituer une menace pour l'expansion capitaliste, ou durant une bonne partie de notre siècle pour l'expansion communiste (sur ce point aussi moderne que le capitalisme), et aussi parce que cela est arrivé aussi bien dans l'espace périphérique et extra-nord-américain du système-monde que dans l'espace central européen et nord-américain. Contre les travailleurs, les indigènes, les noirs, les femmes et les minorités en général (ethniques, religieuses, sexuelles).

Le nouveau paradigme considère l'épistémicide comme un des grands crimes contre l'humanité. » ²

² Santos, Boaventura de Sousa (1994). *Pela Mão de Alice: O Social e o Político na Pós-Modernidade*, Porto Alegre: Afrontamento, (8ª edição). Prémio Pen Club Português (Ensaio). - De la mano de Alicia. Lo Social y lo político en la postmodernidad. Bogotá: Siglo del Hombre Editores e Universidad de los Andes, 1998, p.431



ÉPISTÉMOLOGIES, BIOCOGNITION ET DÉCOLONIALITÉ DES SAVOIRS

« La recherche, si modeste soit-elle, commence par un geste d'indignation. On a l'impression que quelque chose dans l'existence humaine, n'est pas tel que cela devrait être. Ou bien on part d'un désir dont on ne peut distinguer l'objet et qu'on souhaite satisfaire. L'un ou l'autre nous pousse à un travail systématique et logique pour découvrir ce qui leur correspond dans la « réalité » des choses. Que la transformation de l'indignation ou du désir s'opère, et notre science sera plus sûre d'elle-même et plus ancrée dans les faits. »

Serge Moscovici

PRÉSENTATION DU CADRE ÉPISTÉMOLOGIQUE ET THÉORIQUE

Pour cette « démonstration théorique » qui, dans le cadre d'une thèse doctorale, consiste en un exercice de théorisation sur le sujet aimé et choisi, je me référerai surtout aux théories et applications de trois « nouvelles sciences » issues du paradigme scientifique émergent : soit la théorie des systèmes complexes, la biologie des systèmes (ou biologie systémique) et la théorie de l'autopoïèse (aussi nommée « biologie de la cognition » et même « biologie de l'amour »). Puisque la théorie de l'autopoïèse et la biologie des systèmes ont émergé grâce à la théorie des systèmes complexes et dynamiques, j'exposerai d'abord cette dernière, avant d'expliquer plus en détails l'apport des nouvelles biosciences à la compréhension

du fonctionnement des organismes vivants, en particulier de leur dynamique vitale et cognitive.

Comme je le mentionnais en introduction, je me propose, comme démarche de recherche doctorale, d'appréhender l'observation des forêts tropicales humides et de certains systèmes de cultures d'autosubsistance alimentaire, tels les jardins-vergers tropicaux que cultivent les femmes rurales autour de leur habitat, depuis une approche multidisciplinaire inédite, inspirée des concepts abordés durant la formation doctorale et qui se sont tissés à mes savoirs et expériences de terrain des dernières décennies.

Afin de complexifier mon regard d'agronome sur ces formations végétales, je troquerai mes lunettes de biologiste pour celles d'anthropologue, ce qui me permettra d'appréhender les systèmes de cultures et les forêts depuis la perspective des peuples qui les cultivent et les habitent, c'est-à-dire non plus depuis un regard limité aux espèces végétales, leur biologie et relations entre elles, sinon depuis une lecture de ces paysages comme manifestations esthétiques de pratiques et savoirs des populations agricultrices locales.

Cette excursion épistémologique du côté des sciences humaines (anthropologie, préhistoire, ethnoécologie, bio-archéologie), à la découverte des premiers savoirs liés à l'alimentation et à l'agriculture, champ de connaissances devant lequel la science agronomique est restée aveugle, s'inspire de la critique radicale du paradigme épistémologique de la science moderne du sociologue Boaventura de Sousa Santos, un des principaux théoriciens de la sociologie décoloniale au XXI^{ème} siècle. Santos (2003), et d'autres penseurs de la décolonialité et de l'interculturalité, tels Catherine Walsh (2005), Walter D. Mignolo (2010) ou Ramon Grosfoguel (2006), plaident pour l'émergence du paradigme de l'écologie des savoirs, qu'ils définissent comme un dialogue critique entre les différents types de savoirs traditionnellement ignorés par la modernité occidentale (savoirs autochtones, locaux, féminins, des pays du Sud, etc.) ; une émergence des « épistémologies du Sud » que le sociologue portugais considère comme point de départ à tout processus de décolonialité.

Partant de ces bases théoriques issues des penseurs de la décolonialité, pour qui la modernité s'est construite en articulant trois types de colonialité, soit la colonialité du pouvoir, la colonialité de l'être et la colonialité du savoir, je m'intéresserai plus particulièrement à cette dernière, la colonialité des connaissances. Je poserai un regard critique sur la formation scientifique classique que j'ai reçue comme agronome et ingénieure agroforestière, en la comparant aux modes d'appréhension, regards et lectures bien distincts que font les peuples autochtones, ou même les anthropologues, d'une parcelle cultivée ou d'une forêt. J'en profiterai aussi pour expliquer ce qui distingue selon moi les savoirs reconnus par la modernité occidentale, les « connaissances scientifiques », des savoirs locaux ou autochtones. Ce sera donc sur les bases d'une épistémologie complexe et transdisciplinaire, moins compartimentée entre sciences biophysiques et sciences humaines et plus ouverte à la diversité des points de vue du Sud, que j'aborderai ce périple à la découverte des savoirs reliés à l'alimentation et à la culture des plantes alimentaires et médicinales, depuis le Paléolithique jusqu'à l'émergence de l'agriculture.

À la lumière d'une lecture plurielle, ce regard porté sur les paysages agroforestiers tropicaux et leurs créateurs, sera une occasion de regarder et surtout de *voir* autrement des formations végétales complexes, et redécouvrir des paysages qui, dès lors, révèlent un langage nouveau pour l'agronome. Une sémiotique inédite qui sera une opportunité d'explorer certains aspects cognitifs de l'esthétique des systèmes agroforestiers complexes ; une exploration qui me permettra aussi d'élaborer des parallèles entre le niveau de complexité des paysages et celui des épistémologies et des savoirs de celles et ceux qui les ont cocréés.

Le canevas épistémologique sur lequel, petit à petit, j'ai tissé la trame théorique de cette investigation, m'aura aussi permis d'explorer un autre champ de connaissance à la croisée de l'anthropologie, de l'écologie et de l'épistémologie: celui des ethnosciences. En effet, si je considère que ma démarche des dernières années comme chercheure-praticienne auprès des communautés autochtones étaient, intuitivement, très apparentée au travail des ethnologues qui étudient les savoirs autochtones reliés à la botanique, la faune ou l'écologie, au cours de cette recherche j'aurai découvert les « ethnosciences » comme discipline scientifique

(ethnobotanique, ethnoarqueologie, etc.). Et, demi-surprise, comme je l'expliciterai un peu plus loin, je découvrirai que ce champ de la connaissance, qui a émergé à peine il y a un peu plus de 50 ans, fut inauguré par l'anthropologue Conklin, premier scientifique à décrire et expliquer l'agriculture vivrière de défriche-brûlis pratiquée en forêt tropicale (l'essart forestier) comme un véritable système de connaissances, et surtout, en soulignant la complexité et la cohérence de la multitude de savoirs que possèdent ces paysans forestiers. Une fois de plus, je confirmai que les anthropologues auront devancé les agronomes et les forestiers dans ce domaine !

Comme préambule de ma dissertation sur la biocognition, en guise d'ancrage théorique pour étayer ma discussion sur la compréhension du phénomène bioculturel d'apprendre, et ainsi expliquer comment la théorie de la biocognition est reliée à l'appréhension des systèmes agroforestiers complexes, j'utiliserai la théorie des systèmes dynamiques et complexes, aussi appelée « théorie du chaos ». Ma réflexion sur la signification et l'importance des paysages agroforestiers, ainsi que l'autoanalyse métacognitive de mon expérience comme apprenante du sujet de cette thèse (les savoirs reliés à l'agriculture et à la forêt), ne seront toutefois pas exemptes de concepts propres aux sciences biologiques, puisque j'appellerai aussi la contribution de quelques biologistes, en particulier les Chiliens Humberto Maturana et Francisco Varela, deux maîtres à penser en biologie des systèmes vivants, dont les apports aux sciences de la vie, en particulier leur théorie de l'autopoïèse et son corolaire, la biologie de la cognition, ou biocognition, ont radicalement transformé notre manière d'appréhender et comprendre les processus cognitifs des organismes vivants. Nul doute que depuis cinquante ans, le champ des recherches en neurosciences, en pédagogie et en sciences de l'éducation s'est transformé et dynamisé par cette épistémologie biocognitive pour appréhender « le vivant ».

Je présenterai donc la principale théorie de Maturana et Varela, le concept d'autopoïèse, qui est la propriété d'un système vivant de s'autocréer tout au long de son existence. Les biologistes Lynn Margulis et Dorion Sagan, en particulier leur essai sur la définition de la vie qui souligne le caractère symbiotique des relations entre les organismes vivants de la biosphère, ainsi que Bruce Lipton, un autre biologiste à qui l'on doit la théorie de l'épigénétique (fondée sur la biologie des systèmes), seront aussi appelés à la consolidation des arguments théoriques de ma thèse. Lipton, un spécialiste de la biologie cellulaire, explique avec sa théorie de la biologie des croyances, qu'au-delà de la génétique, l'environnement exerce une influence majeure sur le fonctionnement cellulaire ; il souligne aussi, à l'instar de Margulis et Sagan, l'importance capitale de la coopération entre les cellules et entre les organismes vivants, pour l'évolution de ces derniers.

Avant de nous pencher sur ces aspects plus biologiques des contextes d'apprentissage et d'émergence de la connaissance, je présenterai le cadre sociologique dans lequel je prétends situer ma recherche, que je nomme, après Boaventura de Sousa Santos, une «écologie de savoirs» qui émerge à partir d'une critique sociopolitique de la société moderne et patriarcale qui dicte, définit et circonscrit ce que l'on peut dénommer comme « connaissance », et laisse ainsi dans l'ombre des Lumières, tout un pan de l'humanité et des savoirs humains considérés non pertinents, voire inexistants.

Écologie des savoirs : un dialogue interculturel et transdisciplinaire

« Parler de décolonisation des savoirs c'est interroger les transferts de connaissances, la circulation des idées, et se demander ce que l'on a appris, ce que l'on apprend, ce qu'on peut apprendre d'autrui, quel qu'il soit et d'où qu'il vienne. »

Seloua Luste Boulbina

« L'ignorance est juste une manière de considérer que ce qu'on a appris est plus précieux que ce qu'on a laissé de côté. L'utopie des interconnaissances consiste à acquérir d'autres connaissances sans oublier les siennes. »

Boaventura de Sousa Santos

Ces dernières décennies, avec l'émergence de la transdisciplinarité et de nouveaux champs de la connaissance tels l'écologie, le féminisme, les théories queer et de genre, ou encore les ethnosciences et l'archéologie écologique, le discours sur les droits humains à la diversité culturelle et celui sur les savoirs locaux, leur reconnaissance et protection légale, s'est notablement transformé. Ce changement s'observe entre autres au niveau du discours sociologique, juridique et politique portant sur les relations entre peuples du Nord et du Sud.

Il faut reconnaître que la science moderne occidentale, « objective et positiviste », s'était autoproclamée, depuis l'Europe des Lumières, comme l'unique protagoniste du (véritable) savoir scientifique, robuste et universel. Détenant les « vraies » connaissances donc, en somme, la vérité, le monde occidental moderne et postmoderne prétend que seul le positivisme et sa méthode scientifique basée sur la séparation des parties, la fragmentation, la mesure et la rationalité linéaire permet d'accéder à l'authentique savoir, le savoir scientifique. Cependant, au cours des dernières décennies, du Nord, du Sud et de la nouvelle rencontre des peuples des deux hémisphères, se tisse une nouvelle approche sociologique pour appréhender la complexité du « réel ».

Cette nouvelle épistémologie qui cherche à faire connaître la diversité culturelle de notre planète, permet ainsi de dévoiler une constellation de connaissances et savoir-faire restés invisibles aux yeux de la science moderne. Une pluralité de savoirs, pratiques, croyances, et une diversité de formes de vivre, de manières de concevoir le monde et de s'organiser en communauté, qui, graduellement, sortent de l'ombre de la modernité occidentale et patriarcale qui les ignore. Ce nouveau courant de pensées, véritable changement de paradigme dans la manière que l'on construit la connaissance, propose de faire connaître un éventail de pratiques, connaissances et philosophies encore occultées par « la » connaissance scientifique occidentale.

Il s'agit donc d'une épistémologie « élargie » et transdisciplinaire, qui transforme le regard afin d'observer et sentir la complexité de notre monde dans toute sa richesse et diversité. Une épistémologie complexe qui nous révèle une

myriade de savoirs, perceptions, et croyances (incluant les croyances occidentales); un abordage holistique qui favorise l'échange et le partage entre peuples, ce grand continuum d'expériences, de trocs et de connaissances que représente l'humanité. En d'autres mots, l'écologie des savoirs propose de « dégonfler » un peu l'égo de la culture occidental qui croit (et en est convaincue), être la référence, le critère universel en termes de science, lois, ou modèle socioéconomique. Décoloniser le regard, pour mieux échanger, partager et apprendre des diverses cultures... Et peut-être aussi, devant l'ampleur de la crise socioécologique mondiale que nous traversons, aspirer à participer à la construction d'un monde plus juste, inclusif, durable et éthique.

Si le psychiatre, philosophe, auteur et militant Frantz Fanon demeure le précurseur incontestable de la pensée anticolonialiste (dès les années 1950) et un maître à penser dont l'influence reste immense malgré sa trop brève vie, depuis quelques décennies on observe, en Amérique du Sud, l'émergence des « pensées décoloniales ». Le concept de décolonialité est une critique du récit conventionnel de la modernité qui propose de nouvelles avenues, contre-hégémoniques, pour être et vivre ensemble dans un projet de société qui intègre la pluralité et l'hétérogénéité du monde. Plusieurs intellectuels tels Anibal Quijano, Catherine Walsh, Ramon Grosfoguel ou Walter D. Mignolo, participent à l'élaboration de ce nouveau projet à partir d'un regard qui se veut « décolonisé », ou du moins « décolonisateur ». En ce qui concerne la pensée décoloniale appliquée au champ de la colonialité des savoirs, le sociologue portugais Boaventura de Sousa Santos¹ s'impose aussi comme celui qui jette les bases théoriques de ce changement de paradigme et réclame un abordage différent, une nouvelle épistémologie pour appréhender et considérer les savoirs.

Pour les peuples du Sud et les communautés autochtones, l'écologie des savoirs comme nouvelle théorie sociologique, a des conséquences directes en termes de reconnaissance des savoirs et savoir-faire qui favorisent le foisonnement de la biodiversité et la conservation des paysages agroforestiers tropicaux et, qui plus est, sur la question des droits de propriété intellectuelle des

¹ Boaventura de Sousa Santos a réalisé ses recherches doctorales au début des années 1970 dans les favelas de Rio de Janeiro au Brésil. Il a été un des principaux penseurs associés au Foro Social Mundial qui a débuté en 2001 à Porto Alegre, au Brésil. Il est co-auteur du « Manifeste de Porto Alegre, douze propositions pour un autre monde possible » rédigé en 2005, un texte phare du mouvement altermondialiste.

peuples autochtones sur leur propres connaissances, leur science, leurs territoires et ressources. “La sociología de las ausencias y la sociología de las emergencias marcan la distancia con relación a la tradición crítica occidental. A partir de ellas es posible delinear una posible alternativa, a la cual he llamado epistemología del Sur” (Santos 2010: 27).

Le projet de décoloniser les savoirs, telle la proposition de Santos, « Décoloniser les savoirs pour réinventer le pouvoir » se développe à partir d’une sévère critique du paradigme de la modernité occidentale. Le projet de la modernité occidentale qui émerge, rappelons-le, à partir du XV^{ème} siècle, avait comme assise une tension ou recherche d’équilibre, entre deux piliers: réglementation et émancipation.

“Mientras el primero (reglamentación), se basó en el principio de Estado, de mercado y de comunidad, el segundo (emancipación) se definió a través de la lógica estético-expresiva del arte y literatura, la lógica ético-práctica de la moral y el derecho, y la lógica cognitivo-instrumental de la ciencia y la tecnología. A partir de mediado del siglo XIX, momento en que se consolidó la convergencia entre el paradigma de la modernidad y el capitalismo, el equilibrio entre regulación y emancipación entró en un largo proceso histórico de degradación.”
(García Chueca 2014)

Selon Santos, cette dégradation est le résultat d’une colonisation du pilier de l’émancipation (libertés individuelles, créativité, art) par la rationalité instrumentale de la science, à tel point qu’on atteint une « hyperscientification » du pilier émancipatoire. Effectivement, à observer nos sociétés contemporaines, tout se passe comme si la logique scientifique, rationnelle et positiviste, avait trouvé dans le patriarcat capitaliste un terreau fertile pour sa (sur)croissance, au détriment des arts, de la littérature, du droit et de la morale. Pour ce qui est de la relation que le capitalisme entretient avec la nature, ou de la nature des relations entre la modernité occidentale et le pillage de la planète (que plusieurs scientifiques nomment froidement « gouvernance des ressources naturelles » comme s’il s’agissait d’un simple processus administratif et comptable), on observe que

«la promesa de la dominación de la naturaleza y de su uso para el beneficio común de la humanidad condujo a una explotación excesiva y despreocupada de los recursos naturales y a la catástrofe ecológica. La promesa de una paz perpetua, basada en el comercio y en la racionalización científica de los procesos de decisión y de las

instituciones, condujo al desarrollo tecnológico de la guerra y al aumento sin precedentes de su poder destructivo. Y por último, la promesa de una sociedad más justa y libre, sustentada en la creación de la riqueza, condujo a la expoliación del llamado “Tercer Mundo” y a un abismo cada vez mayor entre el Norte y el Sur.» (Santos, 2003: 13-14 dans García Chueca, 2014: 3)

En même temps, ajoute-t-il, s'est produit un phénomène similaire avec le pilier réglementation, dont les trois axes (État, marché et communauté) ne se sont pas développés de manière équilibrée, puisqu'on peut clairement observer une surcroissance de l'axe marché au détriment de l'État et de la communauté. Finalement, le pilier émancipatoire s'est aussi réduit à la logique scientifique et le pilier de réglementation à la logique marchande. Tandis que le développement du marché, en grande partie impulsé par la science, a accentué encore plus ce déséquilibre : les logiques mercantiles se sont conjuguées à la logique scientifique afin de déterminer "una creciente cientifización del paradigma de la modernidad en su conjunto (...) por cuanto la forma de producir el conocimiento acabaría definiéndose con los presupuestos teóricos del conocimiento científico, según el cual conocer significa cuantificar y cuyo rigor científico se mide por el rigor de las mediciones." (García Chueca 2014 : 3)

La méthode scientifique, le positivisme, basé sur la fragmentation, la classification et la mesure des objets d'étude ainsi transformés en langage mathématique, s'est traduite par la consécration d'une appréhension du monde basée sur une vision mécaniciste et utilitariste. Une vision qui nie la complexité du monde. La logique cartésienne et déterministe, typique de la pensée scientifique moderne, "a produit un savoir à caractère utilitaire et fonctionnel qui privilégie la domination et la transformation du monde, au lieu d'essayer de le comprendre profondément " (García Chueca 2014: 3).

Pour Santos, cette épistémologie signifie la suprématie de l'ordre comme forme d'appréhension du savoir : le contrôle de la nature et le contrôle de la société, sont les deux faces d'un même processus. La science a ainsi développé ses « lois de la nature » pendant que l'État et le droit moderne, se basant sur la rationalité scientifique, ont développé les lois qui régissent la société. De fait, le droit moderne occidental, comme la science, s'autodéfinissent comme « positiviste ». Résultat de ce déséquilibre en faveur de la rationalité scientifique et de la logique du droit positiviste, ces dernières se sont développées comme instruments au service du marché et de la science, pendant que les principes de

communautés et arts furent moins développés et dévalorisés, (en comparaison avec la science et l'économie), pour ne pas dire invisibilisés et marginalisés, par la modernité occidentale.

Et ce serait justement dans ces deux éléments, communauté et art, "où se retrouve tout le potentiel émancipatoire du paradigme de la modernité et une importante capacité de dialogue avec une diversité de cultures et cosmogonies." C'est pourquoi la proposition du sociologue réside en une redécouverte de ces deux éléments oubliés par la modernité occidentale, la communauté et l'art, avec les outils de la *sociologie des absences* qui permettent de tisser des ponts et établir des dialogues entre cultures et communautés distinctes (qui sont aussi des modernités distinctes), grâce à la *sociologie des émergences* (García Chueca 2014: 4).

Le positivisme ou méthode scientifique moderne

Bien que le positivisme scientifique ou « la méthode expérimentale » n'apparait comme théorie qu'au XIX^{ème} siècle, ses bases théoriques ont été construites par d'éminents scientifiques du XVI^{ème} et surtout du XVII^{ème} siècle, période pendant laquelle les scientifiques voient leur champ d'investigation et d'observation s'élargir, avec la prolifération de machines, outils et autres appareils pour observer et mesurer des phénomènes, d'abord physiques, puis chimiques et biologiques.

Parallèlement à ce développement technologique, la science a commencé à construire des connaissances distinctes des dogmes du clergé, en particulier de la très puissante Église Catholique. Au début du XVI^{ème} siècle, Nicolas Copernic, éminent médecin et astronome polonais, sera le premier à affirmer, à l'encontre des prétentions de l'Église, que la Terre n'est pas le centre de l'Univers et que notre planète tourne autour du soleil... Suivi au XVII^{ème} siècle par le physicien et mathématicien italien Galileo Galilei, qui fut le premier à construire un télescope, et dont les observations astronomiques confirmaient la thèse copernicienne. Son contemporain, le mathématicien, physicien et philosophe français, René Descartes (« Cogito ergo sum », « Je pense donc je suis »), qui est aussi considéré comme un des fondateurs de la philosophie moderne, jette les bases du positivisme scientifique, en 1637, avec son essai « Le discours de la méthode pour bien conduire sa raison et chercher la vérité dans les sciences ». Enfin, le physicien, philosophe, alchimiste et astronome anglais Isaac Newton, père de la loi de la gravité de la physique classique, publie à Londres en 1687, un des livres les plus importants de l'histoire des sciences modernes: « Philosophiae naturalis principia mathematica ».

C'est à partir de cet essai que s'est diffusée et enracinée la vision mécaniciste et réductionniste dans la pensée scientifique, une vision qui perçoit le monde comme une machine, une organisation qui, telle une horloge, peut être démontée et expliquée par des phénomènes de causalité. Le mécanicisme affirme que l'unique forme de causalité est l'influence physique entre les entités qui conforment le monde matériel. Il s'agit d'une doctrine matérialiste qui nie l'existence d'entités spirituelles.

La méthode expérimentale de la recherche scientifique s'est développée à partir des contributions de ces quatre physiciens et mathématiciens européens (surtout Descartes et Newton). Au cours du XVIII^{ème} siècle, elle s'est ensuite enrichie des apports philosophiques de la Révolution française, essentiellement de la pensée illustrée, un courant philosophique qui repose sur la raison et la science et réfute les dogmes religieux. Le XVIII^{ème} siècle est d'ailleurs appelé, en Europe, «le siècle des Lumières», bien que l'on reconnaisse que Copernic et Galileo furent les pionniers de

ce que l'on appellera, deux siècles plus tard, le mouvement intellectuel des Lumières.

C'est donc dans l'effervescence de ce contexte philosophique et culturel d'une vision renouvelée et élargie du monde, marquée par la primauté de l'esprit critique, la raison, la science et la réflexion politique, qu'a pu émerger, à la moitié du XIX^{ème} siècle, le positivisme.

Le positivisme est un courant philosophique qui fut principalement diffusé par le français Auguste Comte, dans son essai écrit entre 1832 et 1842 : « Cours de philosophie positive ». Comte est à la fois héritier et critique de la philosophie des Lumières. Il lui préfère le positivisme pour connaître les relations entre les phénomènes sans chercher à connaître leur nature. Il privilégie le concept de loi scientifique à celui de causalité. Auguste Comte affirme que l'esprit scientifique est destiné, par une inexorable loi du progrès de l'esprit humain, à remplacer les croyances théologiques et métaphysiques. Selon le positivisme, la pensée scientifique moderne est rationnelle, objective, exempte de croyances ou d'émotions. Surtout, la science moderne positiviste s'appuie sur des valeurs mesurées : ce qui ne peut être observé et mesuré par l'expérience scientifique, ne peut être reconnu comme « connaissance ». Un esprit positiviste ne se préoccupe pas des « pourquoi ? » de la philosophie, il se limite aux « comment ? » scientifiques. Ses réponses, les résultats d'observations et de mesures répétées, se traduisent en langage mathématique et en lois de la nature qui permettent de prédire (c'est-à-dire de calculer), le comportement futur de l'objet d'étude. C'est pourquoi les connaissances scientifiques sont considérées comme objectives et universelles.

La pensée positiviste a laissé une forte empreinte sur la pensée moderne et occidentale. Cette influence est aujourd'hui toujours très présente puisqu'elle a forgé la structure même du paradigme de la modernité, ce que l'on peut observer dans plusieurs de ses principales institutions, telles l'école ou le droit moderne, qui sont à la fois vecteurs de sa persistance et de sa reproduction. Le positivisme juridique ou droit positif, diffusé par l'Autrichien Kelsen, est un des piliers fondamentaux de l'État de droit moderne en Occident.

Vers une sociologie des absences... et des émergences

« Par sociologie des absences j'entends une recherche qui vise à démontrer que ce qui n'existe pas est en fait activement produit comme non-existant, c'est-à-dire comme une alternative non crédible à ce qui est supposé exister. C'est ce qui produit la contraction du présent, ce qui diminue sa richesse »

Boaventura de Sousa Santos

« Un épistémicide est la mort silencieuse des autres formes de science, de cultures, de savoirs, d'apports qui ont pu exister pour une seule domination, un seul type de science, de savoir, qui sont considérés comme légitimes. »

Fatima Khemilat

Telle une action insurgée devant cette profonde critique de la modernité, la sociologie des absences est donc un projet émancipatoire qui cherche à révéler ces éventails de savoirs, épistémologies, cultures, philosophies, et pratiques occultées par la culture occidentale. Savoirs invisibilisés, puisque « le Nord », aveugle à ces idées et épistémologies complexes, nie et discrédite les autres formes de penser. Pour la science moderne, les connaissances construites selon sa logique positiviste, sont prédictibles et reproductibles. L'épistémologie scientifique s'autodénomme d'ailleurs comme rationnelle objective et universelle. Les autres cultures, logiques, épistémologies ou formes d'appréhension du monde, comme les savoirs locaux, paysans ou autochtones reliés à l'agriculture, n'existent tout simplement pas pour la modernité occidentale.

En fait, le paradigme de la modernité occidentale se caractérise par une rationalité égotique qui se croit supérieure, unique, universelle. Un complexe de supériorité que Santos nomme « la raison indolente ». La principale critique contre

la raison indolente n'est pas tant son arrogance sinon son caractère métonymique³ et proleptique⁴ :

“La razón metonímica, que se reivindica como la única forma de racionalidad; la razón proléptica, que no tiende a pensar el futuro porque juzga que lo sabe todo de él. (...) La razón metonímica se define por su ansia de totalidad y por ello toma la parte por el todo, es decir, toma un determinado conocimiento localizado (el pensamiento moderno occidental) como el todo, como el único conocimiento existente.” (García Chueca 2014: 5)

Aveugle devant les autres formes de modernités (du Sud, des colonies, féministes, autochtones), le *présent*, ce qui *existe*, en est donc ainsi réduit à ce que le regard de la modernité occidentale peut voir, restreignant ainsi énormément le concept de *présent*. Indigné devant cet épistémicide, « Santos propose la sociologie des absences, qui élargit le présent pour mettre en valeur l'expérience perdue, gaspillée ou rendue invisible par les théories sociales du Nord. » (Grosfoguel 2012 :49)

Santos (2011:34) distingue « cinq logiques, qui sont aussi cinq façons de produire de l'absence ou de la non-existence : « ignorer », tenir pour « rétrograde », « inférieur », « local » ou « particulier », « improductif » ou « stérile ». La première logique, explique-t-il, la monoculture de la connaissance, est « le plus puissant mode de production de non-existence » de la modernité occidentale. L'auteur, bien évidemment, se réfère ici à la rationalité monoculturelle de la modernité hégémonique, mais il est intéressant de noter comment sa critique de la culture scientifique unique ou universelle, s'applique aussi parfaitement à son homonyme agricole « monoculture » qui est la grande « innovation » de la science agronomique moderne.

Pour Santos (2011), la monoculture du savoir consiste en une transformation de la science moderne et de la haute culture en critères uniques, respectivement de la vérité et de la qualité esthétique. « Ce que le canon ne

³ Métonymie : Figure de rhétorique, procédé de langage où l'on exprime un concept par un autre proche (glissement de sens)

⁴ Proleptique : Qui est enclavé dans une construction antérieure à celle à laquelle il appartient.

légitime pas ou ne reconnaît pas est proclamé inexistant. La non-existence prend la forme, dans ce cas, de ce qui est ignoré ou mal connu (Santos 2010: 22). Cette affirmation prendra tout son sens, lorsque nous observerons, dans les chapitres suivants, comment les agronomes et les forestiers décrivent et analysent les jardins-vergers complexes et les forêts tropicales.

La seconde logique occidentale d'exclusion, la monoculture du temps linéaire, considère l'histoire comme un mouvement unidirectionnel prévu et connu, car pour être considérée comme « scientifique » une connaissance doit d'abord être mesurée puis transposée en langage mathématique (celui-ci permettant à la fois de décrire et prédire la mécanique de cette connaissance). La direction de l'histoire occidentale va, inexorablement, vers un futur « meilleur » :

« Ce sens et cette direction ont été formulés de différentes manières au cours des deux derniers siècles: progrès, révolution, modernisation, développement, croissance, mondialisation. Derrière toutes ces formulations se cache l'idée que le temps est linéaire et que les pays développés vont de l'avant, et avec eux les savoirs, les institutions et les formes de sociabilité qu'ils contrôlent. » (Santos 2011:34)

La troisième logique d'exclusion est la logique de classification sociale qui caractérise les populations en hiérarchies dites « naturelles » comme la race et le sexe, pour fin de domination. C'est la monoculture de la naturalisation des différences, une forme d'infériorité « insurmontable parce que naturelle » (Santos 2011 :35). Ici encore, nous le verrons plus en avant, cette logique monoculturelle d'exclusion explique en grande partie l'aveuglement quasi total des sciences biologiques devant les savoirs féminins et autochtones reliés à la biodiversité et à son foisonnement ; elle sera aussi à l'origine du mythe de la *forêt vierge*.

La quatrième logique de la grande œuvre de production d'inexistences de la modernité occidentale, celle de l'échelle dominante, est principalement représentée par l'universalisme et la mondialisation. Cette dernière, l'échelle dominante contemporaine, « privilégie les entités ou réalités étendant leur influence sur toute la planète. (...) Dans ce cas, la non-existence prend la forme du

particulier ou local ». Par conséquent, les savoirs féminins et autochtones reliés à la biodiversité, éminemment locaux et territoriaux, sont « incapables de devenir des alternatives crédibles à ce qui est supposé exister de façon universelle et mondiale. » (Santos 2011 :35). Ainsi, c'est en ignorant les savoirs locaux et le travail de sélection de semences effectué par plus de 500 générations d'agricultrices et d'agriculteurs, pour ne considérer que la capacité de certains laboratoires scientifiques de décoder le génome des organismes vivants, qu'ont été écrites les lois qui autorisent le brevetage du vivant. Cette législation très controversée est d'ailleurs apparue aux États-Unis juste au moment où la multinationale Monsanto s'apprêtait à lancer sur le marché ses premières semences transgéniques.

Enfin, la cinquième logique de non-existence selon Santos, est la logique productiviste, qui repose sur la monoculture des critères de la productivité capitaliste. Cette logique, entièrement ancrée dans la rationalité néolibérale mercantile, repose sur le dogme de la croissance économique aussi infinie qu'incontestable, justifiant ainsi le critère de productivité. L'agrobusiness, monoculture industrielle sur grande surface, qui prétend être plus efficiente et productive que l'agriculture paysanne parce qu'elle est rationalisée, modernisée, *pétrolisée* et homogénéisée comme une chaîne de montage en usine, en est le parfait exemple. En agronomie, l'équation de l'offre et de la demande se traduit par un calcul des coûts de production des intrants (semences, engrais, pesticides, pétrole et main-d'œuvre) versus le rendement des cultures et le prix de vente de la récolte. Les coûts sociaux et environnementaux liés au processus, comme les épistémicides, l'exode rural, la paupérisation de la paysannerie, la pollution de l'eau ou la disparition des insectes pollinisateurs sont totalement ignorés. En économie moderne et capitaliste, la pollution environnementale, élégamment appelée « externalité », n'est d'ailleurs jamais considérée dans le calcul économique, comme l'indique son euphémisme.

Devant ces cinq logiques implacables qui définissent de manière hégémonique les connaissances et pratiques considérées comme scientifiques,

modernes, supérieures, universelles et productives, Santos suggère, grâce à la sociologie des absences, « de faire en sorte que cet absent soit présent, c'est-à-dire que les expériences qui existent déjà mais sont invisibilisées ou non valorisées soient révélées » (Grosfoguel 2012 :50). Pour ce faire, le sociologue des absences et des émergences veut renverser la situation en proposant, pour chacune des cinq logiques monoculturelles, une écologie qui permet de révéler, rendre visible, ce qui est activement ignoré par la modernité du Nord : l'écologie des savoirs, l'écologie des temporalités, l'écologie de la reconnaissance, l'écologie de la trans-échelle, et l'écologie des productivités.

Dans les pages qui suivent, je m'attarderai plus particulièrement à l'écologie des savoirs, telle que définie par Santos (2011) et résumée ici par Grosfoguel (2012: 50) :

« Il s'agit de promouvoir un « usage contre hégémonique de la science hégémonique », ce qui ouvre à celle-ci la possibilité de fonctionner non pas comme monoculture, mais comme partie d'une écologie plus large des savoirs, où le savoir scientifique peut dialoguer avec le savoir ordinaire (*laico*), le savoir populaire, le savoir des indigènes, le savoir des populations urbaines marginales, le savoir des paysans. »

C'est une sociologie des émergences que propose Santos pour renverser la raison proleptique. Une écologie des savoirs « fondée sur l'idée qu'il n'existe pas de connaissance ou d'ignorance dans l'absolu. Toute ignorance est ignorance d'un savoir particulier et toute connaissance triomphe d'une ignorance particulière. La connaissance est interconnaissance. »

Ayant établie ci-haut les bases sociologiques de ma démarche, les fondements de mon indignation et la source de ma motivation et inspiration dans ce projet doctoral qui prétend révéler une partie des savoirs agricoles et forestiers occultés ou méprisés par les sciences agronomiques modernes, je voudrais maintenant expliquer, depuis les nouvelles découvertes en biologie moléculaire et biologie des systèmes, aussi appelée biologie de la cognition, comment l'épistémicide moderne en agriculture est en grande partie relié à une définition

du concept « connaissance » qui appartient au paradigme scientifique décadent. Je m'appliquerai donc, dans les pages qui suivent, à expliquer comment les nouvelles sciences et théories biologiques sur l'organisation et le fonctionnement des organismes vivants, apportent un éclairage inédit sur notre façon d'appréhender et comprendre ce que sont les connaissances, l'acte d'apprendre et le phénomène de connaître.

Qui plus est, cette conception nouvelle de ce que représente l'acte d'apprendre, rebaptisé « bioapprentissage » et la radicale reconsidération, autant conceptuelle qu'éthique qui en découle, m'apparaît, du moins dans le champ d'étude qui m'intéresse ici (agriculture et forêt), un formidable outil pour contribuer à cette sociologie des émergences que réclame Boaventura de Sousa Santos.

La théorie des systèmes complexes ou théorie du chaos

« La richesse du réel déborde chaque langage, chaque structure logique, chaque éclairage conceptuel. »

« Le chaos rend possible la vie et l'intelligence. Le cerveau a évolué pour devenir si instable que le moindre effet peut conduire à la formation de l'ordre. »

Ilya Prigogine

« La forma sola es estable. La sustancia es una corriente de energía que entra por un extremo y sale por el otro. El empeño de la vida en mantenerse y perpetuarse a sí misma, se puede entender como un fenómeno físico químico estudiado por la ciencia de la termodinámica. Somos una agitación temporalmente identificable en una corriente que entra en forma de luz, calor, aire, agua, leche... y sale en forma de gases, excrementos, y también como semen, niños, habla, política, guerra, poesía y música. »

Michael Dowd

Du paradigme scientifique positiviste et mécaniciste dont sont pétris nos sociétés postmodernes occidentales et la grande majorité des scientifiques contemporains,

a émergé il y a quelques décennies, une nouvelle théorie scientifique qui propose une forme d'appréhension et d'explication du « réel » qui se veut, littéralement, le contrepied de l'épistémologie scientifique « classique ». La théorie des systèmes complexes, ou théorie du chaos, est un pavé dans la mare tranquille du positivisme scientifique qui conçoit le monde comme une réalité objective, une mécanique simple, linéaire et prédictible que la personne scientifique, posant un œil externe sur « l'objet étudié », peut observer, expliquer et comprendre par la fragmentation, la classification, la mesure et la quantification des données perçues comme des connaissances universelles. La théorie des systèmes complexes ou théorie du chaos, représente un important changement de paradigme épistémologique pour la recherche scientifique.

L'approche holistique ou analyse systémique appliquée aux différentes disciplines scientifiques a transformé le paysage épistémologique... Certaines « disciplines » scientifiques ont vu leurs frontières devenir plus poreuses entre elles, générant des approches méthodologiques jusqu'ici inédites, telles l'interdisciplinarité et la transdisciplinarité, qui se révèlent plus aptes à l'appréhension de la complexité. Ces nouvelles approches scientifiques ont aussi permis l'émergence de nombreux champs d'études, tels l'écologie, le féminisme ou la biologie des systèmes.

Aujourd'hui, dans nos sociétés postmodernes, les concepts « système » et « systémique » sont couramment utilisés et intégrés au vocabulaire de la grande majorité de la population et ce, dans des domaines très diversifiés : que ce soit du « système de son » au « système capitaliste », ou encore des « pesticides systémiques » et même du « racisme systémique », le concept « système » est partout. On comprend bien le sens du vocable « système » comme un ensemble d'éléments ayant une organisation et structure telles que le fruit de cette organisation est une « émergence », un produit, le « tout » qui est plus que la somme de ses parties étudiées séparément. Cependant, a-t-on bien saisi les implications, pour la recherche, que signifie l'introduction dans la pensée scientifique (par définition objective, linéaire, prévisible et quantifiable), des concepts de complexité, chaos et incertitude ?

Un système complexe⁵ est un ensemble cohérent et organisé de plusieurs composantes ayant entre elles un tel degré d'interaction, que l'on ne peut prédire son comportement ou sa rétroaction, ni mesurer son évolution. En ce sens, le système-climat de notre planète, qui semble être entré dans une phase d'emballement, correspond très bien à cette définition. Depuis quelques années les chercheurs et chercheuses qui l'étudient nous informent en toute franchise et humilité que leurs prédictions sont toujours en deçà de l'évolution du système qu'ils mesurent année après année : le réchauffement global actuel, en 2020, est bien plus rapide que ce que les climatologues estimaient il y a une ou deux décennies ; pire, il s'accélère de façon très préoccupante pour la biosphère. L'acidification et le réchauffement des océans aussi. Le rythme de disparition des espèces végétales et animales est aussi beaucoup plus rapide que ce que les biologistes anticipaient il y a vingt ans, etc.

« Les systèmes qui s'autoorganisent à l'extérieur du chaos ne survivent que s'ils sont ouverts à un flux constant d'énergie et de matière. Normalement, les vortex formés dans les rivières ou ruisseaux, surgissent des tourbillons de turbulence produits, en aval, par des obstacles qui s'opposent à un courant rapide et profond. Chaque vortex possède une forme définie, mais cette dernière est en fait composée du matériau qui le traverse. De façon similaire, nous sommes, les humains, composés des matériaux qui circulent constamment à travers nous. Notre « forme » est créée et soutenue par le flux dont nous faisons partie. Nous sommes ce que nous mangeons, ce que nous respirons, et ce que nous expérimentons dans l'environnement qui nous entoure. » (...)

« Beaucoup de structures que nous observons dans la nature sont des exemples de chaos autoorganisé. Les motifs hexagonaux de la superficie des dunes du désert et les couches de nuages sont le résultat des vortex d'air chaud organisés de façon chaotique et qui montent vers l'atmosphère. (...) Un ouragan est une des plus grandes et impressionnantes formes d'autoorganisation de la nature. (...) L'envolée

⁵ Complexe : du latin *complexus*, littéralement « enlacés », « tissés ensemble ».

d'une nuée d'oiseaux est aussi une manifestation de l'autoorganisation en action. » (Briggs et Peat 1999:22-24)

La théorie des systèmes complexes, aussi nommée théorie des systèmes dynamiques, a émergé au tournant des années 1940 et 1950, particulièrement dans le champ de la thermodynamique. Ilya Prigogine, physicien et chimiste belge d'origine russe, développe une théorie sur les structures dissipatives (des systèmes dissipatifs qui évoluent dans un environnement avec lequel ils échangent de l'énergie), aussi appelés systèmes dynamiques ouverts. Cette théorie était le prélude à la théorie du chaos. Il décrit aussi, pour la première fois, le phénomène d'autoorganisation d'un système, qui explique qu'un système complexe tend à s'organiser lui-même, entraînant ainsi une augmentation du degré de complexité du système, ou encore une émergence de ce même système.

Depuis lors, la théorie des systèmes a démontré sa grande capacité heuristique et sa flexibilité, puisqu'elle est de nos jours abondamment utilisée dans divers domaines : physique, biologie, économie, sociologie, informatique, météorologie, psychologie, neuroscience, et bien d'autres. Son utilité pour décrire et expliquer des phénomènes si différents, révèle puissamment tout à la fois la complexité du monde autour et à l'intérieur de nous, et l'incertitude du lendemain. Complexité et incertitude qui nous appellent à un peu plus d'humilité quant à nos savoirs et à notre volonté de conquérir et contrôler l'environnement.

Chaos et Organisation

« Le chaos est la créativité de la nature. Nos corps sont envahis de systèmes chaotiques ouverts qui permettent une constante réponse créative aux changements environnementaux. Par exemple, notre cerveau s'autoorganise en changeant sa subtile capacité de connexion avec chaque acte de perception. »

John Briggs et David Peat

La théorie du chaos explique qu'un système complexe et dynamique peut évoluer vers un état totalement imprévisible. Elle énonce aussi qu'une variation minimale

des conditions initiales d'un système peut changer radicalement le cours de celui-ci et avoir des conséquences insoupçonnées, c'est-à-dire qu'on ne peut calculer préalablement. La métaphore la plus connue pour illustrer cette théorie fut créée en 1972 par le météorologue Edward Lorenz, quand il posa cette question-titre pendant une conférence : Est-ce que le battement des ailes d'un papillon au Brésil pourrait, selon certaines conditions météorologiques, produire une tornade au Texas ? C'est pourquoi on utilise communément l'expression « l'effet papillon » pour décrire la théorie du chaos. Sans accepter ni réfuter cette hypothèse, Lorenz voulait souligner les limites du déterminisme scientifique, et reconnaître qu'en science comme dans d'autres domaines, la part des incertitudes est inévitable, et surtout, que les scientifiques, en dépit de toute leur rigueur et compétence, ne pourront jamais prendre en compte *tous* les facteurs environnants réels et potentiels, dans un monde si complexe. Pour Briggs et Peat (1999 :4) :

« Le terme scientifique « chaos » se réfère à une interconnexion subjacente qui se manifeste en événements apparemment aléatoires. La science du chaos porte sur les modèles occultes, les nuances, la « sensibilité » des choses et étudie les « règles » qui expliqueraient comment l'imprévisible conduit à l'inédit. Il s'agit d'une tentative pour comprendre les mouvements qui créent les tempêtes, les ouragans, les crues, les falaises, ainsi que de nombreux modèles complexes de tous types, depuis les deltas de rivières jusqu'aux systèmes nerveux et aux vaisseaux sanguins de notre corps. »

Les systèmes complexes et autoorganisés sont donc des ensembles constitués de nombreuses composantes cohérentes et organisées entre elles. Leur organisation est le système en soi ; comme par exemple, leur forme, tel le tourbillon conique du cyclone, ou le phénotype (apparence physique) d'une vache dans le cas d'un système vivant. L'organisation est ce qui est permanent dans un système. Quand l'organisation est rompue, le système meurt. Ce qui change et varie constamment dans les relations entre les éléments d'un système c'est leur structure, la manière dont les nombreuses composantes sont en relation à un moment précis, et comment certains éléments entrent et sortent du système. C'est pourquoi une des principales caractéristiques d'un système complexe autoorganisé est d'être

perpétuellement en changement ou transformation. Ce sont donc des systèmes dynamiques : en mouvement (trajectoire), et/ou en changement.

La trajectoire d'un système dynamique sera influencée, voire carrément dirigée, par un attracteur, qui est calculé mathématiquement comme un espace vers lequel le système évolue. Un attracteur étrange est une représentation graphique (mathématique), d'un système chaotique dans un espace de phase précis. Représenté par des courbes, l'attracteur n'illustre pas le mouvement comme tel du système sinon ses états à des moments précis. La dynamique du système tend à être attirée par l'attracteur. Par « étrange » on souligne sa forme discontinue et inédite, apparemment chaotique. Les mathématiciens qui ont réussi à mesurer les attracteurs étranges, démontrent que la dynamique du système n'est pas totalement chaotique mais représente un type d'ordre chaotique: le chaos déterministe qui obéit à la sensibilité aux conditions initiales. Selon la théorie du chaos, même si des événements sont divergents, ils s'accumulent finalement sur un noyau de trajectoires nommé attracteur.

Outre leur organisation cohérente et structure dynamique, les systèmes complexes se distinguent aussi pour être hétérogènes et non-linéaires ; en effet, un même système inclue souvent des sous-systèmes ayant des degrés différents d'organisation et le fonctionnement d'un système complexe présente des comportements peu communs, souvent compliqués et surtout imprévisibles. Ainsi, on observe de nombreuses interactions locales, non triviales qui se manifestent de diverses manières : les boucles de rétroaction (*feedback*), la multistationnarité, la bifurcation, l'autoorganisation, les émergences. On nomme propriétés émergentes d'un système l'apparition de qualités nouvelles qui proviennent des interactions des éléments du système. Les émergences ont des caractéristiques et propriétés différentes de celles de ses composantes. En d'autres mots, la propriété émergente d'un système est plus que la somme de ses parties. Par exemple, une cellule neuronale en soit ne peut créer des pensées, mais le cerveau, un système vivant complexe composé de milliards de cellules (neurones et cellules gliales), génère, lui, des pensées. Les émergences sont imprévisibles et aléatoires.

Concept-clé des systèmes complexes, l'autoorganisation, est au cœur du fonctionnement du système et des émergences de celui-ci. En fait, on peut dire que l'autoorganisation est une propriété émergente des systèmes complexes. Comme les travaux de Prigogine sur les structures dissipatives le soulignaient, les rétroactions, la non-linéarité et le caractère ouvert et hors d'équilibre des systèmes sont très importants pour qu'apparaissent des formes stables et reproductibles sans plan d'ensemble ni prescription extérieure. « Une partie de l'énergie absorbée par les organismes vivants sert ainsi à maintenir leur organisation dynamique. Les structures autoorganisées sont hors d'équilibre, car parcourues de flux de matière et d'énergie. Elles s'évanouissent si on coupe les flux entrants » (Delcourt 2019). « L'autoorganisation est un mécanisme ou un ensemble de mécanismes par lesquels les structures sont produites au niveau global d'un système à partir d'interactions entre ces constituants à un niveau d'intégration inférieur. Les interactions entre constituants sont elles-mêmes produites localement sans aucune référence à une structure globale préconçue. Au contraire, celle-ci est une propriété émergente du système et non une propriété imposée de l'extérieur du système » (Atlan 2011). Il s'agit donc d'un « processus par lequel des systèmes (physiques, biologiques ou sociaux), parviennent à un état stable de manière spontanée, immanente, sans intervention de facteurs extérieurs, sans finalité » (Godin 2004). Les systèmes complexes, et en particulier les systèmes biologiques, contiennent de l'information qu'ils sont capables de moduler en fonction de l'environnement extérieur.

D'un point de vue de la thermodynamique, les systèmes complexes sont généralement des systèmes ouverts, c'est-à-dire qu'ils échangent constamment matière et énergie avec l'environnement immédiat afin de rester en équilibre et de conserver leur organisation. Dans l'exemple du système cyclone, le tourbillon composé d'eau et d'air qui entrent et sortent du cône sans arrêt, créant ainsi son mouvement circulaire, lui permet aussi de garder son organisation conique. Tout au long de sa trajectoire, à la dérive du chaos déterministe des attracteurs étranges, le système-cyclone intègre et rejette eau chaude et air, alimentant le système et conservant ainsi son organisation en vortex. Lorsque, pour des

questions de température de l'eau ou de pression atmosphérique le vortex du cyclone se dissout, c'est son organisation même qui disparaît, entraînant la fin de l'ouragan. Le système n'est plus.

Enfin, « un système complexe possède une histoire. Son état actuel dépend de ses états antérieurs. » (Ricard 1999) On observe ces phénomènes de «mémoire», par exemple, chez les organismes vivants qui développent des anticorps après exposition à un agent pathogène, et qui transmettent la protection des anticorps aux cellules des générations suivantes, tout au long de la vie de l'individu.

Autopoïèse, biologie de la cognition et bioapprentissage

« L'autopoïèse (du grec *auto* « soi-même » et *poièsis* « création ») est la propriété d'un système vivant de se produire lui-même de façon permanente et en interaction avec son environnement, et maintenir ainsi son organisation malgré les changements de structure de ses composantes. »

Francisco Varela et Humberto Maturana

« Changer pour que rien ne change est l'essence de l'autopoïèse. Elle s'applique tant à la biosphère qu'à la cellule. Appliquée aux espèces vivantes, l'autopoïèse nous conduit à la coévolution. »

Lynn Margulis et Dorian Sagan

La théorie des systèmes complexes appliquée à la biologie : « biologie des systèmes »

Depuis quelques décennies, les sciences biologiques ont foisonné en découvertes et nouvelles technologies. Dans le champ de la biologie, la théorie des systèmes complexes s'est avérée très utile pour étudier et mieux comprendre le fonctionnement du vivant, de la cellule aux écosystèmes. La cellule, comme unité du vivant, représente l'exemple concret d'un système complexe et dynamique : l'organisation d'un nombre d'éléments distincts produit une émergence (la cellule), plus importante que la somme des valeurs de chacun de ces éléments isolés. L'approche systémique en sciences biologiques a inspiré de nombreux biologistes et favorisé l'émergence de théories inédites pour expliquer et décrire « le vivant » ; des théories biologiques qui ont eu une forte incidence sur la recherche en neuroscience et en pédagogie. La théorie de l'autopoïèse et son corollaire, la biologie de la cognition, ou biocognition, constituent en effet un important changement de paradigme pour les champs d'étude reliés à l'éducation, ce que nous aborderons à la fin de ce chapitre.

Je présenterai d'abord la théorie de l'autopoïèse et ses deux auteurs, les biologistes chiliens Humberto Maturana et Francisco Varela, pour ensuite expliquer comment la biologie systémique vient transformer notre conception de ce qu'est une « connaissance » et le processus d'apprendre. Une autre théorie nouvelle dans les sciences biologiques, l'épigénétique, est aussi issue de la biologie systémique. L'épigénétique, que l'on doit au biologiste étasunien Bruce Lipton, met l'accent sur le constat que le génome d'un organisme vivant, ses gènes, n'est pas un déterminisme absolu et que l'environnement et nos relations avec celui-ci ont beaucoup plus d'influences sur le développement d'un individu. Par ailleurs, Lipton a le mérite d'introduire le concept de « perception » dans son cours de biologie cellulaire, concept qu'il a traduit, en transposant sa théorie chez les humains, par « croyance ». Il enseigne maintenant la biologie des croyances.

La biologiste cellulaire étasunienne Lynn Margulis, mère de la conception scientifique moderne de l'apparition de la vie sur Terre, et considérée comme une des plus importantes microbiologistes contemporaines, a aussi grandement contribué, par sa description très détaillée de la complexité du monde microbiologique, à révéler la chaîne symbiotique qui unit les organismes vivants en un complexe réseau de trajectoires coévolutives entre les espèces et leur milieu environnant. Margulis, suivie par d'autres, a démontré scientifiquement que c'est par l'entraide, le réseautage, la cohérence et l'interaction bienveillante entre communautés que les organismes vivants (microorganismes, plantes, animaux) ont pu évoluer de la bactérie procaryote jusqu'aux complexes écosystèmes marins ou forestiers. Elle est aussi, avec l'anglais James Lovelock, co-auteure de la théorie Gaïa qui postule que la planète Terre est un organisme vivant, un système complexe en symbiose d'où émerge et se recycle la vie. Il est intéressant de souligner ici que depuis des millénaires, soit bien avant ces déductions scientifiques, de nombreuses spiritualités, sciences et cultures autochtones se réfèrent à la Terre-Mère comme une fertile et généreuse source de vie.

La définition d'un système vivant fut initialement élaborée par Varela et Maturana à partir de l'unité autopoïétique fondamentale, la cellule biologique. Selon ces chercheurs, la cellule, qui résulte elle-même d'un processus d'échanges constants avec l'environnement immédiat et aussi d'interactions cohérentes de ses composantes internes, termine sa conformation par la synthèse de sa propre membrane, laquelle viendra créer son identité comme individu et ainsi amplifier et complexifier encore plus ses échanges avec l'environnement immédiat (Gaillard 1999). L'équipe de neurobiologistes notent aussi que la membrane cellulaire, plus qu'une simple cloison définissant les limites de l'unité vivante, est le lieu d'innombrables activités de communication avec l'environnement extérieur immédiat, allant de la «détection» de l'environnement (molécules, microorganismes, température, humidité, etc.), à la décision de les laisser entrer (ou non), et aussi celle d'expulser des éléments intérieurs devenus inutiles, voire toxiques.

Le système vivant est donc circonscrit (membrane cellulaire, peau chez l'humain) par une «clôture» qui définit son identité et le distingue de l'environnement. Varela insiste sur le fait que l'information ne circule pas de l'extérieur à l'intérieur d'un système vivant : elle est autoproduite dans le système vivant et pour le système lui-même. Autrement dit, il n'existe pas de flux informationnels entre les entités vivantes, sinon seulement des flux communicationnels (Gaillard 1999). C'est, entre autres, ce qui distingue le cerveau humain d'un ordinateur:

« En postulant que la clôture d'un système est l'aspect majeur à considérer, nous avons abandonné les notions d'entrée et de sortie; et la direction du flux d'information a perdu toute signification. (...) Les machines autopoïétiques n'ont ni input ni outputs. Des événements extérieurs peuvent les perturber, et elles peuvent subir des transformations structurales internes, afin de compenser ces perturbations. Si les perturbations se répètent, la machine peut, à son tour, répéter des séries de transformations internes. » (Varela 1989:47)

Quelques concepts biologiques fondamentaux pour aborder cette nouvelle épistémologie biocognitive

D'après Humberto Maturana et Francisco Varela *L'arbre de la connaissance*⁶

Un système vivant possède une configuration globale délimitée et circonscrite (par une membrane dans le cas de la cellule ou par l'épiderme chez l'être humain), dont les différents éléments qui le composent, les composantes, possèdent une organisation précise qui le définit. Comme l'explique Maturana, l'organisation de la vache est « vache », l'organisation d'un pommier est « pommier » et l'organisation d'une femme est « femme ». Bref, l'organisation est ce qui ne change pas d'un individu à l'autre au sein d'une même espèce, les invariants, tout au long de son existence.

La notion de structure, au contraire, « réfère aux composantes d'un système vivant et à leurs relations, qui réalisent, à un moment spécifique, une unité particulière d'un type donné ». Varela précise que « l'ensemble des relations effectives entre les composantes présentes dans une machine concrète dans un espace donné, constitue sa structure. »

Contrairement à l'organisation qui se spécifie comme invariable, la structure d'un système vivant est plastique et le lieu de changements continuels, à travers un très grand nombre de variables, ce qui permet à l'organisme de réaliser quantité d'actions : remplacement permanent des cellules, croissance, micro-régulation de l'équilibre homéostatique, digestion, mais aussi, la production presque continue d'information par laquelle le système vivant s'autoproduit tout au long de son existence.

Selon la théorie de la biologie de la cognition, le processus interactif du système vivant avec son milieu, cette production d'information qui permet l'existence et la transformation ou autoorganisation du système, est appelé bioapprentissage ou biocognition et les informations perçues et intégrées (assimilées) par le système afin d'assurer sa survie, sont les connaissances ou savoirs de celui-ci.

Ainsi, un système vivant complexe et autoorganisé, qui possède une organisation « femme », en interaction/communication avec un environnement rural particulier, sera, au cours de son existence, en perpétuel changement structurel pour naître, croître, cultiver la terre, accoucher, allaiter, alimenter sa famille, etc. À la fin de sa vie, sa structure sera celle d'une femme paysanne vieillie, ridée, peut-être désormais stérile, mais elle sera toujours une femme vivante, et qui plus est, par ses

⁶ Ma traduction

expériences et connaissances acquises tout au long de sa vie, une femme de savoir et de grande maturité.

C'est pourquoi les chercheurs en cognition des systèmes vivants affirment que l'évolution biologique est une évolution cognitive, ou encore, que « vivre » est synonyme d'« apprendre ».

Ainsi, un système vivant est à la fois fermé et ouvert. Il est ouvert selon la thermodynamique, puisqu'y circulent énergie et nutriments nécessaires pour maintenir son existence ; il est clos, d'un point de vue informationnel, car c'est le système qui génère lui-même l'information nécessaire pour maintenir la stabilité de son organisation et rester en vie (la définition d'un système autopoïétique). La capacité d'un système de générer et utiliser de l'information est un processus interne d'autorégulation. L'information nécessaire pour la survie du système vivant « prend forme » (littéralement, du latin *informare*, donner une forme), à la frontière du système vivant-environnement, en réponse aux perturbations du milieu environnant.

Par exemple, le corps humain, qui a une température de 37 degrés Celsius, maintient celle-ci peu importe qu'il fasse moins 15 ou 40 degrés Celsius à l'extérieur. En hiver, la peau perçoit le froid intense extérieur et transmet cette information (« vie en danger! ») au système, mettant en branle le métabolisme d'autorégulation interne pour garder la température du système à 37 degrés et ainsi rester en vie. Ce n'est pas la température extérieure qui régule la température du système mais bien celui-ci qui s'autoorganise et se régule grâce à sa capacité de perception de l'environnement immédiat. Les perturbations environnantes induisent continuellement des régulations internes du système, qui sont des changements structurels permettant de conserver l'organisation du système, de le maintenir en vie. Ces autorégulations sont des informations, des connaissances qu'acquiert le système.

La théorie de l'autopoïèse des systèmes vivants souligne l'importance de l'environnement sur l'évolution biologique, et aussi la grande diversité et

intelligence de la pulsion de vie, une dynamique autopoïétique et résiliente du vivant pour s'adapter aux conditions et perturbations du milieu environnant et ainsi s'autocréer, c'est-à-dire rester vivant. Les biologistes chiliens notent une étroite relation entre le système vivant et son environnement. Cette relation intime est fondamentale pour appréhender le processus d'apprentissage d'un système vivant, depuis l'émergence des informations et leur utilisation comme savoirs qui permettent une modification cohérente de la structure. En résulte, pour les deux éléments, une suite de changements structurels mutuellement induits. Les chercheurs nomment couplage structurel cette relation. « Le couplage structurel est le résultat des modifications mutuelles que subissent les unités au cours de leurs interactions, sans pour autant perdre leur autopoïèse. » (Varela 1989:81)

Selon la théorie des systèmes complexes, dynamiques et autoorganisés et la théorie de l'autopoïèse, les organismes vivants se développent et se reproduisent en étant intimement reliés avec leur environnement immédiat, qui peut être une cellule, un organe, une femelle allaitante, l'eau salée, l'air, une branche d'arbre, une fougère, un sol tropical, une famille, une communauté culturelle, etc. Tout au long de sa vie, l'organisme vivant sera continuellement en relation avec le milieu environnant : Il en va de sa survie. Cette incessante intercommunication avec l'environnement immédiat, qu'il soit roche, eau salée, mère ou famille élargie, imprègne et influence à la fois le système et l'environnement; de façons différentes mais reliées.

« Une entité autopoïétique métabolise continuellement, et se perpétue par l'activité chimique, et le mouvement des molécules. L'autopoïèse fait le lien entre la dépense d'énergie et la désorganisation. En fait, l'autopoïèse se reconnaît par cet incessant flux d'énergie et cette chimie vitale qu'est le métabolisme. Seules les cellules, les organismes composés de cellules et la biosphère, composée d'organismes, sont autopoïétiques et peuvent métaboliser. » (Margulis et Sagan 2005:23)

Comme le souligne Courtial (2009), « en biologie, ce qui circule entre les éléments (par exemple entre les cellules), contribue au maintien et à l'évolution de ce qu'ils sont. (...) On ne peut considérer les éléments d'un système comme définis à

l'avance. C'est, au contraire, ce qui circule entre eux qui va contribuer à les définir.» D'où l'hypothèse de la coévolution organisme-environnement. Le système vivant et son environnement ont une histoire commune qui les a façonnés et « sculptés » ; qui leur a, littéralement, donné forme. Et cette co-construction est le résultat des échanges sur une zone de frontière entre organisme et environnement. C'est le couplage structurel entre l'organisme et son environnement, où ce dernier influence et « perturbe » le comportement de l'organisme qui réajuste sa structure selon les perturbations environnantes, dans l'objectif de conserver son identité, son existence (Courtial 2009 :149).

« Nous insistons sur le fait qu'un système vivant est défini par son organisation et donc qu'on peut l'expliquer comme on explique n'importe quelle organisation, c'est-à-dire en termes de relations et non pas à partir des propriétés de ses composantes. » (Maturana et Varela 1994:40)

En biologie et en écologie, les termes symbioses, commensalisme ou mutualisme décrivent des relations bénéfiques, voire de collaboration mutuelle ou neutre entre des individus et des communautés de cellules, de plantes, d'animaux ou de microorganismes. En transposant la *bienveillance collaborative* des relations entre cellules et microorganismes, aux relations de soins et solidarité que l'on observe chez le genre humain, Varela et Maturana ont préféré le vocable « amour » ; c'est pourquoi la théorie biocognitive est aussi parfois appelée biologie de l'amour. Enfin, les découvertes des nouvelles biosciences viennent aussi débouter le mythe de « la loi de la jungle » qui prévaudrait dans la nature : la bienveillance collaborative entre les organismes vivants est aujourd'hui largement reconnue chez les biologistes.

« Tout acte humain a une implication éthique parce que c'est un acte de constitution du monde humain. (...) Cet acte s'appelle l'amour, ou, si l'on préfère une expression plus légère, l'acceptation de l'autre personne à nos côtés dans notre vie quotidienne. C'est la fondation biologique des phénomènes sociaux : sans amour, ou sans acceptation des autres êtres vivants à nos côtés, il n'y a pas de processus social, et donc pas d'humanité. » (Maturana et Varela 1994:241)

Biocognition, langage et biologie de l'amour

D'après Maturana (2002) « Transformations dans le vivre- ensemble »⁷

« Le langage n'est pas un phénomène du système nerveux mais bien des relations qui circulent entre les organismes vivants, et qui constituent le flux circulatoire de leurs coordinations comportementales. Le langage est du domaine des comportements consensuels et récursifs. Il fait suite au consensus.

Le langage n'émerge pas non plus de la dynamique de changements au niveau de l'activité neuronale du système nerveux, cette même dynamique qui contribue à produire des corrélations entre les neurones sensitifs et les neurones effecteurs, qui sont les cellules du cerveau reliées au comportement humain. Sans système nerveux, point de coordinations comportementales, mais le langage n'est pas pour autant un phénomène neurophysiologique, ni un simple phénomène de coordination comportementales. C'est un flux de coordinations de coordinations comportementales consensuelles. (...)

Bref, le langage appartient au domaine du comportement, non de la physiologie. De même, le phénomène de connaître n'est pas un phénomène neurophysiologique, sinon qu'il découle de la relation entre un organisme et la circonstance qui lui permet de conserver organisation et adaptation. »

Le processus de l'apprentissage du langage humain est une émergence dans la « récurrence de relations récurrentes » et intimes des humains qui prennent soin et accompagnent les enfants dans leurs premières années de vie. Un espace vital qui respecte la différence et l'unicité de l'enfant, tout en lui prodiguant l'amour nécessaire pour croître et s'« autocréer ».

« Cette tendance à la spontanéité et récurrences des interactions, qui est fondamentale pour le social, est possible seulement dans la dimension de l'amour. Autrement ce serait de l'hypocrisie. Comme êtres humains, nous sommes et entrons aussi en interactions récurrentes spontanées avec d'autres êtres humains, ou pas, exclusivement parce que cela est agréable, parce que ça nous plait, etc. L'amour n'est pas une conséquence du social mais bien le contraire. S'il n'y a pas d'amour, si nous ne sommes pas dans la dimension (pulsion) de l'amour pour autrui, ou inspirés par l'énergie de l'amour dans nos rencontres avec autrui, il ne peut y avoir de phénomènes sociaux. » (Maturana 2002 :188)

⁷ Ma traduction

Épigénétique : Une émergence des nouvelles sciences biologiques

Au cours des années 1970, une autre bioscience émerge dans le laboratoire de biologie cellulaire du chercheur Bruce Lipton. Une hypothèse du biologiste basée sur le fonctionnement cellulaire qui est devenue science quelques décennies plus tard : l'épigénétique.

Lipton cultive, dans des boîtes de pétri, de nombreuses cultures de cellules. Toutes ces cellules possèdent exactement le même génotype : les mêmes gènes. Leur code génétique est identique puisqu'elles proviennent d'une seule et même souche-mère. L'expérience de Lipton consiste à nourrir ces cultures cellulaires avec différents types de solutions, ou aliments. Au bout de quelques temps, le chercheur remarque que les cellules changent d'aspect selon le type d'aliment reçu. En fait, Lipton obtient autant de différences de phénotypes⁸ de cellules que de recettes de solution nutritive. Les cellules, toutes génétiquement identiques, révèlent pourtant des caractères et aspects très différents selon leur alimentation. Cette expérience plusieurs fois répétée, a démontré la grande plasticité et faculté d'adaptation des cellules qui se développent et évoluent en organismes très différents selon l'alimentation reçue. Le chercheur en conclue que le rôle de l'environnement (ici le type de nutrition), dans le développement d'un organisme vivant et donc dans l'évolution biologique de celui-ci, semble être beaucoup plus grand que ce que « la » science *croyait* depuis quelques décennies.

En effet, dans les années 1980 et 90, lorsque Lipton commence sa carrière comme chercheurs en biologie cellulaire, le paradigme dominant dans le monde des sciences biologiques était : « tout est dans les gènes ». La génétique, une branche de la biologie médicale, s'est développée rapidement depuis 50 ans; l'hybridation et la sélection génétique ont donné des résultats impressionnants en termes de rendements céréaliers, production laitière, ou le traitement de certaines maladies chez les humains. Depuis quelques décennies, le « décodage » des

⁸ phénotype : ensemble des caractères observables d'un individu.

chromosomes des organismes vivants semble d'ailleurs, avoir été le principal sujet d'étude des chercheurs en biologie génétique. Décoder le génome d'un organisme, étudier ses gènes et identifier la séquence des molécules d'ADN qui composent ses chromosomes, apparaissaient en quelque sorte comme une façon de comprendre la formation du vivant et peut-être aussi le secret de l'évolution humaine.

C'est sans doute pourquoi la croyance ou mythe scientifique du « *tout est dans les gènes* » a longtemps résisté aux résultats expérimentaux de Lipton. Il aura fallu presque trois décennies de recherches et démonstrations scientifiques, dans le pur protocole positiviste, pour que la théorie de Bruce Lipton sur l'influence de l'environnement et la perception de celui-ci, soit aujourd'hui reconnue par ses pairs biologistes comme un nouveau champ d'étude des systèmes vivants : l'épigénétique.

Un autre « mythe » du monde scientifique de la fin du XXème siècle, corolaire du « tout est dans les gènes », assure que le noyau de la cellule qui contient les gènes, le noyau cellulaire, serait le poste de contrôle de la cellule; en d'autres mots, le cerveau de la cellule. Cette croyance est telle que le protocole scientifique pratiqué par la communauté de chercheurs généticiens qui étudie l'ADN en laboratoire, prescrit l'élimination des composantes du noyau autres que l'ADN, ce qui inclue les protéines du noyau qui recouvrent l'ADN et sont considérés, *objectivement*, comme « déchets de laboratoire » et pour autant jamais étudiées ni examinées...

Le chercheur Lipton s'interroge alors : « si le noyau cellulaire est le cerveau de la cellule, qu'arrive-t-il de celle-ci si je lui retire son noyau ? ». Le biologiste et son équipe observent alors, que même amputées de leur noyau, donc du « matériel génétique », les cellules continuent à vivre comme avant, ayant une espérance de vie similaire aux cellules complètes, soit d'environ trois mois. La seule différence observée chez ces cellules amputées de leur noyau, réside dans le fait qu'elles périssent sans avoir pu se reproduire... Car n'ayant pas de noyau, qui sont les

«fichiers»⁹ contenant l'information du code génétique, elles ne peuvent métaboliser les protéines nécessaires pour se reproduire.

Lipton et son équipe de chercheurs répètent l'opération pour observer le comportement d'une cellule lorsqu'on l'ampute de ses différentes composantes. Les résultats sont très clairs : c'est la membrane cellulaire (et non le noyau), qui est le haut lieu des prises de décisions sur les entrées et sorties d'éléments dans la cellule et sur le fonctionnement de celle-ci. Le système cellulaire se maintient en équilibre homéostatique¹⁰ justement grâce au perpétuel échange de matière et d'énergie qui entrent et sortent de la cellule, par la membrane. Étudiant celle-ci de plus près, Lipton note que la membrane ne réagit pas de la même manière sur toute sa surface. Des structures à la surface de la membrane semblent configurées pour détecter certaines molécules en particulier. Comme des récepteurs qui détectent (ou non) et connectent (ou non), avec des molécules compatibles (ou non). Le système vivant (la cellule), ne peut détecter (percevoir) une information de son environnement immédiat, que s'il possède le récepteur adéquat. Lorsque dans l'environnement immédiat de la cellule il y a compatibilité entre une molécule et un capteur de la membrane, celle-ci transmet un signal clair à la cellule, qui s'active alors pour remplir une fonction précise (par exemple absorber la molécule si le système informe qu'il s'agit d'un nutriment), et assurer ainsi le maintien de l'homéostasie cellulaire.

Si une protéine requise par le système vivant pour réaliser une activité cellulaire précise n'est pas disponible, le système devra alors se référer aux « archives » de la cellule, l'ADN, là où est inscrit le code génétique de la protéine qu'il faut synthétiser pour garder l'homéostasie. C'est justement, selon l'épigénétique, le rôle précis des gènes dans le fonctionnement autopoïétiques des systèmes vivants : un marqueur, le code qui permet de synthétiser une protéine. Plus encore, on sait maintenant que les protéines qui recouvrent les gènes et

⁹ « Blueprint » selon l'expression de Bruce Lipton en anglais.

¹⁰ Homéostasie : Réglage et stabilisation, chez les êtres vivants, de certaines caractéristiques physiologiques (température, pression, etc.), qui leur permet de conserver l'équilibre physiologique de l'organisme malgré des conditions extérieures contraires ou fluctuantes.

permettent l'activation de ces derniers, ne sont ni stimulées ni instruites par le noyau cellulaire, mais bien par des signaux provenant de l'extérieur de la cellule, plus précisément du couplage structurel. En fait, de très nombreuses études révèlent que c'est l'environnement (et non les gènes!) qui stimulent l'activité des nombreuses protéines autoproduite par les cellules.

Plus encore, l'environnement influence aussi l'état et l'activité du matériel génétique. Les facteurs environnementaux, comme l'alimentation, le stress ou les émotions, peuvent altérer le fonctionnement et même modifier le génome. La cellule « apprend » littéralement de son milieu, de son environnement, via les nombreux récepteurs logés sur sa membrane ; on peut penser qu'elle crée, pour autant, une forme de mémoire qu'elle peut transmettre aux cellules de sa descendance, tels les anticorps qui émergent à la suite de stimuli extérieurs et dont l'information est gardée et retransmise de la cellule mère aux cellules filles. L'évolution biologique ou « histoire cellulaire », suggère que pour survivre et s'autoreproduire, le vivant, depuis l'organisme unicellulaire jusqu'aux systèmes complexes que sont les êtres humains ou les forêts tropicales, maximise le potentiel de cette intelligence autocréée. Pour ce faire, le système vivant s'associe et se regroupe en communautés, d'abord de cellules, puis de tissus cellulaires, d'organes, d'êtres vivants, jusqu'aux écosystèmes et biotopes complexes que l'on peut observer dans la biosphère. La principale énergie, « le liant », qui permet que jaillisse et prenne forme cette vaste opération d'entraide et de communautarisme (ce que les biologistes dénomment symbiose, association bénéfique, mutualisme ou commensalisme), la pulsion vitale qui facilite la création, l'organisation et la reproduction de ces systèmes biologiques complexes, est la solidarité, la collaboration, l'empathie, bref, ce que chez les humains nous appelons la bienveillance, ou encore l'amour du prochain.

Les découvertes de Bruce Lipton, en concordance avec celles de Maturana et Varela, ont amplement démontré que la membrane cellulaire (et non le noyau), est le centre des interactions intelligentes de la cellule (prises de décisions sur les entrées et sorties d'éléments, gestion de l'activité cellulaire, etc.). Cette

communication avec l'environnement, l'arrimage entre le système vivant et son environnement vital, conforme le couplage structurel, qui permet et construit à la fois la plasticité structurelle du système. Quand le récepteur de la membrane cellulaire perçoit une molécule compatible ou « connue » qui communique avec la membrane, le système vivant produit alors une information pertinente pour le maintien de son autorégulation et de sa cohérence organique. Sa structure sera modifiée en fonction de la perturbation perçue par le couplage structurel, pendant que son homéostasie générale et son organisation seront maintenues.

En neuroscience, le même phénomène est expliqué par le concept de plasticité cérébrale ou plasticité neuronale, qui est la faculté du cerveau, lors des apprentissages, de modifier son circuit nerveux et remodeler ses réseaux de neurones en fonction de son environnement et des expériences vécues. Apprendre, pour le cerveau, signifie une modification des réseaux de connections entre neurones et non une accumulation de nouvelles connaissances dans un « disque dur », pour faire une analogie avec les ordinateurs (Assmann 2004). Cette modification neuronale et l'action qui en découle constitue la cristallisation de la connaissance (ou du savoir-faire), et permet au système vivant de continuer sa trajectoire existentielle, ou comme l'écriront Maturana et Varela, sa « dérive évolutive ».

L'évolution biologique est une évolution cognitive... et culturelle

«La identidad biológica incorpora no sólo alimento, agua, aire, - requerimientos físicos- sino hechos, experiencias e impresiones sensoriales. Todos los seres vivos, incluso las plantas y los microorganismos, perciben. Para sobrevivir, un ente orgánico tiene que percibir; debe buscar, o al menos reconocer el alimento y evitar los entornos peligrosos.»

“La mente es claramente un fenómeno evolutivo. Cientos de millones de años antes de que los entes orgánicos verbalizaran la vida, ya eran capaces de reconocerla. (...) Mente y cuerpo, percepción y vida, son procesos igualmente autorreferenciales y autorreflexivos, presentes ya en las bacterias más primitivas. La mente, igual que el cuerpo, surge de la autopoiesis.” (Margulis y Sagan 2005:32 y 45)

Ces découvertes scientifiques et d'autres encore, comme l'observation d'échange d'information (de gènes) entre individus, et même entre espèces, font dire à Lipton, après Margulis et Maturana, que la collaboration, la solidarité et la générosité sont des qualités relationnelles des systèmes vivants qui ont permis la coévolution et le foisonnement des organismes vivants.

« Imaginez une population de milliards d'individus vivant sous un même toit, dans un état de bonheur perpétuel. Une telle communauté existe : il s'agit du corps humain en bonne santé. De toute évidence les communautés cellulaires fonctionnent mieux que les communautés humaines. (...) La survie du plus généreux est la seule éthique apte à nous assurer une vie personnelle saine sur une planète saine. (...) Les plus généreux ne font pas que survivre mais s'épanouissent. » (Lipton 2006)

Il est vrai que certains primatologues ont montré que l'empathie est reliée à des zones du cerveau qui auraient plus de 100 millions d'années. L'empathie, la capacité de s'identifier à autrui, serait donc une faculté très ancienne chez les organismes vivants.

Significations de la théorie de l'autopoïèse pour les neurosciences et la pédagogie

Lorsque, en 1972, Maturana et Varela ont présenté leur théorie de l'autopoïèse pour expliquer ce qui caractérise un organisme vivant, ils ont par ce fait proposé un modèle inédit qui décrit la cognition humaine comme phénomène biologique, c'est-à-dire reliés aux processus vitaux de l'humain, et non plus comme une communication linéaire de transmission-réception et accumulation de données dans la mémoire d'une personne (ce qu'on appelle communément *enseignement*). Selon cette nouvelle épistémologie, l'émergence de la connaissance est un processus créatif autoorganisé par le système vivant (cellule, plante ou animal) et intimement lié à la dynamique même de la vie : un organisme vivant apprend pour pouvoir s'adapter à l'environnement ambiant et continuer à vivre. Comme le note Margulis et Sagan (2005), «la vie est un appareil métabolique qui non seulement reproduit mais aussi stocke frénétiquement et utilise l'information afin de résister

à la dégradation. » La connaissance est donc une propriété émergente d'un système vivant.

Avec la biologie des systèmes autopoïétiques, l'acte d'apprendre n'est plus appréhendé comme une attitude passive d'un sujet qui reçoit et emmagasine des quantités de données, telle le type d'enseignement traditionnel qui prévaut dans nos écoles, sinon comme un processus de transformation consciente de la personne apprenante, en étroite interaction avec son environnement extérieur, dans le but de croître, de se reproduire, de perpétuer sa spécificité. Il s'agit littéralement d'une stratégie de survie, puisque c'est la propre existence du système vivant qui est en jeu.

La théorie de l'autopoïèse, en concordance avec la théorie des systèmes complexes, postule que ce processus permanent de changement structurel et autorégulation de l'organisme vivant est intimement lié à la capacité du système de coapprendre et coévoluer avec son environnement immédiat, appelé « niche écologique » en jargon de l'écologie ou encore « espace vital » en parlant d'un être humain, selon la sémantique de la biocognition.

«Es preciso captar bien un punto fundamental: procesos vitales y procesos cognitivos se han vuelto prácticamente sinónimos, tanto para las biociencias como para los mentores de la "vida artificial". Esto significa adoptar una definición nueva de lo que se entiende por "vida" y también de lo que denomina "conocimiento". (...) Las consecuencias de esta revolución conceptual para la actuación pedagógica son tremendas. Donde no se propician procesos vitales, tampoco se favorecen los procesos de conocimiento. Esto es válido tanto en el plano biofísico como en la interrelación comunicativa en todos los niveles de la sociedad.» (Assmann 200:26)

L'éminent théologien, sociologue, spécialiste en communication sociale et aussi un des principaux penseurs de la théologie de la libération, le Brésilien Hugo Assmann, est peut-être le chercheur qui a le mieux expliqué les implications épistémologiques et pédagogiques des découvertes des sciences émergentes, notamment la théorie de l'autopoïèse, celle des systèmes dynamiques et aussi de la physique quantique. Le communicateur et pédagogue brésilien, dans son essai

sur le « réenchantement de l'éducation », expose magistralement comment l'appréhension d'un monde complexe et changeant (en contrepied avec les prémisses du positivisme d'une réalité extérieure objective), vient transformer profondément nos croyances sur la connaissance et l'acte d'apprendre. Assmann (2004 :105), résume ainsi comment les humains apprennent à connaître leur « réalité » :

« La connaissance n'est ni transmise par les sens, ni reçue de forme passive : elle est construite de manière active par le sujet connaissant. La fonction de la cognition est adaptative et au service de l'ensemble des expériences du sujet, et non à la découverte d'une réalité ontologique objective. » (Assmann 2002 :105-106)¹¹

Nous l'avons vu plus haut, la membrane cellulaire est le haut lieu des interactions intelligentes avec l'environnement : le couplage structurel. Chez l'humain, l'environnement immédiat avec lequel nous faisons des liens utiles pour notre propre évolution (famille, communauté culturelle), est décrit comme l'espace vital. C'est un environnement signifiant, « ce qui existe » pour une personne ou pour un groupe de personnes, sa « *réalité* », sa culture, ses croyances et idées préconçues. En d'autres mots, l'espace vital est du registre de la perception. L'espace vital humain est extrêmement diversifié : autant de manières de percevoir le monde que de croyances, préjugés, cultures et mythes fondateurs.

Le couplage avec l'environnement se situe toujours, forcément, dans un contexte précis, un environnement social donné, une culture locale. Pour les humains, la « membrane », notre perception, est ce qui nous sépare et ce qui nous relie avec l'extérieur. Ce que nous percevons et ce qui permet les échanges. C'est par notre couplage structurel avec l'environnement, notre espace vital, qu'est possible le permanent changement qualitatif de notre structure qui se réorganise au gré des multiples perturbations que nous acceptons, ou non, et qui nous permettent de continuer à vivre dans ce monde d'incertitudes. Telle la cellule, nous

¹¹ Ma traduction

sommes les artisans de cette membrane : l'être humain est créateur de sa propre réalité.

Notre culture, nos croyances, sont les filtres de notre membrane-perception qui modulent nos interactions sociales. Les croyances jouent un rôle très important comme attracteurs étranges dans le couplage humain-environnement. Par exemple, Jésus ou Allah sont des attracteurs pour certaines cultures; le « marché » et le capitalisme sont aussi de forts attracteurs pour plusieurs.

Qu'est-ce que le phénomène d'apprendre? De quelle forme l'être humain connaît-il la « réalité » qui l'entoure?

Pendant plus de trois siècles, la production de savoir «scientifique», soit la mutation d'une nouvelle connaissance en « savoir universitaire », comme le propose l'historien des sciences Thomas Kuhn, s'est accomplie principalement à travers deux processus, soit la «neutralité» ou l'effacement du sujet du discours, l'objectivisme scientifique, et l'affirmation (ou plutôt la croyance?) que ce discours objectif décrit le monde tel qu'il est réellement, le réalisme. Par définition, le discours scientifique était donc objectif, vrai et universel dans sa description de la réalité du monde naturel. L'«objet» de l'étude étant considéré comme extérieur à l'observateur. (Gaillard 1999 et Durocher 2016)

Ces nouvelles façons de décrire et concevoir la connaissance selon la biologie cognitive, sont donc le contrepied de l'épistémologie scientifique descriptive d'une réalité externe et objective. Cette vision simpliste et mécanique de l'appréhension du réel n'est plus en cohérence avec les découvertes des nouvelles sciences, physique, biologiques et neurologiques :

« D'abord parce que nous savons maintenant que le monde qui nous entoure est extrêmement complexe et nos capacités sensorielles limitées ne nous permettent pas de l'appréhender dans sa totalité. Que nos sens ne sont pas de simples fenêtres par lesquelles entrent les informations de l'extérieur; ils ont aussi un impact et influence depuis notre être vers le monde extérieur. Enfin, qu'un organisme vivant et son environnement forment un ensemble indissociable. Telle la vie qui requiert un espace vital ou niche écologique pour émerger, la connaissance nécessite une écologie cognitive. Celle-ci, une expression de Morin et Levy, traduit la multitude de relations ou interfaces cognitives entre humains, machines ou institutions qui conforment les contextes d'apprentissages. » (Assmann 2002 :106)¹²

« L'apprentissage n'est pas un amoncellement successif de choses que s'unissent peu à peu, sinon qu'il s'agit d'un réseau, d'une trame d'interactions neuronales très complexes et dynamiques, qui créent des états généraux qualitativement nouveaux dans le cerveau humain. C'est ce que j'appelle la morphogénèse de la connaissance. En ce sens, l'apprentissage consiste en une chaîne complète de sauts qualitatifs d'autoorganisation neuronale de corporalité vive, dont l'organisme individuel s'autoorganise tant qu'il se maintient en couplage structurel avec son environnement. » (Assmann 2002 :39)

¹² Ma traduction

Enaction : la « connaissance incarnée »

Au cours de ses recherches ultérieures en biocognition, Varela continue d'élaborer son épistémologie biocognitive en insistant sur le concept d'enaction, une théorie qui explique comment un système vivant construit ses propres connaissances sans recevoir d'instructions précises de l'environnement, sinon des perturbations, qui seront perçues, ou non, et susciteront, ou non, des réactions et transformations du système. Francisco Varela montre, d'un côté,

« ... que les systèmes computosymboliques ne peuvent saisir qu'une réalité « prédéfinie », qui est à l'opposé de l'autopoïèse. De l'autre, il avance que les systèmes autonomes (qui ne se réduisent pas au cerveau mais s'étendent à l'ensemble du corps) testent leurs « schèmes » internes en initiant des actions sur leur environnement : les réactions de celui-ci vont alors participer à la sélection et au développement des schèmes les plus utiles au maintien de l'identité et de la survie de ces systèmes. C'est l'idée d'enaction : d'une part, le système « enacte », « fait émerger » ou « institue » son environnement à partir de schèmes qui lui sont propres et qui résultent de son organisation interne; d'autre part, le système « s'enacte » lui-même à partir des réactions de cet environnement aux actions issues de ses schèmes. Dans ces conditions, le système autonome ne procède pas par « représentations » de son environnement extérieur, mais développe des « manières d'être » qui résultent de ce mode de couplage avec celui-ci. (...) Le modèle varélien place l'enaction au cœur du couplage « organisme-environnement » : l'organisme « enacte » ou « incorpore » son environnement à partir des schèmes qui lui sont propres. En même temps qu'il « s'enacte » en fonction des réactions de celui-ci. » (Courtial 2009 :150)

Effectivement, selon la théorie du bioapprentissage, l'information n'est pas préétablie : elle émerge du système. L'innovation de l'épistémologie biocognitive repose justement sur l'idée que c'est le système vivant (la personne, l'arbre, la bactérie) qui crée sa propre réalité. L'activité vitale, et donc cognitive, est centrale pour faire émerger la connaissance, c'est pourquoi l'« action », dans le sens de « vivre » est un moteur créateur de connaissances. L'expérience de la relation humaine, du vivre-ensemble comme source d'apprentissages, est l'essence de la biocognition, d'où l'expression de Varela de « connaissance incarnée ». Le couplage structurel humain-environnement, la membrane des interactions intelligentes

entre le monde extérieur et nous, est une véritable pépinière pour l'activité biocognitive, de laquelle foisonnent les expériences d'apprentissages. Une diversité d'expériences relationnelles qui représente un terrain fertile pour la morphogénèse de la connaissance.

Intimement relié à notre culture et à nos croyances (qui sont nos attracteurs), le couplage structurel humain-environnement est un environnement signifiant pour nous-même. Grâce aux filtres de notre perception, nous créons des liens stratégiques avec notre espace vital, c'est-à-dire avec ce qui existe et résonne pour nous, pour nos valeurs et pour notre propre coévolution : des liens qui permettent de poursuivre notre trajectoire de vie. Mais ce couplage possède aussi une dimension quasi « inconsciente », surtout lorsque nous évoluons à l'intérieur de notre propre culture. Lorsque nous voyageons ou que nous sommes immergés dans une culture ou un pays étranger, nous devenons plus « en alerte » ou sur le qui-vive, mais notre perception et nos préjugés restent tout de même ancrés à nos croyances profondes, à moins que l'expérience nouvelle soit assez intense, « déstabilisante » et soutenue, pour en venir à transformer nos croyances profondes...

« Toute expérience cognitive implique personnellement celui qui connaît, enracinée dans sa structure biologique. (...) Ce que nous prenons pour une simple appréhension de quelque chose porte la marque indélébile de notre propre structure. Notre expérience est profondément ancrée dans notre structure. Nous ne voyons pas « l'espace » du monde : nous vivons notre champ de vision. Il nous est impossible de séparer l'histoire de nos actions –biologiques et sociales- de la façon dont ce monde nous apparaît. » (Maturana et Varela 1994)

En fait, si l'adage populaire affirme qu'«il faut voir pour croire», l'épistémologie biocognitive prétend presque le contraire : «on ne peut voir que ce que l'on croit», ou encore, « il faut savoir pour voir! » La culture et les croyances sont indissociables de notre perception et de notre cognition. C'est pourquoi, dans le cadre d'une recherche portant sur la prise en compte de la culture dans l'épistémologie biocognitive comme approche thérapeutique pour appréhender des problématiques de la santé, Martinez (2001)

« ... place la notion d'enaction à l'intérieur de la sphère plus large de la culture. Selon lui, le couplage structurel avec l'environnement se situe à l'intérieur d'un contexte culturel qui « modèle » le système de croyances du sujet à l'égard de sa maladie, de sorte que ce système de croyances peut avoir un impact biologique. » (Courtial 2009 :150)

L'environnement culturel et les croyances sont des formes prégnantes de l'activité cognitive, ou biocognitive. Dans cette perspective, le concept d'objectivité est non pertinent. C'est dire combien la biocognition signifie toute une révolution pour l'épistémologie scientifique. Un véritable changement de paradigme pour appréhender le monde. Comme le souligne à ses étudiants le professeur Jean-Paul Gaillard (1999), psychanalyste et formateur en approche systémique et éducation spécialisée,

« la caractéristique auto-informationnelle du vivant implique une critique radicale de la prétention à l'objectivité, c'est-à-dire du pouvoir d'un observateur à se prétendre extérieur au système qu'il observe et décrit. (...) Je n'observe que les mondes que mon organisme (organisation et structure) peut construire, à partir des perturbations significatives pour lui, et ce que j'observe en fait, ce n'est jamais autre chose qu'une interaction entre moi et un autre. »¹³

Pour Assmann, le pédagogue philosophe, ce constat de l'impossibilité d'une réalité objective et universelle et la compréhension que nous vivons dans les sociétés que nous-mêmes faisons émerger par notre pouvoir créateur, sont porteurs d'espérance pour qui critique les inégalités et injustices de ce monde et aspire à créer des sociétés plus justes, inclusives et écologiques. L'auteur, partageant sa posture éthico-politique, propose la création d'une épistémologie inclusive, c'est-à-dire un champ sémantique qui favoriserait l'occurrence d'une diversité d'expériences d'apprentissages d'où émergeraient éventuellement de nouveaux champs de sens plus inclusifs qui permettent de construire des sociétés plus ouvertes aux réalités diverses :

«La *Pedagogía* se mueve en el plano de la creación de *campos semánticos* y, por tanto, de construcciones de *realidades*. La realidad

¹³ Il ajoute aussi, un peu déçu, que ces constats si importants pour la psychologie et la pédagogie ne proviennent pas de la recherche en psychologie, mais bien de chercheurs en physique quantique et en biologie cellulaire.

no es algo que está ahí, a mano, preparada para ser atrapada y desmenuzada. Eso es positivismo empirista. Otra grave equivocación consiste en pensar que los *campos de sentido* se constituyen de forma primordialmente racional. (...) los procesos vitales y cognitivos se producen de forma procesal y autoorganizativa. La tarea de la Pedagogía es de propiciar *ecologías cognitivas* para que las experiencias de aprendizajes acontezcan de tal modo que estén abiertas al máximo de interfaces posibles con los más variados *campos de sentido*.» (Assmann 2002:104)

«Aprender es construir mundos donde todos tengan sitio, mundos donde quepan otros mundos, campos semánticos que tengan interfaces con otros campos de sentido» (Assmann 2002:106)

L'épistémologie biocognitive et le modèle de Francisco Varela pour expliquer l'émergence de la connaissance et la transformation du vivant

« L'enaction considère

1. que la pensée humaine s'étend au-delà du cerveau, incluant le corps et l'environnement du corps au-delà de ses frontières physiologiques;
2. que la cognition humaine émerge à la suite de processus d'autoorganisation qui relient le cerveau, le corps et l'environnement par des boucles de causalités réciproques; en complément d'une causalité ascendante¹⁴ émanant de l'activité neurale et somatique, existe une causalité neurale et somatique descendante¹⁵, à partir de la personne comme agent actif et conscient, liée aux processus dits symboliques;
3. que la pensée humaine n'émerge pas de façon isolée mais, dans la mesure où les frontières du corps sont ouvertes, notamment au niveau social, est incorporée dans un contexte interpersonnel. Le soi et l'autre se créent simultanément à de multiples niveaux. » (Courtial 2009 :150)

La théorie du bioapprentissage ou épistémologie biocognitive est complexe. S'y conjuguent les concepts de perception, la théorie des systèmes dynamiques et celle de l'autopoïèse. Le « couplage structurel », quasi synonyme de « perception »

¹⁴ Causalité ascendante: du corps et de son environnement spatio-temporel vers l'esprit.

¹⁵ Causalité descendante: de l'esprit, vers le corps et son environnement.

et l'incessante interaction intelligente entre un organisme et son environnement est une stratégie cognitive. Enfin, l'activité cognitive n'est pas circonscrite au cerveau, mais s'étend à tout le corps. Nous apprenons avec notre corporalité entière, notre incarnation : corps, esprit, émotions. L'apprentissage est un élargissement du champ de conscience qui permet une relation plus harmonieuse avec l'espace vital, l'environnement. C'est pourquoi l'apprentissage est toujours une stratégie de survie plus ou moins complexe. Une stratégie qui s'établit avant tout à partir de nos structures psychosociales internes. Lorsque, selon mes filtres culturels et mes croyances (des attracteurs), je réagis à certains éléments de mon environnement immédiat, je me transforme. Et les réseaux de mes réactions émotionnelles seront aussi transformés : biologiquement, mentalement, psychologiquement et spirituellement.

Le sociologue Jean-Pierre Courtial, qui effectue des recherches cliniques en sciences cognitives sur une procédure thérapeutique fondée sur le modèle biocognitif, observe au niveau de l'organisation et réseautage des cellules neuronales, que « conscience et connaissance sont fondées sur des couplages analogiques et des formes de complexité croissante. » (Courtial 2009 :156). Il conclue son article ainsi :

« Selon le modèle biocognitif, 1. La construction du soi résulte de couplages d'éléments biologiques, cognitifs et culturels qui s'organisent en réseau énergétique et fractal, dont les formes peuvent se décliner à ces différents niveaux, tout en reliant le présent au passé; 2. La conscience de soi et la connaissance des autres résultent d'un processus de co-émergence de formes communes à ces différents niveaux; 3. La connaissance du monde procède de cette empathie généralisée, foncièrement atemporelle, acausale et analogique. » (Courtial 2009 :157)

Ma recherche, bien que d'un autre registre, portent aussi sur le modèle biocognitif appliqué à des systèmes vivants complexes. C'est pourquoi je postule que la théorie de l'autopoïèse et l'épistémologie biocognitive expliquent aussi comment l'émergence des peuples et des paysages comestibles résulte d'une coévolution bioculturelle intelligente et bienveillante.

Les agroécosystèmes sont des émergences autopoïétiques

Dans les prochains chapitres je démontrerai, par une approche historique, mais aussi par l'étude de la dynamique autopoïétique d'une communauté de paysans et paysannes mayas du Guatemala, que les jardins-vergers et les champs de cultures vivrières sont de complexes systèmes autopoïétiques : des paysages comestibles qui reflètent une longue histoire interactive entre plantes et humains. Une coévolution bioculturelle riche en émergences, en particulier celles d'innombrables connaissances et savoir-faire reliés à la biodiversité végétale que possèdent les femmes autochtones.

Le modèle biocognitif explique comment un organisme et son environnement possèdent une histoire commune. Tout en se transformant peu à peu et mutuellement, chaque composante du couplage structurel agricultrice-jardin, « se conserve » (littéralement « reste en vie ») et se reproduit au contact bienveillant du vivre-ensemble; une bienveillance collaborative qui s'observe, d'une part, dans les bons soins que prodiguent les agricultrices aux plantes (connaissances, intelligence et savoir-faire des femmes autochtones), et, d'autre part, dans les aliments et fruits de la biodiversité (connaissances et intelligence de la vie végétale), qui foisonnent dans les jardins-vergers complexes.

Ainsi, l'agricultrice qui sème du maïs dans son champ, assure sa survie et celle des êtres aimés. Avec l'aide de son compagnon de vie, elle a transformé la parcelle de forêt en champ de cultures; la récolte de maïs et de légumes permettra de la nourrir, de construire son corps et de la garder en vie. Grâce à ses savoirs et à son savoir-faire, cette femme cultive des aliments, se nourrie, assure sa survie et celle de sa famille, mais aussi celle de la diversité des semences de maïs et des plantes alimentaires, tout en créant des paysages agraires dans l'environnement de sa communauté. La création, conservation et reproduction des agroécosystèmes est donc la propriété émergente d'une longue coévolution entre humains, sols et plantes nourricières. Reflétées dans la diversité et complexité des paysages, les nombreuses connaissances des organismes vivants (peuples et agroécosystèmes), émergent d'une histoire biocognitive réciproque, cette

coévolution bioculturelle humain-plante dans la collaboration et la bienveillance mutuelle.

Courtial (2009 :151) souligne que Bateson (1971), éminent chercheur étatsunien en épistémologie et psychologie, décrit l'acte d'abattre un arbre comme un système en boucle réursive « arbre-œil-cerveau-bras-hache-arbre », à la différence de la conception occidentale qui tend à les séparer en « gommant le fait que c'est l'entaille dans le bois qui informe l'œil qui guide le mouvement du bras qui tient la hache. » Pour paraphraser Bateson, je dirai que de la boucle évolutive « sol-œil-cerveau-main-savoir-faire-semences-environnement » émergent des paysages agroforestiers qui sont des systèmes biocognitifs complexes, soit des systèmes autopoïétiques.

L'interaction intime (semer, planter, favoriser une espèce et inhiber une autre), entre l'humain et son espace vital (le sol, la forêt), qui est un dialogue interactif entre la forêt et la communauté, permet le changement, la transformation de la forêt, telle une boucle évolutive du couplage structurel « évolution-adaptation-transformation-réadaptation ». L'émergence des jardins-vergers et autres paysages agroforestiers, comme organismes vivants complexes et dynamiques est reliée aux perturbations interactives et spatio-temporelles des pratiques agroforestières d'une communauté. Le système de gouvernance territorial d'une région donnée, apparaît, selon la théorie biocognitive, comme la membrane de la cellule, c'est-à-dire un important espace social d'échanges, de communications et de multiples boucles réursives qui conforment le couplage structurel communauté-forêt. Les savoirs agroforestiers émergent donc du mode d'aménagement et de gestion des territoires d'un lieu précis, d'un terroir.

La diversité spécifique et génétique des semences de maïs, et la diversité culturelle des communautés autochtones mésoaméricaines qui les cultivent ne sont pas fortuites. Il s'agit d'une réelle coévolution bioculturelle échelonnée sur des millénaires, pendant laquelle les premières agricultrices ont sélectionné, amélioré, mangé, partagé et reproduit une plante « naturelle » à l'origine beaucoup moins généreuse et nutritive que les variétés que l'on peut admirer aujourd'hui sur

les marchés mexicains ou guatémaltèques. Au fil du temps, plantes et humains ont appris l'un de l'autre, se sont mutuellement transformés, et continuent de le faire, de manière autonome mais en interaction permanente grâce à la sélection des semences, aux cycles des cultures, à l'alimentation des peuples mayas. Le maïs, depuis son ancêtre téosinte, s'est véritablement transformé, diversifié et multiplié. En échange, les peuples autochtones, à leur tour, ont grandi, se sont diversifiés, ont développé leurs connaissances, sciences, arts, c'est-à-dire leur culture bien enracinée dans l'espace vital de leur territoire, tout en partageant une spiritualité cosmogonique où les humains sont, humblement, une espèce animale de plus dans l'écosystème terrestre.

Les peuples de différentes cultures, pour des éléments liés à leur environnement, à leurs croyances et à leurs préférences culinaires (indissociables de leurs besoins vitaux de s'alimenter), ont créé avec leur espace vital une trajectoire historique, où plantes et humains se sont transformés et autocréés mutuellement. De ces boucles récursives plante-humain émergent les paysages et les peuples qui les ont cocréés et les habitent.

La forêt, espace vital de l'humain, co-évolue avec les peuples qui l'habitent. Selon la théorie de la biocognition, ce qui apprend n'est pas seulement l'être humain mais bien le système humain-espace vital qui évolue. Forêts et peuples sont le résultat d'un co-apprentissage, d'une coévolution. La forêt, au contact des peuples qui connaissent et utilisent avec bienveillance ses ressources, se transforme aussi selon les récoltes, collectes, chasse, plantations d'arbres et élagages d'autres espèces, effectués par les populations locales et autochtones. Le visage actuel d'une forêt est le résultat de longs processus de coévolution bioculturelle. Comme tous les systèmes dynamiques, la forêt a une histoire. Et celle-ci est intimement liée aux animaux qui y vivent, humains inclus.

C'est le couplage structurel humain-forêt qui permet des interactions constantes entre les deux. Des interactions qui se modulent au gré des perturbations que provoquent l'agricultrice sur le milieu forestier, tout comme la forêt exerce aussi certaines perturbations sur cette femme. Comme une boucle

récursive et évolutive, l'agricultrice, selon sa perception de la forêt (ses outils, son savoir-faire, sa culture et ses connaissances), agit sur celle-ci; la forêt, à son tour, réagit à certaines actions ou pratiques culturelles de l'agricultrice (planter une espèce, favoriser une autre, récolter des semences, etc.). Ainsi, au fil du temps, la forêt se transforme (c'est-à-dire qu'elle apprend et s'adapte, comme tout organisme vivant).

Apprendre c'est aussi changer l'environnement. Dès lors, la transformation dans la « co-vivance », dans le vivre-ensemble, ça vaut aussi pour le couplage forêt-humain. Si « connaissance » est synonyme de « organisation dynamique du système » ou encore de « complexité », les paysages agroforestiers complexes sont des émergences qui surgissent du couplage intelligent humains-plantes; la manifestation esthétique des connaissances de l'organisme humain et de l'organisme forêt.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Achuthan, Nair, M. et Sreedharan, C. (1986). « Agroforestry farming systems in the homesteads of Kerala, Southern India ». *Agroforestry System* 4: 339-363.
- Assmann, Hugo (2002). *Placer y ternura en la educación. Hacia una sociedad aprendiente*. Ed. Narcea, Madrid.
- Bahuchet, Serge y Betsch Jean-Marie (2012). « L'agriculture itinérante sur brûlis, une menace sur la forêt tropicale humide? » *Revue d'ethnoécologie* [en internet] No 1. Ed. Laboratoire Éco-anthropologie et Ethnobiologie. <http://ethnoécologie.revue.org/768>
- Balée, William y Erickson, Clark. (2006). *Time and Complexity in Historical Ecology. Studies in the Neotropical Lowlands*. Columbia University Press, New York.
- Barrau, Jacques. (1984). *Les hommes et les forêts tropicales d'Afrique et d'Amérique*. CNRS Paris.
- Baring, A. et Cashford, J. (1991). *The Myth of the Goddess. Evolution of an image*. Viking, England.
- Barry, H. III, y Schlegel, A. (1982). "Cross-Cultural Codes on Contributions by Women Subsistence". *Ethnology* 21:165-188.
- Bateson, Gregory (1979). *La nature et la pensée*. Le Seuil.
- Bateson, Gregory. (1993). *La unidad sagrada. Pasos hacia una ecología de la mente* ed. Gedisa, Barcelona
- Berg, T. (1992). *Indigenous knowledge and plant breeding in Tigray*, Ethiopia. Centre for International Agricultural Development, Agricultural University of Norway, FORUM for Development Studies No. 1, 1992, pp. 13-22
- Boff, Leonardo. 2002 (1996 1ère éd.) *Ecología: grito de la tierra, grito de los pobres*. Ed. Trotta, Madrid.
- Bolger, Diane (2010). "The Dynamic of Gender in Early Agricultural Societies of the Near East." in *Sign Journal of Women in Culture and Society*. Vol. 35 No. 2, pp. 503-531.
- Boserup, Ester (1970). *Woman's Role in Economic Development*. Allen and Unwin, London.
- Boster, J.S. (1985). "Selection for perceptual distinctiveness: evidence from Aguaruna cultivars of *Manihot esculenta*". *Economic Botany* 39(3):310-325 Boulanger, Olivier (2006). « Empreintes préhistoriques: histoires de sexe à Bornéo ». dans *Science Actualités* Janvier.
- Briggs, J. y Peat, D. (1999). *Las siete leyes del caos*. Grijalbo Ed. Barcelona.
- Camacho Nassar, Carlos et Berti, Narciso (2017). *Entre violencias y esperanzas. Ensayo sobre el exilio, el refugio y el retorno de los refugiados de Guatemala*. Ediciones Youcanprint, Italia.
- Campbell, D.G., Ford, A., Lowell, K., Walker, J., Lake, J.K., Ocampo-Reyder, C., Townesmith, A. (2010) « Biodiversity conservation in human modified landscape of Mesoamerica: Past, present and future ». *Biological Conservation*.

Cauvin, Jacques (1994). *Naissance des divinités, naissance de l'agriculture*. Ed. du CNRS, coll. Empreintes. 304p.

Cauvin, Jacques (1985). « La question du « matriarcat préhistorique » et le rôle de la femme dans la préhistoire. » In: *La femme dans le monde méditerranéen*. I. Antiquité. Lyon : Maison de l'Orient et de la Méditerranée Jean Pouilloux 18 (Travaux de la Maison de l'Orient, 10); http://www.persee.fr/doc/mom_0766-0510_1985_sem_10_1_2026 (Document généré le 27/04/2017)

Childe, Gordon, V. (1954). *Los orígenes de la civilización*. Fondo de Cultura Economica, México.

Classen, Cheryl (1994). (Ed). *Women in Archeology*. Univ of Pennsylvania Press

Clement, C.R., Denevan, W. M. Heckenberger, M. J., Braga Junqueira, A. B., Neves, E.G., Texeira, W.G. et Woods, W.I. (2015), « The domestication of Amazonia before Europeans conquest ». *Proceeding Royal Society B* No. 282.

Conklin, H.C. 1955. *The Relation of Huanunoo Culture to the Plant World*. PhD Dissertation Yale University.

Cohen, Claudine (2003). *La femme des origines : Images des femmes dans la préhistoire occidentale*. Ed. Herscher, Paris.

Cohen, Claudine (2016). *Femmes de la préhistoire*. Ed. Belin, Paris.

Coppens, Yves (Comp.) (2015). *Devenir Humains*. Ed. Autrement, collection Manifeste, Paris.

Courtial, Jean-Pierre (2009). « Conscience et connaissance par couplage biocognitif ». *Bulletin et Psychologie* Tome 62 (2) No 500

Delâge, Denys (1991). *Le pays renversé. Amérindiens et Européens en Amérique du Nord-Est (1600-1664)* Ed. du Boréal, Bibliothèque nationale du Québec.

Delcourt, François (2016). « Les systèmes complexes et le vivant ». <http://osteosciences.over-blog.com/2016/06/les-systemes-complexes-et-le-vivant.html>

Descola, Philippe (2005). *Par-delà nature et culture*. Ed. Gallimard, Paris.

Dubuc, Bruno (2017). « L'expérience subjective sous la loupe des sciences cognitives : l'approche enactive de Francisco Varela. » Conférence Séminaire « Approche du travail créateur » UQAM.

Durocher, Bettina (2002). *Los dos derechos de la tierra: la cuestión agraria en el país ixil*. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO) Guatemala.

Durocher, Bettina (2004). *Las mujeres rurales retornadas y el acceso a la propiedad de la tierra en Guatemala*. Tesis Postgrado Especialización Estudios de Género Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades de la Universidad Autónoma de México/Fundación Guatemala.

Durocher, Bettina (2014). *Mitos tropicales y bosques culturales*. Informe de investigación para Pan para el Mundo, Costa Rica

- Durocher, B. et al (2015). Sentir y vivir la complejidad de la diversidad cultural (coautora). Thèse de groupe, Doctorado en Educación y Mediación Pedagógica, Universidad de La Salle, Costa Rica.
- Durocher, B. et al (2016). *Los pueblos indígenas de Centroamérica frente al cambio climático*. Observatorio de Derechos Indígenas y Cambio Climático, Costa Rica.
- Durocher, B. (2017). Pueblos Indígenas, conservación de la biodiversidad y resiliencia climática en el marco jurídico internacional y las cumbres de Naciones Unidas sobre cambio climático Observatorio de Derechos Indígenas y Cambio Climático, Costa Rica.
- Durocher, B. (2016). Les peuples autochtones à la conférence de Paris sur les changements climatiques. Dans : *Regard sur l'Agriculture*, France.
- Durocher, B. (2016). *Propedéutico en educación*. Universidad De La Salle, Costa Rica.
- Eisler, Riane (1987). *El cáliz y la espada: Nuestra historia, nuestro futuro*. Harper Collins, San Francisco.
- Ellen, Roy (1999). "Forest knowledge, forest transformation: political contingency, historical ecology and the renegotiation of nature in Central Seram" dans: *Transforming the Indonesian Uplands: Marginality, Power and Production* (Dir. Murray Li, T.), Harwood Academic Publisher, Canada.
- El Zaatari, S., Grine, F.E., Ungar, P.S., Hublin, J.-J. (2011). Ecogeographic variation in Neanderthal dietary habits: « Evidence from occlusal molar microwear texture analysis », *Journal of Human Evolution*, 61(4), pp.411-424
- Fernandes, E.C.M. & Nair, P.K.R. (1986). « An Evaluation of the Structure and Function of Tropical Homegardens ». *Agricultural Systems* (21) p. 279-310.
- Ford, A. (2008). « Dominant plants of the Maya Forest and gardens of El Pilar : implications for paleoenvironmental reconstructions ». *Journal of Ethnobiology*. Vol. No.2 pp.179-199.
- Gaillard, Jean-Paul (1999). « Un modèle général du fonctionnement du vivant: le modèle autopoïétique ». Cours de psychologie (1999-2007) Université de Savoie. <https://www.gaillard-systemique.com/autopoiese-varela>
- Garcia Chueca, E. (2014). "Aprender del Sur. El pensamiento de Boaventura de Sousa Santos en la transición paradigmática". *Alice Working Paper* no1. Universidade de Coimbra.
- Gero, J.M. and Conkey, M.W. (1991). "Tensions, Pluralities and Engendering Archeology: An Introduction to Women and Prehistory" dans *Engendering Archeology. Women and Prehistory* (Gero & Conkey Ed.) Blackwell, Oxford.
- Gimbutas, Marija. (1991). *The Civilization of the Goddess*. Ed. Joan Marler. San Francisco: Harper
- González Marcen, Paloma et Picazo Gurina, Marina (2005). "Arqueología de la vida cotidiana" en *Arqueología y género* de Margarita Sánchez Romero (Coord.) pp.145-146
- González Marcen, P., Montón Subías, S. et Picazo, M. (2008). « Towards an archaeology of maintenance activities » dans Montón Subías et M. Sánchez Romero (eds.): *Engendering social dynamics: the archaeology of maintenance activities*. BAR International Series 1862. Oxford. p. 3-8

- Go, Nicolas (2007). « Anthropologie de la complexité en éducation: Épistémologie et politique » Les Actes de lecture no 97. Communication présentée au Congrès de l'Association Française pour la Lecture, mars 2007.
- Grosfoguel, Ramón (2006). "Les implications des altérités épistémiques dans la redéfinition du capitalisme global. Transmodernité, pensée frontalière et colonialité globale." *Cairn, revue Multitudes*. No 26 pp.51-74.
- Grosfoguel, Ramón et Cohen, Jim (2012). « Un dialogue décolonial sur les savoirs critiques entre Frantz Fanon et Boaventura de Sousa Santos » *Mouvements* 2012/4 (no 72), p.42 à 53.
- Hager, Lori (ed.) (1997). *Women in Human Evolution*. Routledge, New York.
- Harding, Sandra (1996). *Ciencia y feminismo*. Ed. Morata S.L. Madrid.
- Harding, Sandra (1998). *Is Science Multi-Cultural? Postcolonialism, Feminism and Epistemologies*. Bloomington, Indiana University Press
- Harris, Olivia y Young Kate (Comp.) *Antropología y feminismo* (1979) Barcelona, Ed. Anagrama.
- Heckenberger, M. J., Russell, J.C., Toney, J.R. and Schmidt, M.J. (2007). "Legacy of cultural landscapes in the Brazilian Amazon: implications for biodiversity". *Philosophical Transactions of the Royal Society, Biological Sciences*. Vol.362 (no1478), pp.97-208.
- Howard Borjas, P. L. y Cuijpers, W. 2013. "Gender and the management and conservation of plant biodiversity" *Research Gate*. <https://www.researchgate.net/publication/40792278>
- Howard Borjas, P. L y Nabanoga, G. (2005). "Are There Customary Rights to Plants? An Inquiry among the Baganda (Uganda) with Special Attention to Gender". *Collective Action and Property Rights*.(CAPRI) Working Paper #44
- Kawamoto Hideo (2011) « L'autopoïèse et l'individu en train de se faire » *Revue philosophique de la France et de l'étranger* tome 136 p. 347-363.
- Lee, R.B. y de Voore, S.L. (Eds.) (1968). *Man the Hunter*. Eds. Aldine Editorials, Chicago.
- Lévi-Strauss, C. 1962. *La pensée sauvage*, Ed. Plon, Paris.
- Levis, C. et al (2018). "How people domesticated Amazonian forests." *Frontiers in ecology and evolution*. Vol.5.
- Linton Slocum, Sally (1975). "Women the Gatherer: male bias in Anthropology". from Reiter, Rayna R. *Toward an anthropology of women* pp.36-50, New York: Monthly Review
- Linton Slocum, Sally (1979). "La mujer recolectora: sesgos machistas en antropología" en *Antropología y feminismo*, Barcelona Ed. Anagrama, pp. 35-46.
- Lipton, Bruce (2006). *La biologie des croyances*. Ed. Ariane, Montréal.
- Lori D. Hager (1997). "Sex and Gender in Paleoanthropology" in *Women in Human Evolution* (Hager ed.) Routledge London and, Patrick Simon, New York
- Luste Boulbina, Seloua (2013) « La décolonisation des savoirs et ses théories voyageuses » *Rue Descartes*. no 78 pp. 19-33. <http://www.cairn.info/revue-rue-descartes-2013-2-page-19.htm>

Margulis, L. et Sagan, D. (1996). *Qué es la vida?* Tusquet.

Martínez Pulido Carolina (2015) "Las recolectoras: Es que solo han evolucionado los hombres?" en *Mujeres con Ciencia* <http://mujeresconciencia.com/2015/04/06/las-recolectoras-es-que-solo-ha-nevolucionado-los-hombres/>

Maturana, Humberto. (2002). *Transformación en la convivencia*. Dolmen Ed. Santiago de Chile.

Maturana, H. et Varela, F. (1994). *L'arbre de la connaissance. Racines biologiques de la compréhension humaine*. Addison Wesley France.

Mazoyer, M. y Roudart, L. 2002. *Histoires des agricultures du monde, du néolithique à la crise contemporaine* (2^{ème} éd.) Édition du Seuil, Paris.

Michon, Geneviève, Bompard, P., Hecketsweiler et Ducatillon, C. (1983). « Tropical Forest architectural analysis as applied to agroforests in the humid tropics: The example of traditional village-agroforests in West Java ». *Agroforestry System* 1 :117-129.

Michon, G., Mary, F. et Bompard, J. (1986). « Multistoried agroforestry garden system in Sumatra, Indonesia ». *Agroforestry System* 4 : 315-338

Michon, G. (2000). « Cultiver la forêt: silva, ager ou hortus ? » dans: *L'homme et la forêt tropicale* (Dir. Nicole Vernazza-Licht). Travaux de la Société d'Écologie humaine CNRS-Université de la Méditerranée, Marseille.

Michon, G. (2003). « Ma forêt, ta forêt, leur forêt : perceptions et enjeux autour de l'espace forestier. » *Bois et Forêts des Tropiques* No 278 (4).

Michon, G., de Foresta, H. Levang, P. y Verdeaux, F. (2007). "Domestic forests: A New Paradigm for Integrating Local Communities Forestry into Tropical Forest Science". *Publication IRD*, Montpellier, France.

Mignolo, Walter (2010). *Desobediencia epistémica; retórica de la modernidad, lógica de la colonialidad y gramática de la descolonialidad*. Ed. Del Signo, Buenos Aires.

Morán, Emilio, F. (1993). *La ecología humana de los pueblos de la Amazonia* Fondo de Cultura Económica.

Morin, Edgar (2017). *Connaissance ignorance mystère* Ed. Fayard France.

Morin, E. (1999). *La tête bien faite*. Ed. Seuil, Paris.

Morin, E. (1999). *Les sept savoirs nécessaires à l'éducation du futur*. UNESCO, Paris.

Moscovici, S. 1988. *La Machine à faire des dieux : sociologie et psychologie*. Paris, Fayard.

Neves, E. (2007). "El formativo que nunca terminó la larga historia de estabilidad. En las ocupaciones humanas de la amazonia central". *Boletín de arqueología* PUCP No. 11 pp. 117-142.

Nieto Gómez, L.E., Valencia Trujillo, F.L., Giraldo Díaz, R. (2013). "Bases pluri-epistemológicas de los estudios en agroecología". *Entramado* vol. 9 no.1.

- Niñez, Vera K. (1984). "Household gardens: Theoretical considerations on an old survival strategy." *Potatoes in Food Systems Research Series Report No.1* International Potato Center (CIP).
- Niñez, Vera K. (1986). "El huerto casero: ¿un salvavidas? Cérès No. 112. Pp.31-36.
- Patou-Mathis, Marilène (2015). "La conquête de l'humain" dans *Devenir Humains*. (Coppens, Y. Comp.) Ed. Autrement, collection Manifeste, Paris.
- Patou-Mathis, Marilène (2012). « De la paléontologie du XIX^{ème} siècle à l'archéozoologie du XX^{ème} siècle », *Les nouvelles de l'archéologie* [En ligne], 129 | 2012, mis en ligne le 30 octobre 2015, consulté le 12 juin 2018. URL: <http://journals.openedition.org/nda/1836;DOI:10.4000/nda.1836>
- Perkins Sid (2017). "Neanderthals ate woolly rhino and mushrooms, may have use pain killer and antibiotics." *Science Magazine* 8 march 2017
- Pichot, André (2015) "Se connaître et s'inventer" dans *Devenir Humains*. (Coppens, Y. Comp.) Ed. Autrement, collection Manifeste, Paris.
- Picoche, Jacqueline (1994). « Intérêt et ses dérivés au croisement de divers réseaux lexico-sémantiques. Langue française, le lexique : construire l'interprétation » [« Lire en ligne » \[archive\]](#), sur persée.fr (consulté le 25 janvier 2019)
- Pschorn-Strauss, E. (2016). "La soberanía alimentaria en África: valorar a las mujeres y las semillas que producen" en: *Conservar las semillas entre las manos de los pueblos*. Edición 08. Observatorio del Derecho a la Alimentación y a la Nutrición.
- Reiter R., Rayna (ed.) (1975). *Toward an Anthropology of Women*. Monthly Review Press. New York and London.
- Ross, Nanci J, (2011). "Modern tree-species composition reflects ancient Mayas "forest gardens" in northwest Belize". *Ecological Application* Vol. 21, No.1 pp.75-84.
- Ross, Nanci J. et Rangel Thiago, F. (2011). "Ancient Mayas Agroforestry Echoing through Spatial Relationship in the Extant NW Belize." *Biotrópica* Vol 43, No. 2 pp.141-148.
- Roué, Marie 2012. « Histoire et épistémologie des savoirs locaux et autochtones » *Revue d'ethnoécologie*. [www.http://ethnoecologie.revues.org/813](http://ethnoecologie.revues.org/813) : [DOI:10.4000/ethnoecologie.813](https://doi.org/10.4000/ethnoecologie.813)
- Roué, M. et Nakashima, Douglas (2002). « Des savoirs traditionnels pour évaluer les impacts environnementaux du développement moderne et occidental. *Cairn*. Info ERES.
- Sánchez Romero, Margarita (2005). *Arqueología y Género* (Ed.) Universidad de Granada.
- Sánchez Romero, Margarita (2005). "Cultura material y actitudes de género: el utillaje lítico tallado" en *Arqueología y Género* pp. 219-243.
- Santos, Boaventura de Sousa (2003). *Crítica de la razón indolente. Contra el desperdicio de la experiencia*. Desclé de Brouwer, Bilbao.
- Santos, Boaventura de Sousa (2010). *Descolonizar el saber, reinventar el poder*. Ed. Trilce, Montevideo. Latinoamericana No 54 pp. 17-39.

- Santos, Boaventura de Sousa (2011). "Épistémologies du Sud". *Études Rurales*. No.187, p.21-49.
- Santos, Boaventura de Sousa, Nunes, Joao Arriscado and María Paula Meneses (2008). "Opening up the Canon of Knowledge and Recognition of Difference." in *Another Knowledge is Possible Beyond Northern Epistemologies*. Verso, London.
- Seloua Luste, Boulbina (2013). "La décolonisation des savoirs et ses théories voyageuses", *Rue Descartes* 2013/2 (no 78), p. 19-33.
- Sheldrake, Rupert (1994). *El renacimiento de la naturaleza. El resurgimiento de la ciencia y de Dios*. Ed. Paidós, Buenos Aires.
- Shiva, Vandana (2007). "Biodiversity, Intellectual Property Rights and Globalization" in *Another Knowledge is Possible* (Santos ed) pp. 272-287
- Slocum, Sally (1975). "Woman the Gatherer: Male Bias in Anthropology" dans *Toward an Anthropology of Women*. Reiter R. Rayna (ed.) Monthly Review Press. New York and London.
- Sussman, Robert W. (1999). "The Myth of Man the Hunter-Man the Killer and the Evolution of Human Morality" dans *Zygon*, Vol 34 (3) pp.453-471.
- Tanner, Nancy et Zihlman, Adrienne (1976). "Women in Evolution. Part I: Innovation and Selection in Human Origins". *Signs* Vol.1 No.3 (Spring 1976), pp. 585-608.
- Varela, Francisco et Maturana, Humberto (1994), *De máquinas y seres vivos: autopoiesis, la organización de lo vivo*. Editorial Universitaria, Santiago de Chile.
- Varela, Francisco, Maturana, H. et Uribe, R. (1973). "Autopoiesis: The Organization of Living Systems. Its Characterization and a Model" in *Currents in Modern Biology*. 5 (4): 187-196.
- Varela, F.J. (1989). *Autonomie et connaissance*. Essai sur le vivant. Éd. du Seuil.
- Varela, F. (1988). *Invitation aux sciences cognitives*. Éd. du Seuil.
- Walsh, Catherine (sans date). "Interculturalidad crítica y pedagogía de-colonial: Apuestas desde el insurgir, re-existir y re-vivi".
- Walsh, C. (2005). "Interculturalidad, conocimiento y descolonialidad". Ponencia presentada en el II Encuentro Multidisciplinario de Educación Intercultural y del Fondo Documental Afro-Andino, Universidad Andina Simón Bolívar, Ecuador. "Política e interculturalidad en la educación".
- Washburn, S.L. and Lancaster, C.K., (1968). "The Evolution of Hunting" dans *Man the Hunter*. R.B. Lee S.L. de Voore Eds. Aldine, Chicago.
- Weedman A. Kathryn (2010). « Feminine Knowledge and Skill Reconsidered: Women and Flaked Stone Tools » dans *American Anthropologist*, Vol. 112, Issue 2, pp. 228–243,
- Weedman A. Kathryn (2006). "Gender and Ethnoarchaeology" in Nelson S. (Éd.) *Handbook of gender in archeology*. Alta Mira Press, pp.247-294.
- Zeder, Melinda (2011). "The Origins of Agriculture in the Near East" in *Current Anthropology*, Vol 52 Supplement 4, University of Chicago Press.

Zihlman, Adrienne (1978). "Women in Evolution. Part II: Subsistence and Social Organization among Early Hominids" *Signs* Vol.4 No.1 *Women, Science and Society* (Autumn 1978), pp. 4-20.