

**Au croisement des gènes et des indices.
Les voies de construction d'une agrosémiologie**

Agnès ALESSANDRIN



Colloque Albi Médiations Sémiotiques – Actes

Collection Actes

Utopies et formes de vie.
Mythes, valeurs et matières

Hommage à Paolo Fabbri

sous la direction de
P. Basso, D. Bertrand & A. Zinna

© Editions CAMS/O
Direction : Alessandro Zinna
Rédaction : Christophe Paszkiewicz
Collection Actes : Utopies et formes de vie. Mythes, valeurs et matières.
1^{re} édition électronique : décembre 2019
ISBN 979-10-96436-02-6

Résumé. De facture interdisciplinaire, le projet agrosémiologique vise à mettre en dialogue les systèmes technologiques agricoles et alimentaires avec les attentes sociétales et les pratiques culturelles. Il s'inscrit dans la lignée de la sémiologie des indices (Houdebine 2004). Dans cette optique, les affinités entre les sciences du langage et la génétique sont examinées. Les échanges entre l'univers des gènes et celui du langage sont régulièrement exprimés dans les discours médiatiques tant spécialisés que généralistes ; ils fonctionnent dans les deux sens : par exemple, le génome est étudié comme un texte et la marque possède son propre ADN. Actée à la fin du XIX^e siècle, la séparation épistémologique entre les sciences du langage et les sciences naturelles n'a pas rompu les liens forts qui unissaient ces deux champs disciplinaires. Une communauté scientifique, méthodologique et notionnelle, s'est maintenue à travers le raisonnement abductif, ou encore, avec l'étude comparée des langues et des espèces. Au croisement de la « sémio » et de la génétique, deux courants, celui biosémiotique de filiation peircienne et celui structural de filiation saussurienne, sont explicités. La biosémiotique a constitué un fond de connaissances à partir des notions *semiosis* et *semiome*, lesquelles permettent d'étudier les processus signifiants à tous les échelons du vivant, de la cellule à l'organisme et de l'organisme à la société. De son côté, l'approche structurale a pointé les isomorphismes entre les structures évolutives linguistique et biologique. Dans cette lignée, la sémiologie des indices a assoupli les concepts saussuriens (*structuration*, *signifiant indiciel*, *synchronie dynamique*) ; elle a revisité les notions déjà présentes chez Peirce (*indice*, *interprétant*) avec les apports de la psychanalyse (Freud et Lacan) : l'*indice* devient une trace expérientielle chez le *sujet interprétant*. Au-delà de leur différend ontologique, les deux branches sémiotique et sémiologique mettent en avant la subjectivité et la dynamique du vivant. Avec l'éthique subjective en commun de même que la recherche des équilibres du vivant, entre diversité et unité, variation et stabilité, l'agrosémiologie peut également œuvrer au rassemblement des forces dispersées au sein des sciences du langage.

SÉMIOLOGIE, GÉNÉTIQUE, AGRONOMIE, ÉPISTÉMOLOGIE, INTERDISCIPLINARITÉ

Agnès Alessandrin est ingénieure agronome de formation. Elle a exercé au sein de deux structures d'interface avec pour mission de valoriser les produits et procédés issus de la recherche auprès des entreprises de l'agro-alimentation. C'est en suivant les cours d'Anne-Marie Houdebine et de Valérie Brunetière à l'université d'Angers qu'elle a acquis le goût de sémiologie et de la linguistique. Sa pratique de la sémiologie s'est construite au fil des programmes de recherche appliquée aux objets agricoles et alimentaires. Dans ces projets interdisciplinaires, la sémiologie et linguistique côtoient les sciences gestion (économie, sociologie) ainsi que les sciences de l'ingénieur (agronomie). De là est née une réflexion sur la mise en dialogue des sciences et des savoirs dans le contexte de problématiques de société (développement durable, bien-être animal, contamination alimentaire, etc.).

Pour citer cet article :

Alessandrin, Agnès, « Au croisement des gènes et des indices. Les voies de construction d'une agrosémiologie », in Basso, P., Bertrand, D. et Zinna, A. (éds), *Utopies et formes de vie*, Toulouse, Éditions CAMS/o, Collection Actes, 2019, p. 215-234, [en ligne] :
<<http://mediationsemiotiques.com/ac2016-alessandrin>>.

Au croisement des gènes et des indices. Les voies de construction d'une agrosémiologie

Agnès ALESSANDRIN
(Université Paris 5 Descartes)

Dans l'univers des sciences agronomiques duquel je viens, la génétique occupe une place prépondérante. Elle impose ses règles dans les secteurs vétérinaire, agricole et alimentaire : ses techniques sont mobilisées lorsqu'il s'agit de sélectionner, de reproduire, d'hybrider et de modifier les plantes cultivées et les animaux de rente, par les voies du clonage, de la transgénèse et de la mutagénèse. Son art de la mesure se déploie dans les domaines suivants : la génomique et ses dérivées, la transcriptomique et la protéomique, étudient les déterminants de la qualité nutritionnelle des aliments tout au long du processus allant de l'activation du gène à la synthèse de la protéine ; réciproquement, la nutrinomique évalue les effets de l'alimentation sur notre santé, sur l'activité des gènes et sur l'activation du métabolisme.

Depuis sa constitution en tant que discipline scientifique, la génétique entretient des liens étroits avec l'agronomie. Plusieurs figures de l'histoire de la génétique, Mendel et Darwin, pour ne citer que les plus notoires, ont établi leur théorisation en s'appuyant sur les pratiques et les connaissances agronomiques. En retour, les avancées de la génétique ont trouvé tout au long du XX^e siècle un terrain d'application formidable en agronomie dans le domaine de la sélection des plantes et des animaux de rente.

Dans l'univers des sciences du langage, où je me suis posée, l'approche génétique est également présente, d'une autre façon. Elle a pendant longtemps constitué l'unique cadre épistémologique de la linguistique, avec les

recherches sur l'origine des langues et l'étude de leur évolution. À l'avènement du XX^e siècle, alors que la génétique devient une discipline à part entière de la biologie, Ferdinand de Saussure change le cadre épistémologique mettant sous l'éteignoir, pour un temps, les dimensions génétique et vitaliste du langage. Au terme du XX^e siècle, les recherches phylogénétiques sur l'origine des langues trouvent une nouvelle voie avec les travaux interdisciplinaires associant des généticiens, des paléontologues, des anthropologues et des linguistes guidés par l'hypothèse de l'origine monogénétique des espèces et des langues.

Au fil de la démarche génétique qui fut la mienne, de découverte et d'appropriation de la sémiologie à partir de l'agronomie, il m'a été donné de voir plusieurs points de connexion entre les deux univers biologique et sémiologique. Au cours de cette traversée scientifique, les relations et similitudes relevées entre génétique et sémiologie m'amènent à proposer une réflexion épistémologique croisée entre les sciences de la vie et celles du langage. Cette démarche croisée revêt un caractère partiel et personnel, elle ne cherche pas à être, du point de vue de la sémiologie, ni exhaustive, ni même représentative : elle suit le cheminement de mon parcours d'appropriation de la sémiologie à travers une théorisation particulière, celle de la sémiologie des indices, peu connue au demeurant, en en laissant d'autres, plus notoires, de côté telle la sémiotique de Greimas.

Les affinités relevées dans les discours médiatiques seront présentées dans la première partie de cette étude. Dans un deuxième temps, je reviendrai sur les apports de deux courants *sémio* qui ont opéré des rapprochements avec la génétique, l'un issu de la sémiologie structurale et l'autre de la sémiotique peircienne. Je poursuivrai avec la présentation de la sémiologie des indices son interdisciplinarité et la mise en pratique de l'analyse systémique immanente sur des données tant sémiologiques qu'agronomiques. En conclusion, je tenterai de dégager les voies d'une agrosémiologie en rassemblant ce qui, dans l'approche croisée gène-langage, au-delà des différences, fait sens entre les deux courants sémiologique et biosémiotique à l'étude.

1. Les interactions entre les deux univers biologique et langagier

1.1 *Les affinités dans le discours médiatique*

En guise de mise en bouche, le discours médiatique offre un bon aperçu des interactions existantes entre les univers génétique et langagier. Les similarités se manifestent tant dans le langage courant, que dans le langage

spécialisé, technique et scientifique. Les échanges fonctionnent dans les deux sens. D'un côté, nombre d'intitulés journalistiques suggèrent le déterminisme biologique de nos comportements, comme le donne à voir l'article publié dans le quotidien Ouest France ¹ : « On voterait en fonction de ses gènes. Une étude de l'université de Singapour suggère qu'il existe un lien entre génétique et préférences politiques ». Le phénomène de biologisation est également à l'œuvre dans le monde économique des affaires avec, par exemple, la notion d'*ADN de marque*. Inversement, la sémiotisation de la biologie est repérable dans les formulations médiatiques d'ordre métaphorique et métonymique lorsque les phénomènes et les éléments de la nature sont décrits comme un langage ; ces énoncés sont présents dans les discours de vulgarisation scientifique et dans les revues spécialisées en science : les analogies graphiques et iconiques sont utilisées pour leur intérêt pédagogique ainsi que l'illustre l'infographie *DNA – the language of life* (fig. 1).

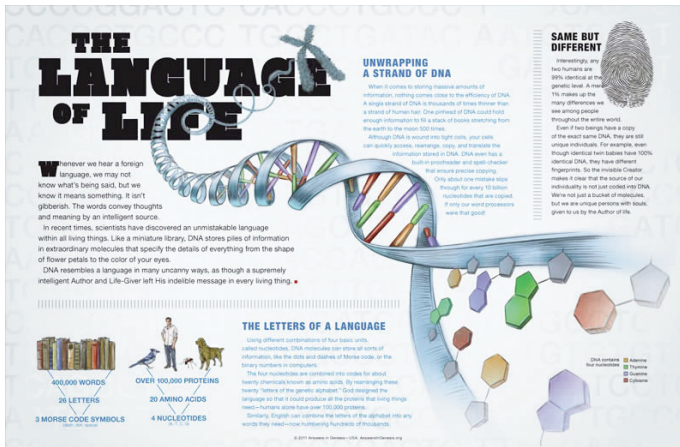


Fig.1: «DNA – The language of life», infographie, Answers, vol.6, N° 3, 2011.

Dans ce registre, le modèle dit 'darwinien' de l'évolution des espèces fait le miel des dessinateurs de presse et des éditeurs qui l'introduisent dans leurs productions iconographiques. Voici deux exemples parmi d'autres où le schéma issu de Darwin est utilisé comme interprétant de l'évolution culturelle et sociale : l'un montre la place grandissante dans notre quotidien des artefacts technologiques tel le smartphone (fig. 2) ; l'autre pointe le gaspillage des ressources naturelles (fig. 3).

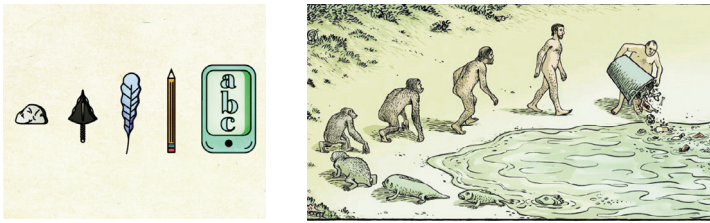


Fig. 2 et 3 : Le modèle darwinien comme interprétant de l'évolution culturelle et technologique.

Ces figurations peuvent donner lieu à une double interprétation en boucle: les pratiques culturelles et sociales sont représentées comme étant sous l'influence de la sélection naturelle et, dans le même temps, elles en changeant les conditions.

Dans le milieu scientifique, il n'est pas rare que le discours de la génétique mobilise un ensemble de notions tirées de l'univers langagier ; en voici une liste non exhaustive : *le code génétique, la séquence génétique, le message génétique, l'ARN messenger, le texte génétique, la lecture du génome, l'écriture du génome, l'édition du génome, l'édition de l'ARN, la transcription de l'ADN, la traduction de l'ARN, la copie de l'ADN, le livre du vivant, la bibliothèque de gènes...* Il en va de même du côté du vocabulaire spécialisé, celui de la biologie moléculaire où l'on trouve, par exemple, la notion de médiateur *sémiochimique*. Ainsi, le rapprochement entre génétique et langue s'est exprimé tout au long du XX^e siècle, notamment à partir de la référence à la notion d'*information*. Les gènes sont généralement désignés par les biologistes comme « les porteurs d'information héréditaire » (El-Hani 2006). La métaphore informative a joué un rôle important dans les progrès de la biologie en contribuant au développement de la génétique et à son rayonnement scientifique et social (Fox Keller 1999). Plus largement, la métaphore de la « nature-langage » a été mobilisée tant par les physiciens, les chimistes, les biologistes, les psychologues que par les philosophes, les anthropologues et les linguistes (citons Bateson, Chomsky...). Pour autant, elle l'a été de deux façons différentes: d'un côté, elle s'inscrit dans une vision binaire et probabiliste issue de la théorie de l'information qui prédomine en génétique ; de l'autre côté, les chercheurs biologistes se sont intéressés au contenu sémantique des gènes. Le parcours du principal contributeur de la théorie de l'information, Claude Elwood Shannon, illustre la première influence des sciences formelles sur la génétique: avant de mettre au point la théorie de l'information

en 1949, Shannon a soutenu sa thèse de doctorat en 1940 à l'université du Michigan et celle-ci visait l'établissement d'une algèbre en génétique mendélienne. L'autre facette de la notion d'information se donne à voir dans le mouvement biosémiotique et dans certains travaux en biologie moléculaire et en biologie du développement (dont les plus représentatifs seront décrits dans le point 2). Ces visions différentes de la notion d'information sont le fruit d'héritages scientifiques distincts, celui de la biophysologie (mécaniste) et celui de la biologie subjective. Cela étant, depuis la seconde moitié du XX^e siècle, le langage tend à supplanter la machine qui a longtemps servi de métaphore pour la vie en biologie (Emmeche et Hoffmeyer 1991).

1.2 Regard épistémologique croisé entre génétique et sémiologie

Avant de détailler les deux approches interdisciplinaires entre *sémio* et génétique, un bref détour historique permettra de mettre en avant les composantes communes des parcours respectifs de la génétique et de la sémiologie.

D'un point de vue historique, les deux champs disciplinaires des sciences de la vie et des sciences du langage ont cheminé ensemble pendant plusieurs siècles. Avant l'émergence des notions de *nature* et de *culture*, le philosophe était tout autant naturaliste que linguiste, il traitait de la physique comme de la métaphysique. À partir du XVIII^e siècle, la frontière se dessine entre les sciences expérimentales et les sciences historiques, et c'est à la faveur du grand bouleversement scientifique du XIX^e siècle que les deux branches se séparent : la biologie du côté des sciences dites naturelles, la linguistique du côté des sciences culturelles, dites humaines et sociales.

Dans sa démarche de refondation de la linguistique, Saussure initie l'analyse en synchronie et promeut la notion de *système* à la place de celle d'*organisme*. Sur ces fondements se bâtit une théorie générale du langage. La linguistique devient une science humaine, dont les causes de variation sont à rechercher du côté de l'être humain, de son esprit, de l'évolution de la société et non plus dans l'évolution naturelle. Saussure (1972 : 33) maintient néanmoins dans la définition de la sémiologie notée dans le *Cours de linguistique générale*, « l'étude de la vie des signes au sein de la vie sociale », l'ancrage à la notion de vie en lien d'une part, avec l'action du temps sur les systèmes de signes et, d'autre part, avec l'action du temps sur la société dans laquelle les signes évoluent et qu'ils contribuent à façonner.

En dépit de cette coupure épistémologique, les interactions entre les deux domaines scientifiques n'ont jamais vraiment cessé, les découvertes faites dans l'un des deux champs ayant des incidences sur l'autre, et vice-versa, que l'on considère la question sous l'angle dogmatique des recherches d'ordre systémique ou structural, ou sous l'angle contingent de l'histoire et de la philosophie des sciences.

D'un point de vue épistémologique, l'analyse des découvertes en génétique formelle, tout comme en linguistique générale et en sémiologie, montre la primauté de l'approche abductive, laquelle permet la reconstitution de la cause à partir des faits sur la base d'indices². Pour ce faire, l'abduction procède en deux temps, d'abord de manière empirico-inductive puis de manière hypothético-déductive. Prenons le cas de l'établissement des lois de la génétique mendélienne. Le moine, jardinier et agronome, Yohann Gregor Mendel a mené une multitude d'expériences de croisements sur un vaste précorpus de plantes. Ses observations rigoureuses et pertinentes, doublées d'analyses statistiques, l'ont conduit à poser des hypothèses sur les modalités de transmission des caractères héréditaires. Celles-ci ont été par la suite vérifiées sur le pois, une plante dont les graines présentent des caractères discontinus de forme et de couleur (pois lisse vs ridé, jaune vs vert) et dont la transmission desdits caractères s'effectue de façon indépendante, c'est-à-dire sans réappariement lors de la formation des gamètes. Mendel était tout autant sémiologue qu'agronome, eu égard à son approche d'ordre abductif, empirico-déductif (Pichot 1999). Son cheminement apparaît fondé sur un processus de découverte et d'analyse similaire à celui utilisé en sémiotique peircienne et en sémiologie des indices (*infra* § 2). La principale différence entre les deux méthodologies s'exprime sur l'axe diachronie-synchronie: la génétique travaille en diachronie, l'observation est longitudinale, elle couvre plusieurs générations de plantes tandis que l'analyse structurale de filiation saussurienne est d'ordre synchronique: elle n'étudie pas l'évolution des messages sur plusieurs générations de locuteurs.

Le recours à la méthode empirique et comparative a continué avec Darwin lorsqu'il a élaboré sa théorie de l'évolution des espèces. D'une part, Darwin s'est inspiré des pratiques de sélection en élevage pour établir la notion de *sélection naturelle*; d'autre part, le naturaliste a suivi un raisonnement par abduction. Sa théorie de l'évolution a été testée avec succès sur l'évolution des langues tout autant que sur l'évolution des espèces. Deux raisons principales à cela: d'une part, les langues sont des instances de formation récente par rapport aux espèces dont la plupart se sont éteintes; d'autre part, les ressources linguistiques sont plus

importantes et mieux conservées que les fossiles : à l'époque de Darwin, la très faible quantité de fossiles collectés en bon état ne permettait pas d'établir le parcours d'une espèce dans sa continuité sans interruption de la chaîne. Ce faisant, la conceptualisation darwinienne de l'évolution des espèces et de leur sélection naturelle liée à leur capacité d'adaptation a intéressé plusieurs linguistes. Elle a contribué à faire avancer les travaux sur l'origine des langues³. Ainsi, en 1865 le botaniste et linguiste August Schleicher, en reprenant l'idée abandonnée par Humboldt sur les interrelations entre structure et phylogénie des langues, « entreprend la construction d'un arbre généalogique des langues indo-européennes au sein duquel chacune des langues apparaît à travers ses différents états au cours de l'histoire » (Mathieu 2008 : 119). De nos jours, une approche similaire, combinée à de puissantes techniques de traitement de mégadonnées, est pratiquée sur les récits mythologiques. Sur la base de l'hypothèse monogénétiq ue des êtres vivants et des récits, ces travaux visent à identifier l'ancêtre commun hypothétique⁴.

2. Au croisement de la sémiologie et de la génétique

Après ce détour historique pointant les affinités de parcours des deux univers scientifiques, voici une présentation des travaux menés par deux courants interdisciplinaires contemporains au croisement de la génétique et de la sémiolinguistique.

2.1 *Le courant structuraliste : une vision analogique de la génétique*

Dans la seconde moitié du XX^e siècle principalement, les travaux des structuralistes ont mis en avant les similarités systémiques entre biologie et science du langage. La métaphore de la langue écrite assimilant les quatre bases nucléiques de l'ADN à des lettres de l'alphabet est à l'honneur dans le discours des généticiens. François Jacob, généticien et biologiste moléculaire, indique dans son discours inaugural au Collège de France en 1965 que l'analogie est basée sur les quatre lettres ACGT décomposables en deux paires de bases en opposition binaire (T vs C et A vs G) selon une relation de « congruence réflexive » ou de « transition ». Dans les années 1970, Marcel Florkin, biochimiste belge, produit l'une des plus ambitieuses contributions en sémiotique intracellulaire. En appliquant les concepts saussuriens du signe (*signifiant/signifié*) et du système, le couple *synchronie/diachronie*, et celui de *paradigme/syntagme* du cercle de Prague, il décrit plusieurs processus moléculaires au niveau cellulaire (1974 : 14). À la différence du signe linguistique dont la relation

signifiant-signifié est de nature arbitraire, en biologie, cette relation est imposée par la réalité matérielle de la configuration moléculaire.

Dans un article de 1977, Guido Forti propose le concept de « structure organique évolutive » inspiré de la linguistique structurale de Saussure et de la théorie de l'évolution néodarwinienne. Il établit des ressemblances entre le processus d'évolution des langues et celui des espèces selon les principes généraux en commun de la « dérivation » et de la « parenté ». La langue et le génome sont des structures données (en synchronie) qui permettent aux individus ou organismes de communiquer par la parole et par le corps et qui évoluent en retour (en diachronie). Les mutations à effet structurel sont comparables aux mutations de la langue. La sélection est une action de l'environnement, lequel est modifié en retour, sur le long terme, par les mutations et par le fonctionnement de nouvelles entités. Les systèmes culturel et écologique sont impliqués dans l'évolution. Selon l'analogie signifiant/signifié, le gène-signe se décompose de la façon suivante : les bases nucléiques de l'ADN organisées en triplets codants sont les équivalents des instances du signifiant ; les acides aminés, en tant que composants élémentaires des protéines, représentent les instances du signifié en lien avec les différentes fonctions biologiques qu'elles contribuent à assurer. Le biologiste cellulaire Max Pavans de Ceccatty (1989) propose dans son article « Les communications cellulaires » une démonstration complète et bien illustrée du raisonnement analogique rapprochant les processus d'échanges intra- et intercellulaires au sein des organismes vivants et les moyens de communication humains à l'échelle sociétale. Dans un esprit dialogique, le neurobiologiste Lionel Naccache mobilise le procédé métaphorique en comparant la crise d'épilepsie dans le cerveau et le régime de dictature hypercommunicante nazie. Ceci lui permet de mener l'interprétation sur ses données neurologiques à l'étude et, en retour, de proposer une grille de lecture des mécanismes de fonctionnement des crises sociétales.

Du côté de la linguistique du cercle de Prague, Roman Jakobson, dans ses *Essais de linguistique générale*, décrit l'analogie entre la phonologie et la génétique. Ces travaux illustrent l'isomorphisme entre les structures génétique et langagière, lesquelles présentent toutes deux le même type de relations combinatoires. Jakobson pose la question de savoir s'il s'agit d'une analogie de structure simple ou d'une parenté biologique : « si les fondements des structures linguistiques manifestes, plaquées sur la communication moléculaire, ne seraient pas directement modelés sur les principes structuraux de celles-ci » (Jakobson 1973 : 54). Pour la linguistique comme pour la biologie : « la stabilité et la variabilité

résident dans la même structure » (Jakobson 1973 : 60). Les codes génétique et langagier présentent une structure plastique d'une grande stabilité tout en pouvant accueillir des variations. Cette propriété du génome est à rapprocher des notions de mutabilité/immuabilité de la langue définies par Saussure. Lors des périodes d'apprentissage favorables, le cerveau présente une plasticité maximale : alors, le milieu sculpte le cerveau. *A contrario*, la limite de plasticité du cerveau est un facteur de stabilité. Selon Lévi-Strauss (1976), les deux codes se composent d'éléments qui sont en même temps signifiants et vide de signification.

2.2 De la sémiotique à la biologie : l'approche biosémiotique

Les liens entre génétique et langage ont été travaillés par la branche sémiotique d'origine percienne et en particulier par le courant interdisciplinaire biosémiotique rassemblant biologistes, philosophes et sémioticiens. Constituée sous l'impulsion de Thomas Sebeok à partir des années 1970, la biosémiotique propose une extension du domaine sémiotique à l'ensemble du vivant, de la bactérie à l'être humain. Elle s'organise en plusieurs branches étudiant respectivement : les systèmes humains (anthroposémiotique), les animaux (zoosémiotique), les végétaux (phytosémiotique), les pluricellulaires (endosémiotique). Selon Sebeok, les sciences de la vie et les signes s'impliquent mutuellement et seule l'appréciation couplée de la génétique, de la communication animale et de la linguistique peut conduire à une complète compréhension de la dynamique sémiotique et ce faisant de la vie. À l'instar de l'économie, la biosémiotique opère une distinction entre les niveaux macrosémiotique et microsémiotique : le niveau macro étudie les discours et les objets du *socius* (sciences et technologies, arts, littérature, politique,...), le niveau micro s'intéresse aux phénomènes signifiants à l'échelle cellulaire, la cellule étant définie comme le plus petit système sémiotique de l'univers pouvant se reproduire, se développer, communiquer et évoluer (Ji 2002). La vision biosémiotique est inspirée de la biologie subjective de Jacob von Uexküll selon laquelle l'animal est considéré comme le sujet d'un monde. Chaque organisme vivant est capable de lire et d'interpréter les signes pertinents issus de son environnement. Il évolue dans une bulle perceptive qui constitue son *Umwelt* (entour), lieu de l'interaction sujet-objet, par opposition à l'*Innenwelt* (milieu intérieur). D'après Uexküll, le sujet surgit sous l'effet du signal sensoriel de l'autre. La *semiosis* représente le processus dynamique selon lequel chaque organisme capture la réalité extérieure pour la rendre compatible avec ses objectifs évolutifs et ceux propres à

son espèce. Tout être vivant peut donc être défini selon les trois pôles suivants : sa subjectivité, son Umwelt et sa société (Kawade 1999 : 371).

D'après la biologie subjective, le principal critère de distinction du vivant réside dans la faculté à mettre en œuvre la *semiosis*. Fondée sur le modèle du signe triadique peircien, la *semiosis* vise à la communication d'une forme inscrite dans un *objet* vers un *interprétant* via la médiation du *signe*. Selon ce principe, il est possible d'effectuer une lecture sémiotique du mécanisme d'information génétique de transcription de l'ADN en protéine (El-Hani 2006). Le processus sémiotique comprend les deux étapes suivantes : d'abord, la transcription de l'ADN en ARN messenger, puis la traduction de l'ARN messenger par l'ARN de transfert en chaînes d'acides aminés, c'est-à-dire en protéine. Chaque étape est composée de séquences sémiotiques successives, le passage de relais s'effectue de l'*interprétant* vers le *signe* de la séquence suivante. Entre les deux étapes, l'*objet* issu de la transcription, c'est-à-dire le segment d'ARN messenger, devient le nouveau *signe* de la phase de traduction. L'information dans un système biologique dépend donc de l'*interpréteur* et de l'*objet* dans lequel la forme communiquée de l'information est inscrite comme un facteur contraignant du processus interprétatif. Une distinction est ainsi opérée entre l'*interpréteur* et l'*interprétant*. L'*interpréteur* ici n'est pas un esprit humain, c'est un « quasi-esprit » : soit une enzyme, l'ARN polymérase dans le cas de la transcription de l'ADN ; soit un complexe enzymatique, le ribosome, dans le cas de la traduction de l'ARN messenger en protéine.

Pour le courant biosémiotique, la référence au modèle de l'information constitue une passerelle interdisciplinaire, laquelle assure le rapprochement entre la biologie, la cybernétique et la sémiotique – entendue dans tous ses dimensions sémantique, syntaxique et pragmatique selon la conception formaliste de la sémiotique peircienne. En correspondance avec la notion de *génom*e, le biologiste danois Hoffmeyer introduit le concept de *semiome* en biologie. Le *semiome* désigne la palette d'outils sémiotiques dont les organismes d'une même espèce disposent afin d'extraire substantiellement de leur environnement du contenu de sens. Ainsi, les produits de la transcription des gènes, les protéines, ne sont pas seulement des molécules, ce sont aussi des outils sémiotiques : ils permettent aux êtres vivants de se livrer à des comportements communicatifs intra- et interspécifiques. Le *semiome* définit la portée de l'activité cognitive et communicative de l'organisme.

En conclusion, la biosémiotique fournit un cadrage épistémologique aux problèmes biologiques dont elle définit, en quelque sorte, les fondements philosophiques. Elle introduit de la subjectivité dans la réalité bio-

logique. En contribuant à interpréter les fonctionnalités mentales dans le cadre d'une épistémologie évolutive, la biosémiotique doit aider à résoudre le dualisme de la matière et de l'esprit afin de rendre à l'humanité sa place dans la nature (Hoffmeyer 1996). Ce faisant, la science des signes est un outil essentiel pour les sciences de la vie en général et pour la biologie en particulier (Hoffmeyer 2014).

2.3 Le rapprochement sémio-génétique : la sémiologie des indices

La sémiologie des indices (ou SI) que j'ai découverte à Angers, théorisée et professée par Anne-Marie Houdebine, s'inscrit dans une sémiologie générale de filiation saussurienne. Elle s'est construite sur des bases interdisciplinaires à partir de la linguistique, de l'anthropologie et de la psychanalyse. La SI s'inspire de Saussure et de son héritage scientifique (Hjelmslev, Mounin, Martinet pour les principaux) s'agissant de l'étude systémique stratifiée en synchronie et de la recherche des axes associatifs. La carte forcée du signe de Saussure devient, en reprenant Lacan, la carte forcée du signifiant. D'Aristote et de Freud, elle tire les trois temps du sujet analysant⁵ : le *sujet expérientiel* (temps du *pathos*), le *sujet de la science*, de la mise en mot (temps du *logos*), le *sujet de l'éthique* (temps de l'*ethos*) ayant « l'exigence d'une visée critique, touchant tant la pratique de soi que celle de la société, de la culture » (Houdebine 2009).

Suivant Roland Barthes, elle s'inscrit dans une sémiologie de la signification et poursuit la visée de dévoilement idéologique des systèmes culturels. Ma découverte de la sémiologie des indices fut donc l'occasion de pointer les similitudes entre les deux univers génétique et sémiologique, tant celles dégagées des analyses de discours de la génétique et de ses applications qu'il m'a été donné d'expertiser, que celles afférentes à l'heuristique scientifique commune entre génétique et sémiologie : je vais développer ce dernier point ci-après.

Auparavant, quelques précisions sont nécessaires sur les origines de la SI et les différences avec la sémiotique américaine. Trois termes, *semiosis*, *indice* et *interprétant*, sont communs à la sémiologie des indices et à la sémiotique de Peirce mais ils n'ont ni la même origine, ni la même signification. Dans la sémiologie des indices, la *semiosis* définit le point de vue qui préside à la construction de l'objet d'étude : l'objet est prélevé dans la réalité selon les critères retenus, il est traité comme une structure ferme ou souple par le sémiologue qui a pour tâche de mettre au jour son fonctionnement, sa grammaire, et sa signifiante, ses valeurs de sens. *Indice* provient du sens courant en français employé dans les enquêtes poli-

cières. À la différence de l'indice ou *index* de Peirce, il n'est pas en relation de contiguïté avec le référent, il peut s'agir d'une trace psychique émanant de l'analyste sémiologue. *Indice* vient également de la sociolinguistique : ce n'est alors pas un signe mais un marqueur d'énonciation. Le même emploi est courant dans le domaine génétique qui mobilise les notions de *marqueur génétique* et d'*index génétique*. De même, *Interprétant* n'est pas lié au *signifié* comme chez Peirce, il est attaché au *signifiant* eu égard à l'influence de Lacan.

Après avoir défini l'objet d'étude, objet issu du *socius*, l'analyse se décompose en deux temps principaux : le corpus est d'abord analysé en interne, en immanence, des inventaires stratifiés sont établis selon les différents plans d'organisation de l'objet d'étude (scénique, iconique, sémiographique, textuel...). Cette phase d'objectivation, dénommée *analyse systémique immanente*, ASI désormais, constitue la base sur laquelle l'analyse interprétative pourra se déployer dans le second temps.

L'ASI, première étape descriptive et explicative de la sémiologie des indices, menée selon une approche rigoureuse, fastidieuse diront certains, m'a d'emblée semblé familière ; j'y ai vu une communauté méthodologique avec l'analyse sensorielle que je pratiquais alors. Les convergences se donnent à voir sur les points suivants : le principe d'immanence, la stratification du corpus, l'établissement de profils, le traitement statistique des données. Dans les deux approches, l'analyste établit des inventaires à partir d'entrées stratifiées, les occurrences sont comptabilisées et hiérarchisées, ce qui permet de dégager une grammaire formelle, une codification systémique. Le calcul des convergences détermine les zones de stabilité du système, le calcul des divergences met au jour les zones d'instabilité ou d'indécision, les indices périphériques représentent des éléments marginaux d'innovation à partir desquels une nouvelle forme de message, ou d'aliment, pourra voir le jour. La phase d'analyse immanente donne de l'importance aux relations entre les éléments du système, elle est dite en *synchronie dynamique* (Houdebine 1985). Le terme *dynamique* marque l'état du système et le processus en germe ; il est préféré au terme métaphorique *vie* utilisé par Saussure pour définir la sémiologie en tant qu'« étude de la vie des signes au sein de la vie sociale ». La dynamique synchronique est repérée dans l'étude des convergences/divergences/périphéries en tant que zones de stabilisation plus ou moins fortes du corpus. L'approche synchronique et dynamique est également pertinente en génétique du développement où les phénomènes évolutifs sont gouvernés en interne. L'évolution se manifeste ainsi

le plus souvent par l'apparition d'une nouvelle structure, résultant des nombreux changements au sein de l'espèce (Kawade 1999).

Ce faisant, les deux approches poursuivent une même visée scientifique, celle de décrire et d'évaluer l'objet d'étude selon une tension d'objectivation constante ; il s'agit de mettre à distance par l'élaboration discursive et/ou métrique ce qui va de soi, la carte forcée du signe selon Saussure (1916) et celle de la culture, une mise à distance de ce qui s'impose au sujet interprétant, du fait de son histoire personnelle et de ses connaissances. Sur le plan éthique, la phase ASI maintient la tension d'objectivation et permet ainsi d'éviter les dérives du subjectivisme.

L'approche d'objectivation systémique réalisée en immanence reste la même, qu'elle agisse sur du matériau agronomique ou sémiologique, que l'on traite des données organoleptiques issues de tests sensoriels comparatifs d'une catégorie d'aliments, ou encore que l'on analyse des inventaires génétiques figurant dans les catalogues de semenciers ou de sélectionneurs. Les inventaires systémiques peuvent faire l'objet de traitements statistiques multifactoriels. Ceci nous a conduit à la mise au point de l'analyse sémiofactorielle en combinant l'ASI et l'analyse factorielle des données (Alessandrin 2013). À l'instar du terrain sensoriel, où il a été possible, dans le cadre de la sémiologie des indices, de combiner les méthodologies d'analyse des qualités sensorielles des aliments et d'analyse sémiologique des messages alimentaires, des voies d'articulation des dimensions génétiques et sémiologiques sont envisageables par la médiation de l'analyse systémique. L'isomorphisme entre les systèmes à l'étude s'exprime dans les correspondances établies par l'approche systémique. Car à partir d'inventaires stratifiés, l'ASI conduit au dégagement d'une grammaire formelle et à l'établissement de profils sémiologique, sensoriel ou génomique des objets à l'étude. Il est alors possible de faire le lien entre les déterminants d'ordre génétique de la qualité d'un aliment, ses dimensions organoleptiques et les caractéristiques d'image du produit commercial.

Qu'il s'agisse de génétique ou de sémiologie, le processus d'analyse systémique comprend les étapes suivantes : la sélection d'un corpus, ici des plantes ou des aliments, là des textes ou des messages, l'observation fine des éléments du corpus incluant, tout d'abord, la montée en critères, puis l'établissement d'inventaires donnant à voir le profil génétique (sémiologique), propre à chaque élément du corpus et enfin, l'analyse statistique des régularités et des irrégularités ainsi que des relations entre les éléments, l'ensemble contribuant à mettre au jour la grammaire formelle du système à l'étude.

Au-delà des convergences, des points de divergence entre les systèmes génétique et langagier sont repérables. Une différence notoire intervient dans la nature des données analysées, les unes d'ordre quantitatif, les autres d'ordre qualitatif. En génétique, les données mesurées sont principalement quantitatives⁶ : elles se présentent sous forme d'index et non d'indices comme en sémiologie. Dans cette dernière, les inventaires systémiques sémiologiques se présentent sous la forme de tableaux à double entrée d'ordre qualitatif : pour chaque élément du corpus, les données saisies sont du type présence/absence de l'indice, donnant lieu parfois une pondération qualitative, présence forte/faible/absence de l'indice. L'autre grande différence réside dans le processus interprétatif. La biologie n'est pas outillée pour ce faire et le chercheur doit être philosophe comme Darwin afin de mener à bien sa recherche de sens. Il peut alors faire appel à la rêverie, consulter les textes anciens, ceux des grands découvreurs (Prochiantz 2010). S'agissant de l'interprétation, la sémiologie prend l'avantage sur la génétique grâce au déploiement d'un arsenal notionnel et méthodologique spécifique permettant de poser un diagnostic interprétatif étayé. Mon parcours d'appropriation de la sémiologie des indices s'est construit dans une première période sur la connivence entre les approches systémiques en agronomie et en sémiologie. Mais dans la seconde période, avec la conduite de médiation participative sur le traitement des affaires médiatiques en agroalimentaire, notamment celle ayant trait aux biotechnologies (OGM), la *subjectivité objectivante* a pris une place centrale ainsi que l'éthique du *sujet interprétant* (Alessandrin 2015). Voyons donc quelles sont les ressources mobilisées par la sémiologie des indices pour conduire le procès de signifiante.

Après le premier temps d'analyse systémique formelle débute la seconde phase interprétative. À l'issue de la phase descriptive menée en immanence, les indices dégagés par l'analyste deviennent des proto-signifiants (ou candidats-signifiants) dont le potentiel est à interpréter. Des hypothèses de sens sont posées sur la base des signifiants indiciels dégagés en interne grâce aux inventaires systémiques et dont il faut trouver le sens latent, au-delà des dénotés. Dans le procès de signifiante, le sémiologue cherche à déployer les feuillets du sens. Pour ce faire, il tire partie des convergences/divergences mises au jour dans les inventaires ; en outre, il travaille dans les interstices en s'attachant aux nuances, aux détails, aux éléments périphériques. Le procès de signifiante est mené en convoquant les concepts linguistiques et sémiologiques d'analyse de la signification : les notions d'*ancrage/relais*, de *dénotation/connotation* (Barthes) et d'*intertextualité*. En se fondant sur les éléments interprétants dégagés en

interne (temps du *logos* ou du sujet de la science), puis en faisant appel à d'autres indicateurs externes issus de l'expérience du sémiologue *analysand*, les signifiants indiciels sont interprétés. À ce stade, l'analyste reprend ses impressions de sens initiales, ce qui l'a affecté en positif et en négatif et qui s'invite, parfois à son insu, dans son premier regard (temps du *pathos*). La constitution et l'analyse de corpus connexes sont alors utiles pour valider les hypothèses de sens en *effets de sens*. Dans la procédure d'étayage et de partage du sens, les impressions de sens et les intertextes jouent un rôle-clé sous réserve de fournir les textes-sources. Plusieurs outils d'analyse de la signification sont mobilisés dans la procédure de mise en sens, citons : le *carré sémiotique* et le *schéma actantiel* (Greimas), les *fonctions du langage* (Jakobson). L'ensemble contribue au dévoilement de tout un imaginaire culturel et social du système à l'étude. L'analyste peut également avoir recours à des enquêtes de type socio-sémiotiques pour compléter et valider ses hypothèses. Dans ce parcours d'interprétation, à la recherche des effets de sens, le chercheur met en jeu sa responsabilité de sujet interprétant. Il avance dans l'interprétation en prenant des risques en recourant à ses associations, en s'appuyant sur sa culture et son histoire personnelle. Ainsi, la mise en sens des *indices* dépend du contexte dans lequel ces éléments sont impliqués (le corpus) ; elle dépend aussi de la subjectivité du sémiologue qui conduit l'analyse à partir de ses connaissances et de son vécu, de ses impressions premières ainsi que des hypothèses de sens qu'il est amené à poser au cours de l'analyse. Le terme *Interprétand*⁷ signale la réciprocité interprétante entre le scientifique et son objet d'étude. Ce faisant, l'étape interprétative convoque un autre regard imprégné de subjectivité : c'est le temps de l'*ethos* ou du sujet éthique. Cette *subjectivité* est dite *objectivante*, elle est la résultante d'un parcours analytique associant les temps d'objectivation et de subjectivation (Houdebine 2004).

En conclusion, pour une agrosémiologie

Après ce tour d'horizon au croisement des sciences de la vie et du langage, plusieurs points retiennent notre attention. Les rapprochements entre les univers génétique et sémiotique existent, ils se donnent à voir régulièrement dans les médias, et ce dans différents registres de discours, grand public et spécialisé, didactique et scientifique.

Cette exploration a été l'occasion de réunir les deux courants sémiologique et sémiotique dans l'approche qu'ils ont engagée sur le terrain de la biologie et, en particulier, sur celui de la génétique. Les différences de

signification dont témoignent les termes communs aux deux théorisations « sémio », *indice*, *interprétant* et *semiosis*, reflètent les visions ontologiques différentes de la sémiologie structurale et de la sémiotique américaine. L'approche biosémiotique repose sur une vision totale de la sémiotique dans ses dimensions sémantique, syntaxique et pragmatique tandis que l'approche structurale immanente implique une coupure avec la réalité. Le rapprochement avec la génétique se fait par contiguïté dans le cas de la biosémiotique tandis qu'il est d'ordre analogique dans le cas de la sémiologie structurale. La biosémiotique émane d'une tradition scientifique pluridisciplinaire où les relations entre biologie, anthropologie et sémiotique sont avérées et les frontières peu marquées⁸. Selon cette optique, les sémioticiens ont donc pu investir le territoire des comportements non humains et en faire leur objet d'étude (endosémiotique). Anne-Marie Houdebine a construit sa théorisation de la sémiologie des indices dans la filiation saussurienne et dans celle de la philosophie des lumières en lui assignant pour objet « l'étude des comportements humains dans sa part signifiante ». Elle s'est nourrie de l'influence de la psychanalyse dans sa redéfinition des notions *interprétant/interprétant* et dans l'établissement d'une éthique subjective.

Au delà du différend ontologique et des variations notionnelles, nous avons pu repérer des concordances entre la sémiologie des indices et la biosémiotique : les deux écoles contribuent à une mise en avant de la dynamique et de la subjectivité du vivant. La subjectivité est une topie centrale de la sémiobiologie car pour que la *semiosis* prenne place, il faut une instance autonome, un sujet. Selon la théorie de l'*Umwelt*, les lois des sciences naturelles ne sont pas les lois de la nature car elles découlent du regard que le sujet pose sur les phénomènes naturels. Ainsi est-il nécessaire d'admettre la position anthropomorphique pour être libéré de l'anthropocentrisme. De son côté, la sémiologie des indices propose une éthique subjective conciliant les temps d'objectivation et de subjectivation : assumer sa subjectivité sans rien lâcher sur la scientificité, tel est le principe du parcours du *sujet interprétant* (Houdebine 2009). Face au déni de subjectivité existant dans les pratiques technoscientifiques actuelles en sciences de la vie, les deux approches « sémio » attribuent une place centrale au sujet avec son héritage, son vécu, ses affects, ses pratiques et ses projets. L'investigation du champ biologique, au fil des interactions qui s'y nouent, entre les composantes individuelles, propres au sujet, et celles, émanant du collectif social et culturel, propres à la société et à l'espèce auxquelles il appartient, devrait être l'occasion de maintenir le dialogue entre les deux courants de la *sémio* des deux côtés de l'Atlantique. Cette approche croisée entre génétique et sémiologie

montre que les différences sont davantage sources de complémentarités que d'antagonismes.

La limite de la présente approche se situe dans le parti-pris de départ, lequel met à l'honneur une théorisation particulière de la sémiologie structurale, celle de la sémiologie des indices, peu connue au demeurant, et ne dit presque rien d'autres sémiologies d'ordre structural plus notoires, telle la sémiotique greimassienne. Poursuivant dans cette optique, la réflexion s'ouvre sur la possibilité de définir une agrosémiologie des indices dont les bases seraient les suivantes.

Proposer une agrosémiologie, c'est d'abord relever un défi, celui de se démarquer de la surdétermination du sociologique et de l'économique (ou du technico-économique). Dans le domaine agronomique, la tâche est rude tant l'influence du technico-économique est prégnante : elle l'est dès la conception des systèmes de production-transformation sous la gouverne des organismes de création et de sélection génétique ; elle l'est aussi dans la formulation des discours publicitaires spécialisés adressés aux professionnels de l'agriculture, lesquels adoptent une rhétorique technico-rationnelle : mise en scène présentative, inscriptions textuelles d'ordre référentiel et argumentaires chiffrés. Tout se passe comme si les destinataires étaient uniquement des agents rationnels sans affect ni subjectivité, sans référence historique, sans racine, mus principalement par des intérêts technique et financier. Que de paradoxes pour une profession où la transmission reste centrale, où l'on chausse encore les bottes, met les mains dans la terre et la fourche dans le fumier. Quel contraste avec les messages publicitaires destinés aux usagers finaux, cuisiniers et consommateurs, où les références aux origines et à la nature, la convocation des mythes et légendes, les mises en scène artistiques et esthétiques vantent les qualités des aliments.

Pour affronter cet enjeu, la sémiologie des indices dispose de plusieurs atouts. Avec le choix de la notion d'*imaginaire* comme cadre de la démarche interprétative et non celle de *représentation*, la sémiologie des indices prend en charge les dimensions individuelles et insues, venues de la psychanalyse, et celles socio-historiques collectives venues de la culture, « comme une façon de lier l'intime et l'extime, toujours dépendants et indépendants » (Houdebine 2009). Ces « significations fictives imaginaires » des sujets sont exprimées et repérables grâce aux propriétés métalinguistique et épilinguistique de la langue (les préfixes *méta-* et *épi-* sont également employés dans le domaine génétique comme en témoigne la notion d'*épigénétique*). Avec le parcours du sujet *interprétant* et l'éthique subjective, la sémiologie des indices promeut une subjectivité assumée et favorise la prise de décision en conscience.

Établir les principes d'une agrosémiologie des indices suppose de s'impliquer dans la traduction et l'interprétation des notions culturelles sur les terrains du biologique. En neurobiologie, les chercheurs tentent de traduire des notions issues de la culture telles que la pensée et la conscience dans le champ du biologique. Je pense en particulier à la « carte forcée du signe » devenue « carte forcée du signifiant » en sémiologie des indices et qui pourrait être transposée en « carte forcée du gène ». Plusieurs notions sont opérationnelles dans les deux univers. Le cheminement est d'ordre métaphorique : il est similaire à celui que Darwin a suivi pour définir la notion de *sélection naturelle* à partir des pratiques culturelles de sélection en élevage. L'idée de descendance avec modification s'applique tant à l'évolution des espèces qu'à celle des langues et des cultures. Il en est de même pour la notion de mutation.

Les sciences biologiques et les sciences du langage, la génétique et la linguistique sont confrontées aux mêmes préoccupations et aux mêmes dangers. En effet, le réductionnisme guette avec la tentation de réduire la diversité du vivant, tant la biodiversité que la diversité linguistique et culturelle ; de même, avec la tentation d'améliorer tant l'espèce humaine que la langue. La sémiologie propose une approche éthique fondée sur la subjectivité, celle-ci doit permettre à chacun de rester éveillé, vigilant face aux changements linguistiques et culturels imposés par les innovations technologiques et les monismes économiques. L'enjeu de l'ouverture interdisciplinaire de la sémiologie des indices à l'ensemble du vivant serait de maintenir la diversité et la singularité des organismes vivants tout en reconnaissant l'unité et la spécificité de chaque espèce. La dynamique évolutive du vivant suppose d'étudier les lieux où opèrent la rencontre et le dialogue entre nature et culture ainsi que la dimension intégrative entre synchronie et diachronie. Ceci ouvre la voie d'un rassemblement de la « sémio » dans une perspective interdisciplinaire et éthique.

Notes

- 1 Réaux Amandine (2015), *Ouest France* du 13 novembre 2015.
- 2 En logique, l'abduction consiste à inférer les prémisses les plus vraisemblables permettant de parvenir, par déduction, à une conclusion concordante aux observations (Peirce et la sérendipité). En épistémologie, procédé consistant à introduire une règle à titre d'hypothèse afin de considérer ce résultat comme un cas particulier tombant sous cette règle.
- 3 Voir à ce sujet la conférence de CLAUDE BLANKAERT (2017).
- 4 Voir à ce sujet l'article « La phylogénétique dévoile l'origine du mythe du déluge », *Science&vie*, février 2018, n°1205, p. 70-73.

- 5 Le sujet interprétant est écrit souvent *l'interprétant* ou *analysand* (par emprunt à Pierre Legendre) pour marquer son ancrage, sa responsabilité dans l'analyse, plan de l'*ethos*.
- 6 Les performances génétiques des reproducteurs d'une race donnée se présentent sous forme de tableau d'index génétiques: chaque reproducteur se voit attribuer une notation selon les caractéristiques d'intérêt établies par la profession (production, traite, morphologie, état sanitaire...); l'évaluation prend en compte la probabilité de transmission dudit caractère.
- 7 Voir note 5.
- 8 Sebeok se définissait lui-même autant comme un biologiste 'manqué' qu'un doctrinaire des signes 'malgré lui'. D'après P. Cobley et L. Jansz, *Semiotics. A graphic guide*, London, Icon books Ltd, 2010, p. 121.

Bibliographie

ALESSANDRIN, A. ET AL.

- (2015) « De l'éthique participative: médiation dialogique entre SHS et consommateurs », in A. Masseran et P. Chavot (éds), *Questions de communication: Les cultures des sciences en Europe (2). Dispositifs, publics, acteurs et institutions*, Série actes, n°25, p. 39-49.

ALESSANDRIN, A. ET HOUEBINE, A.-M.

- (2013) « Le dialogue de l'imaginaire et de l'analytique au service du participatif: application au domaine alimentaire », in A. Masseran et P. Chavot (éds), *Questions de communication: Les cultures des sciences en Europe (1). Dispositifs en pratique*, Série actes, n° 18, p. 203-215.

ECO, UMBERTO

- (1997) « L'hypothèse monogénétique et les langues mères », *La recherche de la langue parfaite*, Paris, Seuil, p. 116-128.

EL-HANI C.N. ET AL.

- (2006) « A semiotic analysis of the genetic information system », *Semiotica*, vol. 160, Issue 1-4, p. 1-68.

EMMECHE, C. ET HOFFMEYER, J.

- (1991) « From language to nature: The semiotic metaphor in biology », *Semiotica*, n° 84, 1/2, p. 1-42.

FLORKIN, MARCEL

- (1974) « Concepts of molecular biosemiotics and molecular evolution », in M. Florkin et E.H. Stolz (éds), *Comprehensive Biochemistry*, vol. 29, part. A, Amsterdam, Elsevier Scientific Publishing Co, p. 1-124.

FORTI, GUIDO

- (1977) « Structure and evolution in language and in living beings », *Scientia*, vol. 112, p. 69-79.

FOX KELLER, EVELYNE

- [1995] *Le rôle des métaphores en biologie*, Institut Synthélabo pour le progrès de la connaissance, 1999.

HOFFMEYER, JESPER

- (2014) « The semiome: From genetic to semiotic scaffolding », *Semiotica*, n°198, p. 11-30.
(1996) *Signs of Meaning in the Universe*, trad. par B.J. Haveland, Bloomington, Indiana University Press.

HOUDEBINE, ANNE-MARIE

- (1985) « Pour une linguistique synchronique dynamique », *La Linguistique*, n°21, Paris, PUF, p. 7-36.
- (2004) « Pour une sémiologie des indices », *Les cahiers du collège iconique*, n°XVII, Paris, INA, p. 1-18.
- (2009) « Interdiscursivité et intericonicité comme interprétants en sémiologie interprétative », in L. Hebert et L. Guillemette (éds), *Intertextualité, interdiscursivité, intermédialité*, Québec, Presses de l'université Laval.

JACOB, F. ET AL.

- (1968) « Vivre et parler », *Les lettres françaises*, n° 1221-1222.

JAKOBSON, ROMAN

- (1973) *Essais de linguistique générale*, vol. II, Paris, Minuit.

Ji, SCHUNGCHUL

- (2002) « Microsemiotics of DNA », *Semiotica*, n° 138, vol. 1/4, p. 15-42.

KAWADE, YOSHIMI

- (1999) « The two foci of biology: Matter and sign », *Semiotica*, n° 127, vol. 1/4, p. 369-384.

LEVI-STRAUSS, CLAUDE

- (1976) « Préface » à Jakobson, R., *Six leçons sur le son et le sens*, Paris, Éditions de Minuit, p. 7-18.

MATHIEU, CÉCILE

- (2008) Analyse des fondements théoriques d'une grammaire de la langue française selon Damourette et Pichon, sous la direction de Colette Feuillard, Thèse de Doctorat, Université Paris Descartes.

MONOD, JACQUES

- (1970) *Le hasard et la nécessité. Essai sur la philosophie naturelle de la biologie moderne*, Paris, Seuil.

PAVANS DE CECCATTY, MAX

- (1989) « Les communications cellulaires », in P. Brenot (éd.), *Langages. De la cellule à l'homme*, Paris, l'Harmattan, p. 40-62.

PICHOT, ANDRÉ

- (1999) *Histoire de la notion de gène*, Paris, Flammarion.

PROCHIANTZ, ALAIN

- (2010) *Construire une théorie du vivant: génétique, évolution, développement*, Paris, De vive voix.

SAUSSURE, FERDINAND (DE)

- [1916] *Cours de linguistique générale*, Paris, Payot, 1972.
- (2002) *Écrits de linguistique générale*, S. Bouquet et R. Engler (éds), Paris, Gallimard.

SEBEOK, THOMAS ALBERT

- (1972) *Perspectives in Zoosemiotics*, La Haye, Mouton, p. 124.

UEXKÜLL, JACOB VON

- (1956) *Mondes animaux et mondes humains*, Paris, Denoël.