

## Les molécules peuvent-elles prendre des décisions ?

**Stephen L. Talbot & Craig Holdrege**

Ce que le langage des biologistes énonce sur la vie

**Les biologistes parlent de mécanismes, et les décrivent souvent comme si ceux-ci étaient actifs dans leur nature. Ce n'est que de cette manière paradoxale qu'ils peuvent exprimer que les fonctions individuelles ne sont compréhensibles qu'à partir de la cohérence de l'ensemble de l'organisme, sans quitter leur monde représentatif matérialiste. Les auteurs de cet article, formés à l'école goethéenne et travaillant au *Nature Institut* de New York, rendent intelligible que cette contradiction ne se laisse pas résoudre sans la question du sens et de la signification, et en arrivent ainsi au résultat que nous-mêmes sommes une partie du tissu vivant du monde, dans lequel il est vrai qu'en tant qu'êtres conscients de soi, nous occupons une position particulière.**

Sommes-nous des machines ? Sommes-nous réductibles à une somme de mécanismes, qui peuvent être totalement expliqués, en progressant des parties au tout, sous l'application de lois chimiques et physiques ? Cela semble ainsi, si l'on prend au sérieux les affirmations de ceux qui se sont proposés comme tâche de comprendre la vie.

Il n'existe aucun doute que les biologistes sont aujourd'hui tombés amoureux de toutes sortes de mécanismes : mécanismes génétiques, mécanismes cancéreux, mécanismes régulateurs, mécanismes signalétiques, mécanismes immunitaires, mécanismes de réparation de l'ADN [Acide DésoxyriboNucléique, *ndt*] et même de « mécanismes moléculaires de la plasticité ». L'expression « mécanisme génétique » déclenche présentement quelques 29 000 références dans le « moteur » de recherche *Google Scholar* et le nombre ne fait que s'élever. Dans la plupart des contributions spécialisées en langue anglaise sur la biologie moléculaire, nous rencontrons le terme « *mecanism* » en moyenne 7,5 fois par article, avec une dispersion de 1 à 32. Le nombre augmente quand on inclut les termes « *mechanistic* » et « *machine* ».

L'extraordinaire c'est que nous n'avons trouvé aucun article spécialisé dans la biologie moléculaire dans lequel les auteurs se donnent quelque peu la peine d'indiquer exactement ce qu'ils veulent dire par le terme « *mecanism* ». Si la signification est évidente, alors nous devrions en trouver une utilisation claire et concrète. Mais l'expression « *molecular machine* » transpose sans obstacle les machines d'ateliers construites par l'être humain dans le domaine moléculaire. D'autres expressions comme « *mécanisme causal* » ou bien « *explication mécaniste* » indiquent simplement des causalités physiques. Ainsi par exemple, B. Zaidi *et al.*, parlent du « discernement mécaniste dans le maintien du phénotype cellulaire par divisions cellulaires successives ». (1) Ici, il s'agit manifestement d'un enchaînement de cause à effet ancré dans la substance, qui est censé « expliquer » le maintien du phénotype cellulaire. Expliquer veut dire, dans ce sens analytique, comme le remarque Henri Bortoft, « remplacer comment les choses se sont passées par comment d'autres choses se sont passées ». (2) Le phénomène qui apparaît (phénotype cellulaire) est quasiment remplacé par une suite causale d'actions de substances au plan moléculaire. Si l'on peut prouver que des changements dans l'enchaînement amènent aussi des changements dans les phénomènes qu'on a ainsi à clarifier, on se sent, semble-t-il, justifiés à parler « d'explication mécaniste ».

Mais on peut rencontrer quelque chose de tout à fait curieux : les mêmes biologistes, qui parlent aussi naturellement de mécanismes, s'appuient en même temps aussi sur une toute autre terminologie, qui peut à peine s'accorder avec les explications mécanistes.

Quand un chien meurt

Lorsqu'un chien meurt, la différence entre l'animal vivant et l'animal mort est claire pour nous. Des biologistes savent aussi cela, quoique d'une manière étrange, la différence entre vie et mort dans la littérature spécialisée, qui a soi-disant à faire avec la caractérisation de la vie, est à peine exprimée de manière explicite. On pourrait en retirer l'impression que le thème est quelque peu gênant. Mais examinée dans une perspective correcte, la littérature biologique nous révèle ce que les biologistes ont à dire sur le sujet. Et c'est beaucoup, quand bien même ils aimeraient ne pas concéder ce qu'ils savent.

Représentons-nous tout d'abord le chien vivant devant nous et ensuite son cadavre. Dans l'instant de la mort disparaissent rapidement les processus étudiés par les biologistes. Pour le cadavre valent naturellement les mêmes lois de la physique et de la chimie que pour le chien vivant. Lorsque la vie s'achève, nous ne voyons agir que celles-ci, mais plus rien de ce avec quoi la biologie a théoriquement à faire.

Ainsi parle-t-on, avant la mort, du *comportement* du chien. Mais personne ne parlera du comportement du cadavre. Tout aussi peu caractérisera-t-on les changements physiques dans le corps comme des *réflexes*, lui attribuera-t-on une *réponse à l'excitation* ou bien parlera-t-on encore de la *fonction* d'un organe. De même, il ne viendrait à l'idée de personne d'appeler la décomposition une *évolution*.

Pour l'essentiel, il existe dans les cellules du chien avant et après la mort la même accumulation de cellules. Mais après ce processus, on ne parle plus, pour aucune d'entre elles, de *régulation de gène* ou bien on n'expose plus de fonctions chromosomiques *normales* ou selon le cas *correctes*. On ne parle plus de molécules qui *exécutent* certains *buts* déterminés ou bien qui envoient des *signaux* que d'autres molécules *reconnaissent*. *Codage, information* et *communication* dans leur signification biologique disparaissent alors du vocabulaire.

Le cadavre ne commet aucune *faute* lors de la réplication chromosomique, et il n'essaye pas non plus de *corriger* des erreurs, ou bien de les *réparer*. Rien n'est plus *hérité*, et naturellement il n'est plus question de *plasticité* ou bien de *mode contextuel d'adaptation* du cadavre à l'environnement. Parfois le langage des biologistes va encore plus loin : les deux chercheurs Hyduke et Palsson écrivent par exemple, que des organismes vivants « apportent une *réponse intégrée* à des conditions présentes » et par dessus le marché « font des *prévisions limitées* sur des changements environnementaux futurs ». Ils parlent aussi de « *processus de perception* des cellules, », « qui *perçoivent* des conditions actuelles et prennent des *décisions* sur une utilisation *convenable* des *ressources* par *régulation* du *comportement cellulaire*. » Pour finir, ils expriment l'espoir qu'à partir de la biologie moléculaire, on conquerra un « discernement sur les *processus de pensée* des cellules » (italique par nous). (3) Nous pouvons aussi citer le discours de réception du prix Nobel de Barbara McClintock, dans lequel elle présume qu'il « doit exister un quelconque mécanisme de *perception*, pour *avertir* les cellules du danger » ; à l'avenir, on doit chercher à « établir l'accumulation des *connaissances*, dont la cellule dispose d'elle-même, et la manière dont cette connaissance est utilisée d'une manière *pleine de pensées*, quand elle est *requise* ». (4)

Les éléments acquiert leur signification par le contexte

On peut avoir l'impression que les biologistes parfois vont trop loin dans leur manière anthropomorphe de s'exprimer. Les exemples rendent souvent manifeste le fait qu'ils ne peuvent absolument pas exprimer les relations essentielles entre les phénomènes, sans se servir d'une langue qui traite de connaissance et de réaction, d'acte dirigé vers un but, de communication sensée et temporisée, d'activité erronée et de réaction correctrice, de saine évolution, qui mène à une transformation, ou bien de maladie qui mène à la mort. Exprimer le vivant ainsi, aide les chercheurs à rendre le contexte sensé évident ou compréhensible, dans lequel les phénomènes isolés sont à chaque fois insérés.

Quoique, comme nous l'avons vu, le langage des mécanismes soit censé donner un éclaircissement sur des enchaînements de cause à effet dans l'organisme, de tels enchaînements présumés ne sont pas des causes en soi, mais sont constamment conditionnés par la situation dans l'espace, le moment, et les besoins de l'organisme. Par le discours de communication, coordination, réaction et ainsi de suite, on renvoie à ces circonstances supra-ordonnées. Le langage mécaniste doit éveiller l'apparence que l'on a à faire avec des processus matériels aveugles. Mais étant donné que les phénomènes en tant que tels ne se laissent pas décrire, on recourt à un langage métaphorique qui tente de venir à bout, d'une quelconque manière, des contextes censés exister effectivement. Il est lisible que dans l'actuelle biologie, les deux manières de s'exprimer sont employées l'une à côté de l'autre, et même en effet s'engrènent l'une dans l'autre (voir par exemple le concept « mécanisme de perception »), sans que le chercheur en soit d'une quelconque manière conscient et qu'il les ait

clairement mis en relation l'une avec l'autre. En fin de compte, le langage métaphorique est utilisé pour recouvrir les insuffisances de l'ajout mécaniste.

Le biologiste Richard Lewontin dépeint la manière dont on prélève le complexe cellulaire de la prédisposition de la patte de l'embryon d'amphibien, puis comment on peut les séparer les cellules les unes des autres, par secouement, puis après avoir attendu que les cellules aient reformé une masse compacte, on replace celle-ci à l'endroit où se trouvait la prédisposition de la patte : une patte normale se développe ensuite. La totalité de l'embryon est donc le facteur déterminant et les parties s'ajustent dans ce grand ensemble. Lewontin remarque en plus :

« Tandis que dans les machines la totalité est créée par les parties élémentaires juxtaposées avec leurs propriétés et fonctions diverses, les parties élémentaires d'un organisme en développement semblent se développer en tant que conséquence de leur position dans l'espace à des moments critiques au cours du développement de l'embryon. Un tel objet est bien moins une machine qu'un langage, dont les éléments... acquièrent leur signification par le contexte. »(5)

Un thème frappant de l'actuelle littérature en biologie moléculaire c'est le fait que presque chaque élément de la cellule peut exercer diverses fonctions, à chaque fois selon le contexte. Ainsi le facteur de transcription FOXL2 (les facteurs de transcription sont des protéines qui se lient directement à l'ADN, pour réguler la transcription [synthèse de l'ARN, *ndt*] des gènes) joue un rôle important dans la détermination sexuelle et pour la fécondité féminine ; sans lui, les ovaires développent des propriétés testiculaires. Mais FOXL2 est aussi important dans des réactions oxydatives au stress, dans le maintien de l'équilibre du cholestérol (homéostasie) et pour la production d'hormones stéroïdes. (6)

Dans la biologie, comme dans le langage, le contexte fonde le sens pour les modalités. Prenons deux phrases : « J'ai rougi parce que je vois un soupçon de méfiance dans tes yeux. » « J'ai rougi, parce qu'un soupçon de parfum rappelle en moi de vieux souvenirs. » Le terme « soupçon » a dans les deux phrases une signification analogue, mais le sens est aussi différent : alors que nous nous représentons correctement, qu'un soupçon de parfum puisse se dégager d'un endroit et se propager vers un autre, nous n'en viendrons pas facilement à l'idée de pouvoir suivre physiquement ce soupçon de méfiance. La manière dont le terme « soupçon » est ici utilisée au plan du sens, ressort du contexte. Et dans les deux cas, le rougissement n'est pas un effet établi d'une série d'enchaînements de causes substantielles. On ne peut pas dire — quoique la tentation de le faire soit grande —, que le parfum déclenche des processus dans les mucosités nasales qui, au travers du nerf olfactif sont transmis au cerveau et qu'ensuite, au moyen d'autres nerfs, il déclenche finalement la vasodilatation dans la peau du visage et fait naître ainsi le rougissement. Car celui-ci dépend de beaucoup de choses : qui porte le parfum ? Qui est encore avec moi dans l'espace, lorsque je sens le parfum ? Quelle est mon état d'âme actuel ? Qu'elle est l'intensité du souvenir ainsi rappelé ? Selon les réponses à de telles questions, c'est-à-dire à chaque fois selon le contexte spécifique, le rougissement peut persister ou bien apparaître affaibli. La cause du rougissement — la raison pour cela — se trouve dans tout le contexte. Des processus physiologiques complexes de toutes sortes prennent part à ce contexte, mais ne sont aucunement des causes.

Dans un contexte plein de sens, il y a d'innombrables possibilités pour mettre en relation des modalités, pour les colorer les unes avec les autres et pour les transformer les unes dans les autres. Aucun aspect du contexte ne peut être isolé des autres aspects. C'est la raison pour laquelle il est si difficile de définir un « sens » ou une « signification ». En vérité, « signification » et « définition précise » se situent dans une polarité l'une par rapport à l'autre. Les mots ne prennent toutes leurs significations que s'ils sont libérés du dictionnaire et entrent dans des relations concrètes. Alors — dans la phrase et la succession de phrases — il y a un jeu de nuances significatives des images, indications et métaphores, par lesquelles les mots sont entre-tissés les uns avec les autres, dans un tissu aux couches multiples de signification. Coincer ici quelque chose de l'ordre d'une définition, reviendrait à vouloir supprimer toutes les harmoniques d'un violon, pour ne garder d'une vibration tonale précise. Comme le montre le linguiste Owen Barfield, chaque effort de définition, pour autant qu'il atteigne son objectif, s'achève dans une exactitude abstraite, sortie du contexte, et devient véritablement un nombre. (7) Dans ce sens, l'eau peut être définie par son point d'ébullition, son point de fusion, sa densité, son degré de transparence et autres.

Des forces dont personne n'a rêvé

Ainsi en est-il en biologie. Lorsqu'on parle de « la » fonction d'une molécule (une cellule, un tissu ou d'un organe), on veut alors dire la fonction qui s'est clairement révélée sous des conditions déterminées d'investigation. Elle reste aussi longtemps « la » fonction, que jusqu'au moment où l'on fait varier les conditions déterminées de l'investigation — que ce soit par d'autres questions posées ou méthodes, moments, conditions environnementales, etc. C'est alors qu'apparaissent d'autres aspects de la molécule ou de la cellule. Cela se révèle dans la science en progression. Ainsi Leslie, par exemple, a découvert ces dernières années de multiples fonctions conditionnées par le contexte des plaquettes sanguines (Thrombocytes), qui vont bien au-delà de leur rôle bien connu dans la coagulation du sang, lors de blessures. (8) Quelques fonctions seront ici signalées : les plaquettes secrètent des facteurs de croissance qui stimulent la régénération des tissus blessés ; elles déclenchent des processus d'inflammation ; elles capturent des microorganismes exogènes ; elles absorbent des substances comme la sérotonine et les abandonnent ensuite au foie malade, de manière que celui-ci puisse mieux se régénérer ; elles participent à l'organisation du système des vaisseaux sanguins du nouveau-né ; Leslie déclare à ce propos : « Les plaquettes sanguines ont révélé des forces dont personne n'a jamais rêvé ». (Il serait en vérité plus juste de dire : par la faculté, de vivre jusque dans ses plus petits constituants, l'organisme a révélé des forces dont personne n'aurait jamais rêvé.)

Avec les gènes, que l'on a pensés depuis longtemps comme des unités bien établies avec une fonction manifeste, l'insertion vivante du temps dans l'organisme est devenue de plus en plus évidente, ce qui, en même temps, a rendu de plus en plus difficile de dire ce qu'est vraiment un gène. (9) Par exemple, les chercheurs Tuck et Tollervy parlent de la multiplicité des séquences d'Acide Ribo-Nucléique (ARN) (10) : La même séquence d'ADN est transcrite en diverses séquences d'ARN et fournit donc des *transcrits* (filaments d'ARN [synthésisés par transcription ou copie de l'ADN « mot pour mot » ou « base pour base », d'où le terme justifié ici de *transcrits*, *ndt*)), qui exercent ensuite diverses fonctions biologiques spécifiques. Les transcrits sont souvent clivés et les fragments qui en résultent ont eux-mêmes à leur tour des fonctions différentes. Les auteurs résument : « La fragmentation de l'ARN élargie considérablement le spectre déjà extraordinairement vaste des transcrits dans les cellules eucaryotes et soulève la question du comment « doit-on définir un gène ».

Il est absolument évident que nous avons à faire, jusqu'à l'intérieur de l'ADN, avec des interdépendances mobiles et reliées au contexte. L'expression « mécanisme » pour cela est inadaptée. Dans cette mesure, la plupart des articles spécialisés suggèrent par l'utilisation de tels concepts une image déterministe des processus de vie, qui n'est pas ancrée dans les faits. Ceci ne veut pas dire que les chercheurs n'apportent pas beaucoup de faits importants et n'éclaircissent pas leurs interrelations mutuelles. Mais ils jettent une lumière biaisée sur leurs découvertes, lorsqu'ils les décrivent comme des mécanismes. Qu'ils fassent cela, c'est bien à la forte croyance dans la matérialité de toutes les causes qu'on le doit, même si les phénomènes, quant à eux, montrent de toutes autres choses. On pourrait aussi dire que la métaphysique du matérialisme empêche que la véritable manière dont les choses se passent soient pleinement connue.

La nature de la biologie repose dans la fondation d'un sens

Mais lorsque les biologistes, comme nous avons vu, décrivent la manière dont sont coordonnées et intégrées les fonctions des molécules, organites cellulaires, cellules, etc., ils emploient une langue de sens et de signification. Dans cette langue, l'activité de l'organisme est aussi regardée sur tous les plans. Un sujet qui, en tant qu'agent régulant et coordonnant exerce une activité dans l'organisme, on l'appelle habituellement un *être*. Mais les biologistes ne parlent pas d'êtres ! Ce n'est pas autorisé, parce que cela « pue » bien trop explicitement le vitalisme, le spiritualisme et le psychisme, ou bien autrement encore, un appel à une réalité qui n'est pas matérielle. Nous allons être prudents et nous laisser guider par des faits et des interrelations que montre la biologie moderne. Ainsi peut-on dire provisoirement qu'un être est, dans la biologie, le sujet de toutes les expressions renvoyant à un agissant qui est à trouver chaque fois dans tout article spécialisé.

L'être des biologistes est pour ainsi dire chez lui dans le domaine de la fondation du sens. Il fait la différence entre des influences salutaires et celles nuisibles ; il réagit d'une manière censée et dynamique sur son entourage et empreint l'environnement de sa propre signification. L'être des biologistes est caractérisé aussi par un *soi*. On parle d'auto-organisation et il existe divers autres « soi » sous-ordonnés : des réseaux neuraux, domaines chromosomiques, tissus, structures protéiques s'organisant elles-mêmes, et autres. Et parfois, il y a des soi « plus vastes ». Ainsi des fourmis sont caractérisées en tant qu'éléments d'une colonie s'organisant elle-même en soi. C'est « l'être » que nous montre les biologistes. C'est sûr que de ce côté, il n'y a aucune façon unitaire de penser. Tout est bien trop recouvert des formes du penser matérialistes et doit être considéré avec critique. Mais il en est absolument ainsi que la biologie par l'emploi d'un langage du sens désigne ce qui est conforme à l'être dans l'organisme et fréquente quotidiennement ce qui est inhérent à l'être. Ce que la biologie montre aujourd'hui nettement, c'est que ce qui relève de l'être est actif jusque dans ses plus petits éléments. Il n'y a de rupture nulle part, où s'achèverait le vivant et où il existerait quelque chose de simplement matériel ou mécanique. C'est précisément une caractéristique de ce qui est essentiel dans la vie : l'être traverse tout, il est activement présent dans les processus moléculaires les plus infimes comme dans la totalité de l'organisme.

Lorsque nous considérons l'ensemble de l'organisme d'une manière vivante, nous pouvons faire l'expérience d'une organisation unitaire en tant que figure d'organisation. (11) Nous voyons cette figure dans la manière dont l'organisme se développe et s'active. Et finalement les formes achevées nous montrent une activité qui a ruisselé d'un être. Dans cette mesure chaque forme organique, chaque processus en est un geste, à savoir un « dire » ou une expression de ce qui relève du sens qui traverse et structure tout l'organisme — et cela jusque dans le moindre détail. Vus ainsi les processus interprétés comme des « mécanismes » sont de véritables expressions de la vie unitaire de l'organisme et non pas les causes de celle-ci. La question, c'est naturellement de savoir dans quelle mesure nous appréhendons déjà dans tous les processus, ce vivant, conforme à l'être ou relevant de son sens. En cela, se révèle ici une tâche future.

La biologie d'aujourd'hui renvoie à cette direction. Son langage interprète des intentions dirigées (*adaptation, développement, réponses*) ; il est pénétré « d'esthétique » (*sain et malade, ordonné et perturbé ; harmonieux et discordant ; rythmique et arythmique*) ; il parle de totalités (*coordination, intégration, organisation, unité*), et il révèle constamment des relations (*communication, messages, informations, signaux*). Ainsi voit-on l'être actif de l'organisme dans tous les processus. Pour reconnaître cela, on doit d'abord se libérer, d'un côté, de l'attachement aux préjugés du penser mécanique causal. De l'autre côté, on ne doit pas se représenter non plus les processus — débauchés par des termes comme coopération, communication et autres — comme trop techniquement anthropomorphes — telles de petites intelligences humaines qui traversent tout l'organisme en transmettant des ordres. Le problème c'est que souvent les éléments sont interprétés comme si les messages, les informations qui contrôlent les processus provenaient d'eux. On ne voit pas ainsi que c'est l'organisme lui-même qui agit en créant son contexte dans tous les processus partiels. On doit ouvrir son regard sur les processus en tant que tels et les suivre par un penser actif. Ensuite la vie commence à parler en images, qu'elle replace en interdépendance. La dynamique et le caractère unitaire de l'organisme deviennent ainsi une expérience.

Lorsqu'on travaille dans cette direction, il en résulte une conséquence importante. Nous ne nous représentons plus un monde vivant quasiment matériel, dans lequel les processus se déroulent parfaitement indépendamment de nous. Dès que nous comprenons que le monde vivant est un monde de contextes signifiants, nous ne sommes plus séparés de lui. Dans le domaine du sens, ou de la signification, les modalités se produisent en interactions mutuelles. Il n'y a aucune signification, qui serait verrouillée hermétiquement. Nous sommes nous-mêmes un élément de ce tissu vivant du monde.

Dans celui-ci, nous avons à vrai dire une position particulière. Nous pouvons, avec une conscience de soi, au moyen de nos idées, nos sentiments, et de notre langage, notre expression, nos gestes et notre cohérence nous mouvoir dans le domaine de fondation du sens. Nous pouvons étudier ces dons, pour aller à la rencontre de ce qui est inhérent à l'être ou à ce qui parle dans le monde et

l'amener à une connaissance consciente. Nous apprenons alors, de la vie, à mieux connaître le langage de la vie.

C'est d'une manière surprenante que se révèle à nous, selon la forme de la biologie moléculaire matérialiste, que la vie est inhérente à l'être jusque dans le plus petit élément de celui-ci.

**Dis Drei, n°2/2012**

(Traduction Dr. Daniel Kmiecik)

Cet article provient d'une traduction partielle d'extraits de textes provenant de deux articles de Stephen L. Talbot :

*The Unbearable Wholeness of Beings*, 2011, Online : [http://www.natureinstitut.org/txt/mqual/genome\\_5.htm](http://www.natureinstitut.org/txt/mqual/genome_5.htm)

*What Do Organisms Mean ?*, 2011, Online: [http://www.natureinstitut.org/text/maqual/genome\\_6.htm](http://www.natureinstitut.org/text/maqual/genome_6.htm)

#### Notes :

- (1) Sayyed K. Zaidi, Daniel W. Young, Martin A. Montecino *et al.*: *Mitotic bookmarking of Genes: A Novel Dimension to Epigenetic Control*, dans: **Nature Reviews Genetics**, vol. 11, pp.583-9.
- (2) Henri Bortoft: *The Wholeness of Nature*, Great Barrington 1996, p.290.
- (3) Daniel R. Hyduke, Bernhard Ø. Palsson: *Towards genoms-Scale Signalling network Reconstructions*, dans **Nature Reviews Genetics** Vol. 11, (avril 2010), pp. 297-307.
- (4) McKlinton, Barbara: *The Significance of Responses of the Genome to Challenge*, Discours de réception du prix Nobel, le 8.12.1983.
- (5) Richard Lewontin: *The Corpse in the Elevator*, dans: **New York Review of Books**, vol. 29 (1983), pp.34-7.
- (6) Bérénice A. Benayoun, Reiner A. Veitia: *A post-translational Modification Code for Transcription Factors: Sorting Through a Sea of Signals*, dans **Trends in Cell Biology**, vol.19, issue 5 (2009), pp.189-197.
- (7) Owen Barfield: *Poetic Diction: A Study in Meaning*, Middletown CT, 1973, pp. 185 et suiv.
- (8) Mitch Leslie (2010). *Beyond Clotting: The Power of Platelets*, dans **Science**, vol. 328 (2010) pp.562-564.
- (9) Stephen L; Talbot: *Getting Over The Code Delusion: Biology's Awakening*, 2010, Online: [http://www.natureinstitut.org/txt/st/mqual/genome\\_4.htm](http://www.natureinstitut.org/txt/st/mqual/genome_4.htm)
- (10) Alex Tuck, David Tollervey: *RNA in Pieces*, dans: **Trends in Genetics**, vol.27, issue 10 (2010), pp.422-432.
- (11) Voir par exemple Craig Holdrege/ *What does It Mean to Be a Sloth ?*, dans Craig Holdrege, Stephen L. Talbot: *Beyond Biotechnology?* Lexington 2008, pp.132-53: Online: <http://www.natureinstitut.org/nature/sloth.htm>  
Ernst Michael Kranich: *Wesenbilder der Tiere*, Stuttgart 1995; Wolfgang Schad: *Säugetier und Mensch*, Stuttgart 1971; Andreas Suchancke: *Métamorphose*, Stuttgart 2002.

#### Les auteurs:

**Stephen L. Talbot** a, de longues années durant, travaillé dans l'industrie informatique et depuis 1998, il est Directeur de Recherche au *Nature Institut* de la ville de New York. L'institut est dédié à la recherche phénoménologique goethéenne. Talbot est l'auteur de la publication online : **Netfuture** (Netfuture.org) et le rédacteur de **In Context** (<http://www.natureinstitut.org/pub/ic/index.htm>).

**Dr. Craig Holdrege** est fondateur et directeur du *Nature Institut* de la ville de New York existant depuis 1998. Il est auteur du livre : *Le contexte oublié : Projet d'une génétique d'ensemble* (Stuttgart 1999) et il a rédigé de nombreux articles sur la biologie d'inspiration goethéenne et sur la technique génétique. Il fut 21 ans durant enseignant supérieur de biologie dans les écoles Waldorf, 12 ans en Allemagne et ensuite aux USA.

**Contact** : The Nature Institute, 20 May Hill Road, Ghent, NY 12075 USA;

<http://www.natureinstitut.org>

[Stevet@netfuture.org](mailto:Stevet@netfuture.org);

[craig@natureinstitut.org](mailto:craig@natureinstitut.org)