

LA FONCTION NÉGATIVE DANS LES SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE

Guy Rumelhard

En biologie et en géologie la conceptualisation du négatif (inhibition, suppression, catabolisme, érosion, subduction, etc.) a rencontré de nombreux obstacles tous liés à une très forte dévalorisation de tout ce qui peut constituer une destruction, une dégradation, une disparition. Cet article analyse donc certains de ces obstacles spécifiques à tel domaine, ou communs à plusieurs. Cette conceptualisation occupe une place latérale, ou, au contraire, centrale selon qu'il s'agit d'analyser des lois de la nature, ou son organisation, ou bien de raisonner sur le jeu des possibles en intégrant, dans une dernière étape, le concept d'entropie.

Dans les diverses disciplines des Sciences de la Vie et de la Terre, on peut relever des mots, des expressions ou des concepts qui désignent "quelque chose de négatif" : inhibition, inactivation, tolérisation, inhibiteur, répresseur, supprimeur, antagoniste, antihormone, catabolisme, cataclysme, érosion, subduction, chaos, etc. Nous nous proposons de rechercher s'il n'existerait pas des propriétés ou des obstacles communs à ces différentes **conceptualisations du négatif** permettant de caractériser ce que l'on pourrait nommer "une fonction négative". Nous analyserons quelques exemples en biologie et en géologie.

1. LE NÉGATIF EST PRÉSENT DANS TOUS LES DOMAINES

1.1. Les mécanismes de régulation

En biologie le concept de régulation apparaît comme une nécessité des systèmes. À toute activation ou amplification doit nécessairement correspondre une fonction négative : inhibition ou suppression, sinon le système risque de s'emballer. L'un des premiers mécanismes de régulation a consisté à mettre des pierres lourdes sur les roues des moulins à vent, certaines étant accrochées par des cordes et pendant librement de manière à freiner automatiquement toute accélération inopinée... et à permettre au meunier de dormir ! Mais un objet technique n'est pas immédiatement un concept, et encore moins la généralisation de ce concept aux diverses situations que l'on peut percevoir actuellement comme analogues. L'importance de cette fonction négative dans les divers domaines où se spécifie le concept de régula-

dans un système, à toute amplification doit correspondre un frein

tion semble toujours **sous-estimée**, ou **retardée**, ou **confondue** avec l'opposition de deux **forces antagonistes**, ou avec la simple absence d'action.

Dès 1906 Sherrington analyse la contraction d'un muscle extenseur obtenue en réaction à son étirement, puis l'inhibition de cette contraction réflexe lors de la traction sur le muscle antagoniste fléchisseur (Dewaele, 1994). Il affecte d'un signe plus (+) et d'un signe moins (-) les deux muscles dont les réactions sont croisées. Mais chez lui, initialement, l'idée d'une régulation de la longueur, que l'on nomme réflexe myotatique, n'est pas présente. Sherrington conçoit l'inhibition mais dans le cadre de deux **influences antagonistes** et non pas comme un mécanisme propre à chaque muscle.

l'inhibition est
un blocage actif

Il serait très significatif de suivre l'apparition et l'extension du **concept d'inhibition** dans l'étude du **système nerveux** ainsi que dans la compréhension du fait que certaines hormones inhibent, alors que, initialement, le terme signifie "exciter". Notons simplement que, lors de l'étude des réflexes conditionnels et de leur inhibition, on a longtemps considéré que la répétition du signal conditionnel seul entraînait la **disparition** de la réaction conditionnelle et non pas son inhibition. L'idée d'un **blocage actif négatif** est-elle plus difficile à concevoir qu'une absence ?

il existe
nécessairement
des mécanismes
suppresseurs

L'ensemble des **réactions immunitaires** n'est conçu comme formant un **système fonctionnel** qu'au début des années 1970. Antérieurement il s'agissait plutôt de réactions déclenchées de manière circonstancielle. La nécessité d'une fonction négative apparaît alors (inhibition, suppression). Dans la mesure où le système n'est pas seulement anatomique, mais fonctionnel, dans la mesure où des cellules et des anticorps sont fabriqués brusquement et en très grand nombre, il doit exister une **fonction de régulation** visant à **freiner** et revenir à l'état initial, il doit exister des "cellules suppressives". Ainsi Richard Gershon constate en 1971 qu'en transférant des cellules spléniques d'animal tolérant à un antigène donné, il inhibe la réponse à cet antigène chez l'hôte qui est normalement répondeur. Il attribue d'abord cet effet à une substance immuno-suppressive, puis à des lymphocytes qu'il nomme "suppresseurs". Il ne semble pas concevable qu'un lymphocyte puisse se multiplier et sécréter ses produits de manière illimitée d'autant que la réaction est initialement "explosive" (effet booster). Quand un lymphocyte inactif est stimulé pour répondre, l'effet est amplificateur, et quand la cellule répondeuse est très active l'effet régulateur est suppresseur (Moulin, 1991). En fait le mécanisme exact et parfois l'existence même de ces cellules suppressives sont encore en discussion.

Depuis le début des années 1960, la génétique moléculaire tente de donner un contenu précis et de plus en plus complexe au concept de **régulation génétique**. Sans détailler ici tous les travaux de F. Jacob, J. Monod et de bien d'autres,

induction
généralisée ou
répression
permanente

nous soulignerons seulement que le concept de répresseur a eu quelque mal à s'imposer. Dans les années soixante, Léo Szilard et Jacques Monod se sont affrontés sur le choix du modèle à adopter pour la régulation enzymatique chez *Escherichia coli*. Monod était en faveur d'un modèle d'induction généralisée où la synthèse était déclenchée par un activateur. Dans un second temps, il se rallia au modèle par répression proposé par Szilard en 1960. La **répression permanente** de la synthèse de l'enzyme est un phénomène qui caractérise le gène sauvage. Szilard concevait d'autres applications du modèle par répression, par exemple dans sa théorie raffinée de la formation des anticorps : l'antigène entre dans le lymphocyte où il se lie aux récepteurs qui répriment la formation d'anticorps. L'antigène lève cette inhibition. Monod avait trouvé initialement difficile d'admettre la répression comme la situation normale. Une répression occasionnelle serait plus facile à admettre qu'une répression permanente (Morange, 1994).

1.2. L'immunologie

Bien avant la conceptualisation des cellules suppressives le négatif avait fait son apparition parmi les réactions immunitaires dans deux domaines.

la sélection
clonale implique
une tolérance

Tout d'abord l'annulation d'une réaction immunitaire normalement attendue et la conceptualisation de l'idée de tolérance, tolérance naturelle au soi, ou tolérance acquise dans un but thérapeutique. Le cadre théorique hypothétique de la sélection clonale imaginé par Burnet implique la tolérance, c'est-à-dire une **fonction active de suppression** des réactions contre son propre "soi", pour rendre compte de ce qui peut apparaître comme une simple absence de réponse immunitaire dans une approche simplement empirique. Il faut concevoir plus qu'une **simple absence** de réponse.

l'autodestruction
de soi-même

L'autre domaine de l'immunologie qui implique du négatif concerne l'auto-immunité et les **maladies auto-immunes**. Au début du siècle les scientifiques, encouragés par les nombreuses réussites dans le domaine des vaccins contre des cellules infectieuses, tentent également de fabriquer des sérums cytotoxiques pour tel ou tel organe mais dans un but thérapeutique : détruire de manière très spécifique. Mais les procédures d'immunisation sont grossières et les résultats incertains. Finalement toutes les tentatives d'utilisation thérapeutique des sérums cytotoxiques ou de leurs antagonistes, les antisérums, ont échoué. Après la première guerre le thème de l'auto-immunité **disparaît** des discours. Au nombre des facteurs expliquant cette disparition Anne-Marie Moulin propose d'ajouter *"la montée, entre les deux guerres, de la psychanalyse et des théories psychologiques de la maladie. À cette période la psychologie et la psychanalyse ont pris en charge nombre de maladies-frontières ou de troubles inclassables. Dans la théorie psychanalytique, le moi jouait un grand rôle et assurait des fonctions de suppression"*

le moi freudien
a une fonction
de suppression

*des affects, expliquant nombre de déplacements et de refoulements. Par opposition l'idée de la maladie se faisait, en médecine, plus réductionniste et plus positive sinon positiviste. Le **travail du négatif**, l'autodestruction devenait l'apanage de la « psyché ». Réciproquement la fonction régulatrice du moi était ainsi perdue pour la biologie et renvoyée à des instances conçues d'une manière de moins en moins matérielle, contrairement aux premières orientations de Freud." On voit se dessiner actuellement, et précisément dans le domaine de l'immunologie, des tentatives pour rapprocher le "soma" et la "psyché" et réintégrer une fonction négative au cœur de l'immunologie. Par ailleurs l'idée d'auto-immunité resurgit dans le domaine très particulier et longtemps isolé de l'hématologie. On a continué à rechercher des nouveaux groupes sanguins en inoculant des globules rouges à des individus appartenant à la même espèce, et à des espèces différentes. La découverte du système rhésus en 1940 réapporte brutalement l'idée négative et insupportable d'anticorps fabriqués "logiquement" par la mère contre son propre enfant (Moulin, 1991).*

1.3. L'érosion des terres émergées

l'érosion est
une perte

La géologie offre plusieurs exemples de conceptualisation du négatif au premier rang desquels il faut certainement placer l'érosion des terres émergées. Comme le montre G. Gohau, la géologie naissante de la fin du XVIII^{ème} siècle et du début du XIX^{ème} siècle bute sur cette **perte de matière**. Toutes les théories de la Terre depuis Descartes ont pour ambition d'expliquer la **formation** du globe et non sa destruction. Descartes lui-même ne semblait pas se préoccuper de la lente destruction des reliefs par l'érosion. Mais même si d'autres auteurs s'en préoccupent, tel Bourguet, et tentent de les évaluer, ils ne leur font jouer aucun rôle positif (Gohau, 1990).

Hutton paraît avoir été le premier à comprendre le rôle de la destruction des reliefs dans le cycle géologique. L'existence d'une discordance angulaire telle qu'il la figure en 1795 (voir ci-contre), c'est-à-dire l'observation de couches redressées surmontées de couches horizontales, avait bien été remarquée mais de manière anecdotique. L'idée de discordance suppose que les terrains redressés par les mouvements tectoniques ont été ensuite arasés par l'érosion avant d'être à nouveau recouverts par la mer permettant ainsi le dépôt de couches horizontales. Le négatif est intégré dans le cycle géologique, où il joue un rôle précis. Mais la contrepartie de l'érosion est que les cycles **effacent les traces** de leur passage. Le passé antérieur au dernier cycle doit être considéré comme à jamais perdu. Ainsi ce concept de discordance ne permet pas immédiatement de datation sinon de manière relative : le mouvement est postérieur à la couche tectonisée la plus récente et antérieur à la plus ancienne des couches non affectées. Mais toutes les couches tectonisées sont-elles

pour autant de même âge, et soulevées par une **révolution unique** qui aurait effacé toute trace antérieure ?

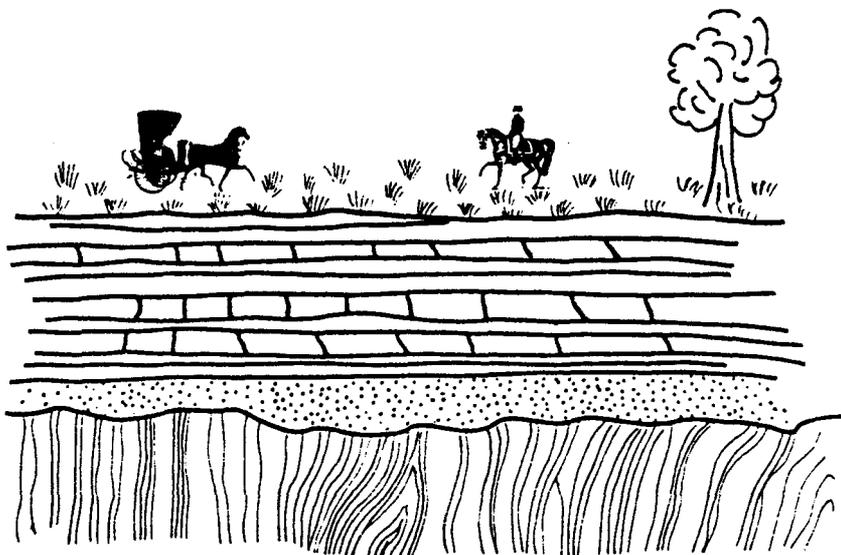
On verra ainsi d'autres auteurs plus préoccupés de datation des terrains, plus préoccupés d'analyser les "archives de la Terre", continuer à ne **tenir aucun compte** de l'érosion et des discordances. Elie de Beaumont n'observe pas à proprement parler les discordances ; il voit en plaine les couches horizontales, puis en montagne les couches redressées. C'est parce qu'il ne tient pas vraiment compte de l'érosion qu'il opère ainsi.

Il faudra encore du temps pour comprendre que si l'érosion efface les archives, elle laisse cependant des empreintes qu'il est possible de déchiffrer. La base de la géologie réellement historique réside dans sa capacité à transformer en archive tout ce qui vient déranger accidentellement l'organisation de la nature, et non à le rejeter comme accident.

On peut alors concevoir **plusieurs cycles d'érosion** interrompus par des événements tectoniques et orogéniques aboutissant à chaque fois à des formes nouvelles.

Figuration d'une discordance angulaire d'après Hutton (*Theory of the Earth*, 1795)

Extrait de Gabriel GOHAU. *Histoire de la Géologie*. La Découverte. p. 122



Les couches inférieures verticales sont les « racines » d'anciens plis qui ont été en partie détruits par l'érosion. Sur la surface d'aplanissement est revenue une mer qui a déposé les couches supérieures horizontales.

1.4. La subduction

l'érosion explique
les discordances

Dans le cadre théorique de la tectonique des plaques, en géologie, on conçoit qu'il existe des zones d'accrétion dans lesquelles se forment un plancher océanique nouveau, des zones de collision entre plaques qui créent des chaînes de montagne, et des zones de subduction dans lesquelles une plaque s'enfonce sous une autre à de très grandes profondeurs. Les modalités précises en sont variées.

certaines
plaques
disparaissent

Dans un article sur la subduction, Xavier Le Pichon (1980) écrit que *"la subduction est sans conteste le phénomène dynamique et énergétique majeur de notre globe"*. Une grande partie du volcanisme et des séismes lui correspond en effet. Mais, poursuit-il, si ses manifestations indirectes sont nombreuses, spectaculaires et parfois dramatiques, c'est un phénomène difficile à caractériser par des manifestations **directement observables** "en surface" de la Terre, cette "surface" étant cachée, en tout état de cause, sous 3 à 11 km d'eau, et le phénomène se poursuivant sur plus de 400 km en profondeur. Selon cet auteur, il existe une difficulté supplémentaire liée à la nature même de la subduction qui est de **faire disparaître** et non de créer. Nous mettrions ici le doigt sur un "obstacle épistémologique" : comment observer positivement une disparition ? Cette difficulté rejoint les difficultés rencontrées pour caractériser l'invisible, les microbes par exemple, ou les anticorps avant de disposer de techniques appropriées. Pour conceptualiser une disparition il faut une **théorie forte**. L'empiriste sera ici pris en défaut.

peut-on observer
une disparition ?

Séismes et volcans sont bien évidemment connus et décrits depuis longtemps. Les volcanologues et les géophysiciens ont dressé des cartes des guirlandes insulaires, dessiné le lieu géométrique des tremblements de terre, lieu qui s'enfonce à plus de 400 km selon un plan décrit par Wadati dans les années trente et confirmé par Benioff. Le volcanologue japonais Kuno émet l'hypothèse que l'origine des laves se situe sur ce plan. Et pourtant le concept de subduction n'interviendra qu'après la compréhension du fonctionnement des dorsales. Pour les dorsales les **observations positives** et **directes** sont nombreuses : mesure des distances grâce aux satellites, mesures des anomalies magnétiques et établissement de la carte en "peau de zèbre", datation des couches par carottage, exploration avec les soucoupes Cyana et Alvin.

On pourra ainsi observer que, dans les manuels scolaires et universitaires, le rôle des dorsales a été très fortement exagéré et celui de la subduction **très minoré**, la subduction est "déduite" de l'existence d'une expansion océanique, à condition bien évidemment de ne supposer ni augmentation de volume de la Terre, ni lieu de rétraction ou de compression. Les dorsales constituent même parfois le "moteur" de la tectonique des plaques, alors que les auteurs actuels

il est aisé
d'observer
une apparition

attribuent à "la **traction des zones de subduction**" 80 % de l'énergie nécessaire au déplacement (Thomas, 1992).

Il reste cependant que, dans l'état actuel, la disparition semble irrémédiable, et l'espoir de retrouver un plancher océanique daté de plus de 200 millions d'années vain. En attendant, comme pour l'érosion, de savoir convertir des indices en "archives de la Terre".

2. LE JEU DES POSSIBLES ET DES CONCEPTS EN ATTENTE

2.1. Penser les combinatoires conduit à penser les pertes

l'idée d'atavisme
récuse les pertes

La pensée commune admet volontiers que des créations d'êtres ou de choses ont lieu, mais que "rien ne se perd". La génétique mendélienne apporte la supposition d'une combinatoire d'éléments (qui seront nommés gènes). Dès que les gènes sont nombreux, les possibilités de gamètes le sont aussi. Toutes les fécondations n'auront pas nécessairement lieu, sauf sur de très grands nombres, et ainsi certaines combinaisons seront "**perdus**" dans la descendance. Ce que nous expliquent également les mécanismes de la méiose. On a pu montrer que la pensée des élèves s'appuie au contraire sur le modèle humain de l'**héritage** et accepte difficilement cette perte. Les travaux de Naudin, parfois considéré comme précurseur de Mendel, s'appuient sur une conception de l'**atavisme**. Il cherche la **vitesse de "retour"** aux caractères ancestraux qui ne peuvent avoir disparu (Rumelhard, 1986).

toutes les
combinaisons
possibles ne sont
pas retenues

Les promoteurs de l'anatomie comparée proposent le concept de plan d'organisation. Certains auteurs considèrent alors les éléments qui entrent dans la constitution de ces organisations comme des unités isolables et dont on peut **concevoir des combinaisons** à l'infini. Or l'une des idées importantes de l'anatomie comparée est précisément d'affirmer que toutes les combinaisons ne sont pas possibles. Tout n'est pas permis dit Buffon. Tout ne peut pas être. Avant que n'apparaisse une pensée transformiste susceptible d'expliquer "*la descendance avec modifications*" comme dira Darwin, il faut d'abord créer une rupture dans "*la chaîne continue des êtres*". La pensée commune croit volontiers que tout est possible, sans règles (Rumelhard, 1995). Pour concevoir le transformisme, il faut **retrancher des possibilités** de variation et non pas en ajouter. La fonction négative apparaît ici comme une fonction réaliste, destructrice de rêves et d'imaginations trop libres !

Darwin ne pense pas explicitement en termes de combinatoire. Il adopte cependant les calculs prévisionnels de Malthus qui proposent un modèle d'évolution des popula-

tions. Le concept de sélection naturelle en dérive, en dépit d'un terme mal choisi car il ne s'agit pas d'un choix positif électif-sélectif. Darwin a une idée féconde du négatif car il conçoit que la confrontation des individus aux contraintes du milieu entraîne l'élimination des moins aptes. C'est ce même terme qui sera repris par les immunologistes pour désigner la "sélection clonale" sans toutefois lever les ambiguïtés du mot.

2.2. L'absence n'a pas de valeur négative

certains organes
ont disparu

Les classifications zoologiques de type dichotomique utilisent souvent des distinctions en présence/absence : Vertébrés Gnathostomes et Agnathes (présence/absence de mâchoire inférieure) ; placentaires et aplacentaires, etc. Mais **la signification de l'absence** n'est pas toujours la même. Si les Orvets sont apodes, on peut considérer, dans le cadre de la théorie sur l'évolution, qu'il s'agit d'une **disparition**. Si les Myxines n'ont pas de mâchoire inférieure, il est tentant de considérer "qu'elle n'est pas encore apparue" puisque tous les autres Vertébrés en ont une.

Lorsque Lamarck est chargé de classer "les animaux sans vertèbres", on peut considérer que l'expression désigne simplement un ensemble hétéroclite dans lequel il s'agit de mettre de l'ordre. L'appellation est alors provisoire. Mais comme il prétend classer les animaux selon une **série unique linéaire et progressive**, selon "une échelle des êtres", le terme d'invertébré désigne alors **un manque** qui conduit à les considérer comme inférieurs. Cette définition par la négative devient un obstacle dans la mesure où elle empêche d'observer les différences positives qui font l'originalité des divers embranchements (*).

ceci n'implique
aucune infériorité

Par ailleurs Darwin propose de référer le mode de vie et le comportement d'un animal à son milieu spécifique de vie, milieu qui comprend d'autres vivants. L'Orvet et la Myxine n'ont alors aucune **infériorité**. Toute hiérarchisation de valeur qui prend bien entendu le point de vue humain comme référence, doit alors disparaître. L'animal n'est pas un être privatif par rapport à l'homme. L'animalité ou, pire, la bestialité, avait valeur négative et méprisante pour l'homme. L'animal ne contient pas, en creux, la promesse de la future apparition de l'espèce humaine. Réciproquement l'animalité cesse d'être tenue pour la menace permanente de l'humanité, le risque de sa dégradation. "L'animalité c'est le souvenir de l'état pré-scientifique de l'humanité, c'est sa pré-histoire organique et non pas son anti-nature métaphysique." (Canguilhem, 1968)

(*) Dans un autre domaine, mais dans le même ordre d'idée, on conviendra que parler de non-croyant ou d'incroyant vise à dénier un statut positif à celui qui est apparemment "privé de quelque chose".

2.3. La santé s'éprouve au contact de la maladie

l'enseignement
ne définit pas
la santé

L'enseignement de la biologie ne se préoccupe en général pas de définir positivement la santé. Il se contente souvent de la formule célèbre de R. Leriche : "c'est la vie dans le silence des organes", définition négative par l'absence apparente de pathologie ressentie ou détectée (Canguilhem, 1966).

L'enseignement se propose également explicitement de réaliser une éducation à la santé qui n'est pas toujours une éducation à la responsabilité. L'observation des manuels donne plus le sentiment d'une volonté de normaliser les attitudes et les comportements. Tout se passe comme s'il suffisait de décrire certaines maladies, leurs risques et les moyens de les prévenir. Fumer du tabac est (statistiquement) dangereux pour soi et pour son entourage, donc il faut éviter de fumer, et éviter de se trouver dans la situation d'inhaler la fumée des autres. Voilà la santé.

la santé
s'éprouve au
contact de la
maladie

G. Canguilhem, l'un des premiers, a défini la santé non pas uniquement comme un état, ni seulement comme la capacité à conserver, ou à restaurer la normalité et les normes qui la constituent, mais surtout comme **la capacité à les dépasser** et à en **instaurer de nouvelles**. "*L'abus possible de la santé fait partie de la santé*", et cette formule sera aisément admise par un adolescent qui souhaite se dépasser sinon "s'éclater". Autre formule : "*la santé est un luxe biologique, celui de pouvoir tomber malade et de s'en relever*". À condition d'admettre qu'un luxe biologique n'est pas un superflu, mais bien au contraire une fonction de première et élémentaire nécessité. La définition est cette fois dans l'ordre du plus-que-positif. La santé devient le concept d'une **aveur latente, un concept en attente de sa mise à l'épreuve**. Avant de tomber malade, on ne sait pas si on s'en relèvera. Le concept de santé **s'éprouve** au contact de valeurs négatives que sont les maladies (Canguilhem, 1966).

le contraire
n'est pas le
contradictoire

Pour mieux définir un concept scientifique, on cherche parfois à caractériser son contraire et son contradictoire. Ainsi le mot de pathologie est parfois considéré comme équivalent de maladie dans certains cas au moins. Il est alors immédiatement couplé au "normal". C'est l'occasion de confronter un concept à son contraire et son contradictoire. Nous ne ferons ici que poser les questions. Pathologique est-il un concept identique à celui d'anormal ? Est-il le contraire ou le contradictoire du normal ? Et normal est-il identique à sain ? Et l'anomalie est-elle même chose que l'anormalité ? Et que penser enfin des monstres ? Et toutes les pathologies, du daltonisme au cancer sont-elles comparables quant à leurs conséquences sur la vie biologique, affective, sociale ? (Canguilhem, 1965).

2.4. La définition de la vie intègre la mort

Il ne serait pas paradoxal que la plupart des manuels d'enseignement de biologie ne cherchent pas à définir ce qu'est "la vie" si ce mot avait l'évidence d'une chose aussi directement observable que l'est, pour le géologue, la surface visible de la Terre, et ses manifestations dynamiques (séismes, volcans, érosion).

Bien évidemment on peut, après des discussions historiquement longues, retenir quelques propriétés communes aux "corps vivants" telles la croissance et la multiplication.

les définitions
vitalistes
ont échoué

Jean Rostand qui dirige en 1965 la publication du volume *Biologie de l'Encyclopédie de la Pléiade* souligne cette difficulté : "encore que nous soyons dans l'impossibilité de définir à la rigueur le phénomène connu sous le nom de vie, on s'accorde à distinguer, dans les productions de la nature, les corps bruts et les corps vivants, ceux-ci étant suffisamment caractérisés par la faculté d'accroissement, qui entraîne l'aptitude à la reproduction" (Rostand, 1965). Son rationalisme militant l'a conduit à congédier d'une manière qu'il pense définitive les débats philosophiques et à exorciser toute métaphysique. Pour lui le progrès décisif provient d'un rationalisme de laboratoire qui distingue rigoureusement "les données d'observation ou d'expériences" et leur interprétation, qui sépare les "faits" et les hypothèses. Il admet que le biologiste moderne devient "un inventeur de phénomènes", un "contremaitre de la création" qui produit une nouvelle nature, qui ajoute à la réalité, mais qui cherche fondamentalement à l'expliquer en termes uniquement physico-chimiques et mathématiques. Or à l'époque on n'a trouvé aucune loi ou aucune entité qui pourrait constituer "le secret de la vie". Et en 1962 un chimiste, E. Kahane, a pu écrire "*La vie n'existe pas*". Il faut comprendre que toute définition positive de la vie a échoué : le vitalisme qui a tenté de s'opposer aux excès d'un réductionnisme s'érigeant en philosophie et non pas seulement en méthode d'investigation, n'a produit aucun concept convaincant et opérant qui pourrait lui être opposé.

pour chaque
individu,
la vie existe

Dans le vocabulaire courant, le mot vie reste et restera indéracinable. Il est très largement utilisé pour désigner de manière métaphorique et fortement valorisée tout ce qui semble avoir au moins partiellement telle ou telle propriété des vivants : mobilité, chaleur, croissance, multiplication, sensibilité. Sous cet angle, dit une publicité pour une eau minérale recueillie sous des laves volcaniques : "*la Terre est une planète vivante, en activité. Les volcans sont les manifestations de cette vie intérieure*"... et l'eau minérale filtrée sur ces laves ne peut qu'avoir des propriétés favorables.

Pendant tout le XIX^{ème} siècle, après la création du mot biologie (science de la vie) en 1802, la question "qu'est-ce que la vie ?" est une question vive de la recherche. Claude Bernard, cofondateur de la Société de Biologie, propose deux formules volontairement contrastées : "*la vie c'est la*

création” (1865) et *“la vie c’est la mort”* (1875). On pourrait penser que ces deux formules ont totalement perdu de leur actualité et de leur acuité depuis l’apparition de la biologie moléculaire. En effet F. Jacob (1970) écrit *“on n’interroge plus la vie aujourd’hui dans les laboratoires”*. Mais on continue d’interroger “les vivants” (au pluriel), et si on ne cherche plus “les lois”, ou “les secrets de la nature”, F. Jacob tente cependant de décrire *“la logique du vivant”* (au singulier). La description de la prodigieuse diversité des vivants n’exclut pas la question de l’unité du vivant.

la vie intègre
la mort

La définition de la vie conçue par Bichat en 1802 comme *“l’ensemble des forces qui s’opposent à la mort”* conserve un caractère vitaliste. Que sont ces forces antagonistes qui s’affrontent ? Comment caractériser positivement une fonction de résistance à la dégradation et à la destruction ? La biologie moléculaire propose de considérer la mort non pas comme le **contraire** de la vie, mais comme une fonction génétiquement programmée. Le contraire de la vie c’est la déviation, la déformation, la création de monstruosité ou de vivants monstrueux. Par ailleurs, et nous y avons déjà fait allusion, la création d’un brassage génétique par le jeu de la sexualité propose un rôle positif à la mort, à travers les contraintes du milieu.

la vie c’est le jeu
des possibles

L’autre formule de Claude Bernard aurait pu prendre une coloration romantique que rappelle le sens premier du mot végétation : non pas végéter, mais proliférer. Mais si l’on veut bien ne pas la cantonner dans la description de la “biodiversité”, et dans la célébration du “génie végétal” ou du “génie animal”, on peut dire que la génétique moléculaire est venu effacer (exorciser) toute trace de romantisme et de métaphysique contenue dans l’expression *“la vie c’est la création”*. Les mécanismes génétiques produisent incessamment du nouveau qui sera **confronté aux conditions du milieu**. Le concept de vivant n’est plus uniquement le concept de ce qui existe positivement, mais de **ce qui peut potentiellement exister**. C’est le concept du “jeu des possibles” à un moment donné, dans un milieu donné, une sorte de **concept en attente** de sa réalisation. Et si, de plus, l’expérimentateur est lui-même créateur de situations et d’objets biologiques nouveaux, qui n’existent pas dans la nature, il apparaît alors de manière nette que l’objet “vivant” étudié est un **objet conçu et construit**, et non plus seulement un objet “donné” par l’observation directe. La définition opératoire est alors de l’ordre du “plus-que-positif” !

Les gènes suppresseurs modifient la lecture du code génétique.
(Extrait de WATSON. *Biologie moléculaire du gène*. Édiscience.)

« Des erreurs dans la lecture du code génétique se produisent aussi dans les cellules vivantes. Ce sont ces erreurs qui expliquent le phénomène des gènes suppresseurs. Pendant de nombreuses années, on considéra leur existence comme un paradoxe inexplicable. On connaissait de nombreux exemples dans lesquels les effets de mutations nocives étaient annulés par un second changement génétique. Il était très facile d'expliquer certaines de ces mutations secondaires car il s'agissait de *réversions* qui rétablissent la séquence nucléotidique mutée dans sa structure originale. Mais il était beaucoup plus difficile de comprendre d'autres mutations, localisées dans des positions différentes sur le chromosome et qui suppriment les effets d'une mutation au site A en produisant un changement génétique au site B. Ces mutations de type *suppresseur* se divisent en deux catégories : celles dues à un changement des nucléotides dans le gène où s'est produite la mutation originale, encore que sur une autre portion du gène (suppression *intragénique*) et celles se produisant dans un autre gène (suppression *intergénique*). Les gènes qui provoquent la suppression des mutations d'autres gènes sont appelés *gènes suppresseurs*. »

Mutation faux-sens ou contre-sens

remplacement d'un codon spécifique d'un acide aminé par un autre codon correspondant à un autre acide aminé (*missense* en anglais).

Mutation non-sens

remplacement d'un codon spécifique par un codon qui ne correspond à aucun acide aminé, mais à l'un des trois codons terminateur de chaîne (*nonsense* en anglais).

Mutation reverse

mutation qui restitue la séquence initiale des nucléotides d'un allèle précédemment modifié par une mutation (retour à l'état initial mal traduit en français par "inverse").

Mutation suppressive

qui rétablit, en tout ou partie, une fonction annulée par une mutation initiale, mais qui est localisée dans un autre site génétique que cette dernière.

3. LE NÉGATIF N'EST PAS SEULEMENT LE CONTRAIRE. LES PRÉFIXES ANTI, CONTRE, NON, ET LES AUTRES

Dans les exemples précédents plusieurs concepts négatifs semblent se présenter simplement comme le contraire d'un concept positif. Ce n'est certainement pas systématiquement le cas et si inhibition ou suppression sont le contraire de stimulation ou activation, le catabolisme l'inverse de l'anabolisme, l'inverse de l'expansion océanique n'est pas la contraction, mais la subduction.

les préfixes ont
plusieurs sens

On peut cependant tenter d'explorer les divers sens possibles de préfixes utilisés pour créer des termes scientifiques à partir d'autres termes scientifiques existants. On peut ainsi espérer dégager quelques indications sur la variété des sens et leur éventuelle confusion qui peut faire obstacle.

Les mots se décomposent en éléments lexicaux dont certains peuvent être regroupés en préfixes ayant au moins partiellement une signification propre. Nous nous garderons de penser qu'une catégorie de préfixes puisse avoir une signification unique, ni que plusieurs préfixes ne puissent avoir le même sens étymologique initial, ni qu'ils ne sont pas modifiés par la construction du mot auquel ils participent. Nous avons retenu principalement les préfixes anti, contre et non. Parfois les dictionnaires, dans le but de mieux définir un terme, ajoutent son antonyme (ici le i s'élide), mais il apparaît très vite que ce "contraire" peut avoir des significations variées (contraire, contradictoire, renversement) qui ne clarifient pas le sens positif. Sans compter que, par antiphrase, y compris en science, on peut jouer de l'euphémisme ou de l'ironie.

distinguer
le contraire,
le renversé et
le réversible

Anti est d'origine grecque et signifie en général "contre". C'est un préfixe remarquablement fécond car il permet de composer un grand nombre de mots nouveaux à la demande en l'ajoutant devant un mot existant pour désigner en général "le contraire". Mais tous les mots construits avec anti en préfixe ne signifient pas cela (antiphonaire, antienne). Par ailleurs l'opposé d'anti est "pro" qui dérive du latin et signifie "pour", à ne pas confondre avec le "pro" grec qui signifie "devant" ou "avant" comme dans programme, ou prophase. Sans analyser la totalité des mots ayant anti pour préfixe on peut distinguer plusieurs significations possibles parmi les termes du domaine scientifique :

- antimatière ou antiproton ne seraient que des particules affectées du signe "moins", le négatif de la matière mais aussi sa dématérialisation ;
- anticlinal désigne deux couches de terrain inclinées en sens contraire ou opposé, mais antipode ajoute l'idée d'un renversement ;
- deux muscles antagonistes agissent en **sens opposé**, sans que l'un soit privilégié, mais l'antidote, l'antitoxine, l'anti-

le négatif peut être valorisé

dépresseur agissent contre, empêchent, combattent, évitent, et sont fortement valorisés ;

- l'individu anti-nucléaire agit activement pour porter la **contradiction** vis-à-vis de ceux qui sont favorables à l'utilisation civile ou militaire de ce type d'énergie.

Et les scientifiques n'ont pas toujours apporté le soin nécessaire à la fabrication de mots nouveaux : anticorps est anti car il a longtemps été désigné comme l'effecteur, ce qu'il n'est plus. Antigène n'est anti rien, et se contente de "donner naissance" (gène) aux anticorps (anti), et encore pas toujours !

On pourrait également examiner : antigestatif, codon antisens, antioncogène, anticoopérativité dans le cas des enzymes allostériques.

Contre a en général le sens d'une opposition mais pas dans les mots contre-chant ou contrepoint musical. Lui aussi sert à fabriquer, à la demande, de nombreux mots en se plaçant devant avec un trait d'union, ou non.

Au niveau des concepts scientifiques on retrouve également plusieurs sens possibles :

- le contre-poison correspond à l'antidote ; comme le contraceptif il est **valorisé** ;
- la contre-régulation conduit à un effet de sens opposé, même s'il n'est pas exactement symétrique (insuline/glucagon...) ; dans ce cas on pourrait parler de **renversement** (hypo/hyper) ;
- le contre-coup est de sens inverse, mais il s'y ajoute l'idée de **conséquence** indirecte ;
- au plan de la méthode scientifique, la contre-épreuve a le sens d'une contre-expertise, c'est-à-dire d'une **épreuve de contrôle**. C'est Claude Bernard qui l'introduit, mais le contenu exact de cette épreuve reste à inventer dans chaque expérience. De même toute hypothèse avancée par un savant sera contrecarrée par des objections, ou des contre-propositions. Mais rien ne dit comment les inventer.

Non est également utilisé devant certains mots avec un trait d'union, et permet une création efficace. La racine grecque "u" (non) n'est utilisée que dans utopie (non, lieu = topos) et le très rare uchronie (non, temps).

le non-soi doit être différencié

Les mathématiciens définissent, en logique, A et non A. Simple partition en deux classes que l'immunologiste imite à tort avec le soi et le non-soi. En effet le système immunitaire différencie précisément le non-soi pour le reconnaître spécifiquement et non pas comme une catégorie globale unique qu'identifierait une sorte de "colle universelle" du non-soi !

- Non-fumeur n'a pas simplement la signification d'une absence ou d'un interdit ; le non-fumeur n'a pas seulement envie de faire le contraire, il veut s'opposer activement, et même **apporter la contradiction**.

- Les géométries non-euclidiennes ne sont pas "opposées", mais simplement **construites autrement**, sur d'autres

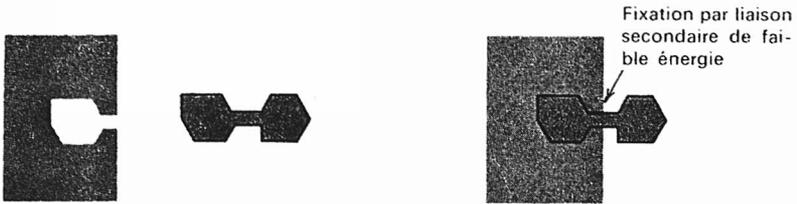
non peut signifier
autrement

axiomes, un peu comme dans le tissu non-tissé les fibres sont reliées autrement de manière physique ou chimique.

D'autres préfixes sont utilisés : "**in**" qui se transforme au contact des mots qu'il précède en il, ir, im comme dans incoagulable, irréductible, immuniser etc. Sur le mode imagé on peut aussi citer **para, cata** (du haut en bas, image de la descente, donc de la dégradation et du négatif). Arrêtons-nous encore un instant sur le mot **inverse**. Certaines mutations génétiques sont dites et à tort "reverses" en anglais et inverses en français, mais le fran-glais propose en français "mutations reverses". En anglais, la "reversion" est le retour ou la réversibilité et non pas l'inversion. Quant au mathématicien il sait bien que les nombres inverses ne sont ni renversés, ni réversibles !

Schéma illustrant les effets des co-répresseurs et des inducteurs sur l'activité des répresseurs. Selon que les enzymes sont inductibles ou répressibles, les répresseurs libres sont soit actifs soit inactifs.

(Extrait de WATSON. *Biologie moléculaire du gène*. Édiscience. p. 386.)



(a) Répresseur *actif* de la β -galactosidase + β -galactoside (inducteur) \rightleftharpoons complexe inactif répresseur-inducteur

(Empêche la synthèse de β -galactosidase)

(Incapable de contrôler la synthèse de β -galactosidase)



Répresseur *inactif* de l'histidine + histidine (co-répresseur) \rightleftharpoons complexe *actif* co-répresseur répresseur

(Incapable de contrôler la synthèse des enzymes de la biosynthèse de l'histidine)

(Contrôle le taux de synthèse des enzymes de biosynthèse de l'histidine)

CONCLUSION

Il est peu utile de rappeler la dévalorisation évidente attachée *a priori* à tout ce qui est négatif : destruction, disparition, dégradation. Nous avons souligné dans les divers exemples, et selon les cas, une attitude qui va de la simple inattention, au refus et au rejet violent. De la simple érosion, ou de la désorganisation apparente des couches de terrain, à la maladie des animaux ou de l'homme, ou à l'autodestruction par maladie auto-immune.

il faut une théorie
pour chercher
les indices
d'une disparition

Ce refus entretient le mythe de l'atavisme, de l'héritage que l'on conserve et éventuellement enrichit, le mythe du retour, de la réversibilité ou la croyance dans le fait que "rien ne se perd". Nous avons noté la confusion entre le contraire et le contradictoire, l'inverse, le renversement et le réversible. La séduction du spectacle de la lutte, de l'affrontement entre forces opposées, induit la pensée par couples opposés, par couples antagonistes ou forces contraires (hypo/hyper). La conceptualisation du négatif implique de disposer d'un modèle ou d'une théorie pour "observer" les indices d'une disparition, pour comprendre, derrière une simple absence, la présence d'un blocage actif.

Si l'on accepte de tracer à grands traits les étapes du travail des scientifiques, on peut faire la distinction suivante.

- Il existe une étape entièrement positive au cours de laquelle on recherche, derrière un désordre apparent de la nature, **des régularités, des invariants et des "lois"** ; et plus particulièrement en biologie et géologie, faute de trouver des "lois", **on recherche un ordre**, une organisation. Le négatif est ici exclu ou intégré positivement.

- Une autre étape a consisté à se doter de modèles proposant une combinatoire permettant de **raisonner sur des cas possibles**. Positivement cette combinatoire permet d'imaginer des cas très rares, et un brassage des patrimoines génétiques. Mais il faut ici intégrer la perte, la sélection, les cas non réalisés ou létaux.

le principe de
dégradation,
second principe
de la thermo-
dynamique

- Une étape plus difficile à franchir a consisté à tenir compte d'un accroissement de l'entropie, autrement dit d'une **évolution vers un plus grand désordre**. Le concept de régulation qui a dû, pour se constituer, abandonner l'idée d'une harmonie préétablie, s'est d'abord présenté comme le concept du maintien, ou du "retour" à un état initial. Il devient actuellement une fonction de **retardement de la dégradation** inévitable. Cette fois le négatif est au cœur-même du concept (Rumelhard, 1994).

Finalement, le progrès conceptuel consiste à intégrer réellement la flèche du temps, c'est-à-dire l'impossible retour, la perte irrémédiable, l'intervention d'événements non prévisibles, la mise à l'épreuve des valeurs négatives : maladie et guérison jamais assurée, monstruosité. La fonction négative

devient la fonction réaliste, destructrice de rêves. Même si l'ordre peut provenir, temporairement et statistiquement du désordre, en biologie et géologie la science constitue le réel comme le lieu de l'impossible retour.

Guy RUMELHARD
Lycée Condorcet, Paris
Équipe de didactique des sciences
expérimentales, INRP

BIBLIOGRAPHIE

- CANGUILHEM G. (1965). "Le normal et le pathologique". In *Connaissance de la vie*. Paris, Vrin, p. 155-169.
- CANGUILHEM G. (1966). *Le normal et le pathologique*. Paris, PUF.
- CANGUILHEM G. (1968). "L'homme et l'animal du point de vue psychologique". In *Études d'histoire et de philosophie des Sciences*. Paris, Vrin, p. 112-125.
- DEWAELE J. (1994). "Activité de modélisation dans l'enseignement du réflexe myotatique". In *La régulation en biologie*. Paris, INRP, p. 107-129.
- GOHAU G. (1990). *Les sciences de la terre aux XVIIe et XVIIIe siècles. Naissance de la Géologie*. Paris, Albin Michel, p. 270, 329-331 et 345-348.
- JACOD F. (1970). *La logique du vivant*. Paris, Gallimard.
- LE PICHON X. (1980). "La subduction : quand la terre s'enfonce sous la terre". *La Recherche*, 109, p. 272-281.
- MORANGE M. (1994). *Histoire de la biologie moléculaire*. Paris, La Découverte.
- MOULIN A.-M. (1991). *Le dernier langage de la médecine*. Paris, PUF, p. 322-327.
- ROSTAND J. (1965). *Biologie. Encyclopédie de la Pléiade*. Paris, Gallimard.
- RUMELHARD G. (1986). *La génétique et ses représentations*. Berne, Peter Lang.
- RUMELHARD G. (1995). "Permanence, métamorphose, transformation". *Biologie-Géologie (Bulletin de l'APBG)* 2, p. 333-345.
- RUMELHARD G. (1994). "Histoire didactique du concept de régulation en biologie". In *La régulation en biologie*. Paris, INRP, p. 39-65.
- THOMAS P. (1992). "Structure et dynamique du globe terrestre". In PÉRILLEUX E. *Enseigner la géologie au collège et au lycée*. Paris, Nathan, p. 150.