

John STEWART

Au-delà de l'inné et de l'acquis

I. Introduction : l'opposition inné/acquis

Peu de thèmes sont aussi transversaux à l'ensemble des sciences du vivant et de la cognition que celui de l'inné et de l'acquis. Enraciné dans la biologie, et notamment dans la génétique, ce thème constitue un enjeu capital dans des disciplines aussi diverses que l'éthologie, l'anthropologie, la psychologie et la linguistique. Dans la tradition philosophique occidentale, il est pluri-centenaire, voire millénaire : l'innéisme de Socrate fut renouvelé et repris par Descartes, ce à quoi se sont opposés les Empiristes. Plus près de nous, dans une filière menant plus directement aux sciences cognitives, l'école behavioriste était fortement environnemen-taliste ; ensuite, l'adoption du paradigme cognitiviste, menée notamment par Chomsky et Fodor contre le behaviorisme, s'est accompagnée d'une nette revalorisation de l'inné.

Tout au long de son histoire, ce thème a constamment été caractérisé par *l'opposition* établie entre l'inné et l'acquis. De temps en temps, les braises de l'antagonisme qui couvait se sont enflammées en polémique ouverte : au vingtième siècle, à deux reprises (dans les années 1920 et 1970) à propos de l'hérédité du Quotient Intellectuel (Block & Dworkin 1977 ; Kamin 1974 ; Laurent 1981) ; dans les années 1970 également, à propos de l'origine des maladies mentales (Schiff et al 1980 ; Stewart 1983). Mais en raison même de sa longévité, il y a lieu de se demander si cette apparente opposition, si constante et parfois si brutale, ne cache pas un accord tacite, un présupposé commun aux deux protagonistes. Après tout, le fait même de se battre implique que les adversaires soient d'accord, de fait, sur un enjeu et aussi sur un terrain de

bataille (Dumaret & Stewart 1988). Dans le cas présent, il n'est pas bien difficile d'identifier et d'expliciter cet accord tacite : il s'agit du présupposé selon lequel "inné" et "acquis" sont effectivement opposés, que ce qui n'est pas "inné" est "acquis" et réciproquement¹. Oyama (1985) a patiemment documenté le fait qu'aujourd'hui encore, malgré une grande sophistication technique², ce présupposé est presque universellement accepté. Il est à noter que les couples fondamentalement synonymes de l'opposition inné-acquis abondent : nature-culture ; instinctif-appris ; hérédité-milieu ; génétique-environnemental ; programme fermé-programme ouvert ; "hard wired-soft wired" ; etc. Il est très important de reconnaître que cette opposition générique joue un rôle structurant si important dans un si grand nombre de domaines, que le fait de la révoquer en doute rencontre presque fatalement l'incompréhension, sinon l'hostilité. Le but de cet article est pourtant d'envisager comment pourrait s'effectuer l'abandon pur et simple des *deux* concepts, *et* de l'inné *et* de l'acquis. Je veux en effet suggérer que loin de constituer une perte irrémédiable, cet abandon peut ouvrir la voie à des approches nouvelles et fécondes dans tous les domaines où ces concepts ont jusqu'ici servi.

En un certain sens, il n'y a rien de nouveau à exprimer un malaise par rapport aux concepts "d'inné" et "d'acquis" : de tels malaises sont presque aussi anciens que les concepts eux-mêmes. Toutefois, dans la mesure où ces contestations ne portent généralement que sur l'un des deux termes, laissant à chaque fois l'autre terme apparaître comme une solution, le résultat d'ensemble est de renforcer bien

¹ La fait de quantifier l'opposition en termes de pourcentage, et d'admettre des compromis du type "50%-50%" (ou toute autre répartition telle que la somme des deux pourcentages reste 100%) ne change rien à ce présupposé. Pour contrevenir à l'accord, il faudrait envisager (par exemple) qu'un caractère puisse être *à la fois* à 100% "inné" *et* à 100% "acquis" — ce qui reviendrait, on en conviendra, à vider les deux termes "inné" et "acquis" de leur sens habituel.

² A moins que ce ne soit en partie à *cause de* cette sophistication technique. En effet, le terme technique "d'héritabilité", qui peut être valablement utilisé dans certaines conditions très particulières et contraignantes mais qui ne correspond aucunement à la notion intuitive "d'inné", complique considérablement le débat sans pourtant y apporter de véritable résolution. Il s'agit plutôt là d'arbres qui cachent la forêt. Pour une discussion approfondie, voir Dumaret & Stewart (1988).

plus que d'affaiblir l'idée d'une opposition entre inné et acquis. Par ailleurs, il est relativement fréquent de contester l'application des concepts "inné", ou "acquis", voire parfois les deux, à un domaine particulier, en laissant entendre que l'erreur consiste à vouloir étendre l'usage de ces concepts au-delà de leur domaine de validité. Un très bon exemple en est la contestation de la "sociobiologie" (SESPA 1977), qui suggère que ce qui est bon pour la biologie ne l'est pas pour la sociologie. D'autres exemples sont le refus de traiter de la même manière l'humain et l'animal, ou l'esprit et le corps. Quel que soit le bien-fondé de ces contestations, leur effet est indéniablement d'accréditer l'idée selon laquelle il existe un domaine "de base" où le concept d'une opposition inné/acquis est effectivement valide. Dans la mesure où je souhaite précisément ouvrir la voie à une articulation profonde entre biologie et sciences cognitives, dépourvue de barrières de ce type, je vais porter ma critique de l'opposition inné/acquis au cœur même de son domaine de validité supposé, à savoir la biologie.

II. La notion de programme

II.1. Le programme est-il génétique ?

La forme la plus accomplie de la référence à "l'inné" en biologie est sans doute la notion de "programme génétique". On ne saurait citer meilleure autorité que François Jacob³, qui écrit dans *La Logique du Vivant* :

"L'hérédité se décrit aujourd'hui en termes d'information, de messages, de code. La reproduction d'un organisme est devenue celle des molécules qui le constituent. Non que chaque espèce chimique possède l'aptitude à produire des copies d'elle-même. Mais parce que la structure des macro-molécules est déterminée jusque dans le détail par des séquences de quatre radicaux chimiques contenus dans le patrimoine génétique. Ce qui est transmis de génération en génération, ce sont les "instructions" spécifiant les structures moléculaires. Ce sont les plans d'architecture du futur organisme. Ce sont aussi les moyens de mettre ces plans à exécution et de coordonner les activités du système. Chaque œuf contient donc, dans les chromosomes reçus

³ Pour confirmation, voir également Mayr (1981).

de ses parents, tout son propre avenir, les étapes de son développement, la forme et les propriétés de l'être qui en émergera. L'organisme devient ainsi la réalisation d'un programme prescrit par l'hérédité" (Jacob 1970).

Le concept de "programme génétique" occupe une place si centrale dans les sciences contemporaines du vivant qu'il peut sembler insensé de le mettre en question. Néanmoins, pour entrer en matière, posons la question naïve : comment savons-nous que le "programme" est "génétique" ? Dans l'examen exhaustif de la question qu'elle a mené, Oyama (1985) a relevé le fait qu'il existe non pas une, mais trois réponses "standard" à cette question.

- Primo : le "programme" est "génétique" parce que, quand le génotype *varie*, que ce soit à l'intérieur d'une même espèce ou entre des espèces différentes, le phénotype varie souvent aussi, et que nous pouvons parfois même tracer la chaîne causale des variations physiologiques qui conduisent à ce résultat. Toutefois, force est de reconnaître que quand nous observons des variations phénotypiques dues à des variations environnementales, le même raisonnement ne nous conduit pas à conclure que le programme est contenu "dans l'environnement". L'incohérence est manifeste.

- Secundo : il est usuel de considérer comme "génétique" tout ce qui reste constant si le génotype *ne varie pas* (typiquement, à l'intérieur d'une espèce ; on parle alors de "contrainte génétique"). Il doit être clair que si l'on combine ces deux premières définitions du mot "génétique" et que l'on passe subrepticement de l'une à l'autre sans explicitation, on est d'avance garanti de pouvoir considérer que pratiquement tout est "génétique" — mais par là même, on vide le mot "génétique" de son sens.

La question est rendue encore plus confuse par le fait qu'il existe encore une autre réponse :

- Tertio : toutes les cellules d'un organisme multicellulaire contiennent des copies du même génome, présent dès l'œuf fertilisé ; ce génome est donc à même de diriger le développement de l'organisme. Le problème provient ici du fait que des lignées cellulaires — qui partagent effectivement le même génome — se différencient pour former des types variés : cellules nerveuses, musculaires, intestinales, sanguines, etc. Si une telle variation se produisait entre des organismes différents, elle serait sans équivoque

qualifiée "d'environnementale" (cf. primo) ; mais dès qu'elle se produit à l'intérieur de la peau d'un seul organisme, on n'hésite pas à considérer qu'elle découle du "programme génétique".

Le fait qu'il s'agit bien d'un imbroglio est confirmé par l'embarras de Mayr (1981) quand celui-ci tente d'expliquer comment exactement on peut distinguer ce qui est génétique de ce qui ne l'est pas :

"Je parle souvent du comportement en disant assez vaguement qu'il est en grande partie contrôlé par un programme génétique fermé ou ouvert. Il est en réalité très difficile de déterminer en quelle mesure un comportement particulier a des déterminantes génétiques, ainsi que l'indiquent les controverses sans fin de ces quarante dernières années. Il y a quelques rares indices qui peuvent aider à choisir, mais il serait inexact de dire que chacun d'entre est entièrement concluant..."

Tant d'hésitations et d'incohérences sont troublantes. Si donc la notion d'un programme "génétique" s'avère moins limpide qu'elle ne le paraît à première vue, faut-il alors se raviser, et considérer que le programme est (en partie) environnemental ? Telle n'est pas mon intention ; car comme je l'ai indiqué, ce serait accrédi-ter le bien-fondé de la classique opposition "inné/acquis". Si je suis réticent par rapport à la notion d'un programme inscrit "dans" les gènes, je récuse tout autant la notion d'un programme situé "dans" l'environnement. Pour aider à comprendre comment il est possible d'échapper aux termes de cette alternative, voici une illustration relevant du monde inorganique (Oyama 1985).

II.2. Un "programme" qui n'en est pas un : le cas des flocons de neige

Les flocons de neige sont dotés d'une structure remarquable. Chaque flocon possède six bras, dont chacun est doté d'une structure dentelée et crénelée d'une telle richesse qu'il n'y a jamais eu deux flocons pareils. Pourtant, à l'intérieur d'un flocon donné, chacun des six bras est rigoureusement identique aux cinq autres. Comment cela est-il possible ? Comment chaque bras peut-il "savoir" quelle forme est prise par les autres afin de s'y conformer ? La tentation est presque aussi grande que dans le cas de

l'organisation biologique de supposer qu'il doit y avoir un "programme" quelque part, extérieur aux bras eux-mêmes, qui les "informe" sur la morphologie qu'ils doivent prendre. Mais dans le cas du flocon de neige, force est de reconnaître qu'un tel "programme" n'existe nulle part — ni au centre du flocon, ni dans l'environnement qui l'entoure.

L'explication est en fait la suivante (Begley & Carey, 1983). Le processus de cristallisation de la glace est étonnamment sensible aux conditions précises et combinées de température, de pression et d'humidité. Si les six bras sont identiques, c'est parce qu'ils partagent la même histoire de fluctuations du micro-climat dans lequel le processus de leur croissance se déroule. Le caractère unique de cette histoire est démultiplié par le fait qu'un autre facteur déterminant pour la morphologie de chaque accroissement, à savoir la forme du bras pré-existant à ce moment-là, est également (d'instant en instant) identique pour chacun des bras mais (progressivement) différente d'un flocon à un autre. En clair, l'étonnante identité des six bras n'est rien d'autre qu'une application minutieuse du principe selon lequel les mêmes causes produisent les mêmes effets.

Cette analyse de la morphogenèse des flocons de neige aboutit à deux conclusions importantes. Tout d'abord, si "programme" il y a, il n'est *localisé* nulle part ; il est "distribué" sur l'ensemble des éléments qui entrent en interaction au cours du processus, sans en privilégier aucun. En second lieu, ce "programme" ne pré-existe pas aux processus en question ; "l'information", si l'on tient absolument à garder ce concept, est créée *en même temps* par le processus même qui "l'exprime". Qu'en est-il dès lors du "programme" biologique qui est censé "informer" l'ontogenèse des organismes multicellulaires ?

II.3. Le programme biologique est-il localisé ?

Commençons par la question de la localisation. Je prendrai à dessein un exemple au niveau moléculaire, là où la notion de "code génétique" fonctionne le mieux. Les molécules d'hémoglobine, qui sont les composants principaux des globules rouges du sang, possèdent la propriété très particulière de s'attacher mais aussi de

relâcher des molécules d'oxygène avec une grande facilité. Cette propriété, purement physico-chimique, est d'une grande signification biologique car c'est elle qui permet aux globules rouges de remplir leur fonction de transport de l'oxygène des poumons vers les tissus. Les déterminants de cette propriété résident-ils dans les gènes ?

L'hémoglobine est une protéine et, comme pour toutes les protéines, il est vrai que dans des conditions normales⁴ la séquence linéaire des acides aminés qui constitue la "structure primaire" de la protéine est littéralement "codée" par la séquence de nucléotides dans le gène correspondant. Cependant, la propriété qui nous intéresse dépend non pas de cette structure primaire en tant que telle, mais de la manière dont cette chaîne linéaire d'acides aminés se replie sur elle-même pour former la structure tri-dimensionnelle de la molécule. Fait à noter tout particulièrement, cette structure est telle que des atomes de fer viennent s'y loger ; ceci est tout à fait essentiel, car ces atomes, avec les deux formes Fe^{++} et Fe^{+++} , jouent un rôle primordial dans la capacité de la molécule à lier l'oxygène. Or la configuration repliée de la chaîne d'acides aminés dépend radicalement du milieu dans lequel se trouve la molécule. Par exemple, en milieu aqueux (ce qui représente le cas normal), des acides aminés hydrophobes s'attirent réciproquement, et forment des "nœuds" qui maintiennent une certaine structure tri-dimensionnelle en place. Mais en milieu aromatique⁵ (par exemple, dans du benzène), il en serait autrement et la molécule prendrait une toute autre configuration. Dans ces conditions, on comprend qu'il n'y a pas de séquence de nucléotides identifiable comme celle qui "encode" le fer. La propriété significative de l'hémoglobine dépend d'un gène, certes, mais elle dépend tout autant de certaines propriétés physico-chimiques de la matière — celles de l'eau d'une part et des matières grasses de l'autre, qui établissent ensemble la polarité hydrophile-hydrophobe ; celles de l'atome de fer avec une certaine taille et une valence variable ; et ainsi de suite. Exactement

⁴ C'est-à-dire avec une machinerie cellulaire convenable (les ribosomes), et avec des "décodeurs" (les ARN de transfert) appropriés. Il y a déjà là des informations indispensables qui ne sont pas "dans" le gène qui encode l'hémoglobine.

⁵ Ou même en milieu aqueux à des conditions d'acidité, de concentration ionique ou de température différentes.

comme pour le flocon de neige, "l'information" est partout, distribuée sur les relations entre *tous* les éléments qui entrent en interaction pour déterminer les propriétés de la molécule ; autant dire dès lors qu'elle est nulle part.

Ainsi donc, même au niveau moléculaire, le "programme" biologique n'est pas localisé, ni dans les gènes ni ailleurs. Puisqu'il s'agit du niveau *a priori* le plus favorable pour une localisation génétique, il semble légitime de conclure que les "programmes" qui régissent les propriétés émergentes à des niveaux d'organisation supérieurs — cellules, tissus, organes, corps entier, population, relation entre l'espèce et sa niche écologique — ne sont pas non plus localisés⁶.

II.4. Le programme biologique préexiste-t-il ?

II.4.1. La régularité de l'ontogenèse

Qu'en est-il alors de la question de savoir si le programme biologique *pré-existe* au processus de l'ontogenèse qu'il est censé diriger ? Il est vrai que les gènes contenus dans l'œuf fertilisé précèdent l'ontogenèse, ce qui est précisément l'une des raisons principales qui rend la notion d'un "programme génétique" superficiellement attrayante. Mais puisque le programme biologique n'est pas localisé dans les gènes, comme nous venons de le voir, cet argument ne saurait être concluant.

Avant d'aborder la vaste question de la pré-existence ou non du programme biologique, rappelons l'autre raison principale qui rend cette notion attrayante, et même apparemment nécessaire : il s'agit de l'étonnante régularité de l'ontogenèse. En effet, dans des conditions normales, la quasi-totalité des œufs fertilisés se développent pour devenir des adultes normaux ; les avortements et formes monstrueuses sont très rares. Etant donné la complexité des processus embryologiques, il s'agit d'un phénomène remarquable qui pose un authentique défi à l'explication scientifique. Mais

⁶ Cette question mériterait évidemment un examen beaucoup plus approfondi ; faute de place dans le cadre de cet article, nous ne ferons ici qu'en esquisser quelques traits saillants.

comme nous allons le voir, le réel problème ainsi posé est *occulté* et non résolu par la notion d'un "programme génétique" pré-existant. Dès que l'on se penche sur les processus réels de l'ontogenèse, il apparaît clairement que, si les causes efficientes de l'ontogenèse s'enchaînent les unes aux autres avec une grande fiabilité, c'est essentiellement parce que leur organisation s'appuie sur des régularités qui sont produites de manière fiable par le processus de développement lui-même.

II.4.2. L'embryogenèse : de l'œuf à la gastrula

En effet, une analyse relativement simple des toutes premières étapes de l'embryogenèse, qui sont communes à la quasi-totalité des animaux multicellulaires, suffit pour révéler qu'il s'agit d'un processus "historique" qui crée lui-même, au fur et à mesure, les conditions de son propre déroulement ultérieur. Ainsi, les premières divisions cellulaires donnent lieu à la *morula*, amas de cellules peu différenciées possédant une forme globale sphérique (voir la figure 1b). Pourquoi la morula est-elle sphérique⁷ ?

⁷ Plutôt que d'être une feuille plate à deux dimensions, un filament à une dimension, ou bien simplement une collection de cellules dispersées dans le milieu.

Figure 1. Quatre étapes dans l'embryogenèse précoce des animaux multicellulaires. a) L'œuf fertilisé. b) La morula. c) La blastula. d) La gastrula.

Essentiellement pour la raison en vertu de laquelle une gouttelette d'huile suspendue dans de l'eau l'est également : l'énergie libre des contacts des cellules (ou des molécules d'huile) entre elles étant moindre que celle des contacts avec le milieu aqueux, la forme qui minimise l'énergie libre globale est celle qui minimise le rapport surface/volume ; dans une espace à trois dimensions, cette forme est une sphère. Ce mécanisme n'est nullement inscrit "dans les gènes" ; par conséquent, la forme qui en résulte ne peut l'être non plus. Par ailleurs, les interactions des cellules entre elles et avec le milieu environnant qui conduisent à la réalisation effective de la forme, si elles sont parfaitement prévisibles, sont produites par le processus embryologique lui-même et ne sauraient donc lui pré-exister.

Cette caractéristique "historique" du processus embryologique ne fait que s'accroître lors des étapes ultérieures. En raison même de la forme sphérique de la morula, certaines cellules vont se trouver à la surface en contact avec le milieu extérieur, alors que d'autres seront à l'intérieur entourées d'autres cellules. Cette différence se présente à la seule condition que la morula soit effectivement sphérique ; du point de vue de l'organisation de l'embryogenèse, elle peut donc être utilisée comme un signal parfaitement fiable pour déclencher une différenciation appropriée entre les deux types de cellules. En l'occurrence, les cellules intérieures réagissent en sécrétant une fluide ; ceci *explique* comment il se fait que l'embryon prend ensuite la forme d'une *blastula*, une sphère creuse à paroi épithéliale (figure 1c).

Résultant de la forme précédente, la blastula est à son tour la précondition pour la formation du stade qui lui succède. En effet, la forme de la sphère creuse offre la possibilité du mouvement particulier dit de "gastrulation" : un groupe de cellules initialement situées à la surface extérieure plongent dans le centre de la sphère pour donner la forme très caractéristique de la *gastrula*. Ainsi qu'on le voit dans la figure 1d, ces cellules forment l'*endoderme* et l'ébauche de l'intestin ; les cellules restées à la surface forment l'*ectoderme* qui donnera lieu à la peau et aussi au tissu nerveux : les

cellules situées entre l'ectoderme et l'endoderme forment le *mésoderme* qui sera à l'origine du squelette, des muscles et du sang. Encore une fois, la tâche de l'embryologie est de déterminer de quelle manière les signaux qui déterminent cette triple différenciation cellulaire sont reliés aux particularités de leurs positions respectives dans l'embryon. En un certain sens, la topologie relationnelle entre endoderme, ectoderme et mésoderme est tout à fait contingente ; mais dans un autre sens, on comprend qu'elle devient inéluctable précisément dans la mesure où elle provient du processus embryologique lui-même. Autrement dit, c'est précisément la mise en évidence du fait que "l'information" nécessaire pour organiser le processus ne lui pré-existe pas, mais qu'elle est constituée au fur et à mesure par le processus lui-même, qui constitue une explication scientifique de la grande régularité et de la fiabilité de l'ontogenèse.

II.4.3. Un bricolage opportuniste : le moucheron et le soleil

Les possibilités d'une organisation de ce type, loin de s'estomper, vont se démultiplier au fur et à mesure que l'embryon se complexifie. Dans ces régularités relationnelles, il est à noter qu'il n'existe pas de distinction essentielle entre celles qui sont "interne" à l'organisme et celles qui relèvent de ses relations "externes" avec sa niche écologique. Par ailleurs, comme Jacob (1981) lui-même l'a souligné, l'organisation biologique est typiquement un bricolage qui se caractérise par sa nature essentiellement contingente et opportuniste. Puisque ces aspects sont importants, non seulement pour les questions de la localisation et de la pré-existence d'un "programme", mais plus généralement au regard de la question de l'inné et de l'acquis, il sera utile de les illustrer par un exemple provenant d'une étape de développement beaucoup plus tardive.

Cet exemple, extrait d'Oyama (1985), concerne l'organisation d'un moment critique dans le développement d'une certaine espèce de moucheron : l'éclosion du jeune adulte qui sort du cocon. Il se trouve qu'en raison du climat, ce problème est délicat. Dans le lieu géographique particulier qu'habite cette espèce, les nuits sont très froides, de sorte que si le jeune moucheron sort pendant la nuit il va mourir de froid. D'un autre côté, les journées sont extrêmement chaudes et sèches, de sorte que s'il sort en plein jour, il va mourir

"grillé" avant que ses ailes et son corps n'aient eu le temps de se durcir au contact de l'air. Pour survivre, il faut qu'il sorte à un moment très précis du petit matin, quand il commence à faire un peu plus chaud mais avant les grandes chaleurs sèches. On aurait pu penser qu'il existe une solution relativement simple et logique à ce problème : il suffirait que le processus d'éclosion soit déclenché par un récepteur thermosensible. Mais il s'avère qu'une telle organisation ne serait pas viable. La mise en route du processus d'éclosion requiert un certain temps avant d'aboutir ; de sorte que si le processus est déclenché par une augmentation sensible de la température, le temps que le jeune moucheron sorte effectivement de son cocon il fera déjà tellement chaud et sec qu'il sera bel et bien grillé. Comment se résout ce problème ? Il se trouve que dans cet endroit, il commence à faire jour une heure avant que la chaleur n'augmente. Donc, si l'éclosion est déclenchée par des *photo*-récepteurs, le moucheron sort au moment idéal. Et c'est bien de la sorte que fonctionne cette espèce. Mais on mesurera toute la contingence de cette organisation. La lumière en tant que telle n'a aucune relation intrinsèque avec ce qui est pertinent pour la survie du moucheron — et la preuve en est que, si cette espèce est déplacée dans un lieu où ces relations contingentes entre luminosité, chaleur et humidité ne sont pas établies, ce mode d'organisation n'est plus viable.

Cet exemple illustre bien de quelle manière le déroulement même de l'ontogenèse peut *créer* des situations riches en occasions à saisir. C'est le moucheron lui-même, dans la logique de l'organisation de son ontogenèse, qui construit la possibilité que la lumière de l'aube puisse être le signe annonciateur de la chaleur. Sans le moucheron, "le milieu" n'est rien ; en tout cas, rien de tout cela. Réciproquement, l'organisation qui assure la régularité du développement ne peut pas être cantonnée à l'intérieur de l'organisme : le moucheron s'appuie sur certaines relations (décalage temporel entre lumière et chaleur) qui sont suffisamment fiables pour qu'il puisse bâtir l'organisation de son développement sur elles.

II.5. L'abandon de la notion de "programme"

Le "programme" biologique n'est pas localisable, ni dans les gènes ni ailleurs ; de plus, il ne pré-existe pas aux événements qu'il est censé diriger. Il faut alors se demander si un tel "programme" mérite encore ce nom. En effet, dans ces conditions, l'emploi de ce terme prête à confusion, dans la mesure où il incite à parler du *résultat* du processus développemental comme s'il en était la *cause*⁸. Il semble donc préférable de dire qu'en ce qui concerne l'ontogenèse, il n'existe pas de programme (génétique ou autre), pas plus qu'il n'existe de "programme" des flocons de neige.

III. Au-delà de la notion de programme

III.1. L'insuffisance de l'information génétique

Par certains côtés, l'abandon de la notion de programme peut rassurer, car il permet de pallier à certaines conséquences troublantes inhérentes à l'idée que toutes les régularités de l'ontogenèse sont pré-programmées. Une inquiétude particulière provient du fait que l'information génétique semble manifestement insuffisante pour réaliser tout ce qu'on attend d'elle. On ne sait pas exactement quelle est la quantité d'information utile contenue dans l'ADN⁹, mais même les estimations maximales ne dépassent pas un million de gènes. Or le cerveau, par exemple, contient des milliards de neurones, chacune ayant des centaines de synapses avec d'autres neurones : comment l'organisation si riche du cerveau peut-elle être déterminée par une information génétique si pauvre ? Par contre, si les synapses sont d'abord produites par la simple multiplication et croissance des neurones, et puis ensuite sélectivement stabilisées en fonction des activités respectives des neurones concernés, une solution au problème devient envisageable. Est-il besoin de le souligner, de tels processus, actuellement à la mode grâce aux

⁸ Cf les médecins de Molière attribuant les effets de l'opium au fait qu'il contiendrait un "principe dormitif".

⁹ Notamment en raison du fait que certaines séquences sont répétées, et que d'autres — nommées "junk DNA" — ne servent apparemment à rien.

travaux d'Edelman (1987)¹⁰, sont par excellence *épigénétiques*¹¹, c'est-à-dire non-inscrits en tant que tels dans les gènes.

Un autre aspect de l'inquiétante insuffisance de l'information génétique, à un autre niveau d'organisation, provient du fait que le "programme" doit couvrir non seulement le cours du développement normal mais aussi, par extension incontournable, tout type de développement, aussi baroque soit-il, pourvu que celui-ci se produise régulièrement dans certaines conditions. Pour illustrer dans quelles eaux périlleuses cela peut nous mener, considérons l'exemple suivant (Oyama 1985). Si l'on place des rats de laboratoire dans une cage surpeuplée à une époque de grande chaleur, on observe *très régulièrement* que certains d'entre eux choisissent de dormir suspendus par les dents au grillage qui forme le toit de la cage. Peut-on pour autant sérieusement supposer que le comportement "dormir suspendu par les dents" fut providentiellement inscrit dès son origine dans le "programme génétique" des rats ? Cela est manifestement absurde — rappelons qu'au moment où s'est fixé le "programme génétique" des rats, il y a quelques dizaines de millions d'années, il n'y avait pas encore d'êtres humains, et encore moins de laboratoires fonctionnant avec des cages à rats. Par contre, dès que l'on abandonne la notion d'un "programme" pré-existant, le comportement des rats devient compréhensible. La forme longue et courbe des dents incisives supérieures des rats n'était sûrement pas prévue à cet effet mais, dans la *situation créée* par l'ensemble de ce qui entre dans la composition de la scène évoquée, *il se trouve* que ces dents servent si bien aux rats pour s'accrocher qu'elles deviennent la pièce maîtresse d'un nouveau comportement "instinctif".

III.2. La nécessité d'une étape de transition

¹⁰ On peut remarquer ce redéploiement, dans un contexte manifestement "cognitif", du concept de sélection naturelle ; il est à rapprocher de la notion de "sélection clonale" introduite en immunologie par Jerne (1955) et Burnet (1959).

¹¹ Le concept important d'*épigénèse* provient initialement du XVIII^e siècle, où il s'opposait à celui de préformation. Son emploi contemporain doit beaucoup à sa réactualisation par Waddington (1957).

Ainsi, dans certaines conditions, l'abandon de la notion de "programme", loin d'être une perte, peut permettre de résoudre des anomalies et d'ouvrir de nouvelles voies d'explication scientifique. Cependant, comme je l'ai déjà remarqué, il convient de reconnaître que la notion de programme, et plus généralement les concepts jumeaux "d'inné" et "d'acquis", sont des éléments tellement familiers de notre paysage mental que, s'ils devaient brutalement disparaître, nous serions fortement désorientés¹². Ceci est d'autant plus le cas que, à quelques exceptions près¹³, l'analyse fine des mécanismes effectifs qui sous-tendent les processus développementaux — y compris l'identification des mécanismes de co-ordination qui leur confèrent leur régularité — reste presque entièrement à faire. Si nous disposions de telles analyses, les références *et* à "l'inné" *et* à "l'acquis" disparaîtraient d'elles-mêmes ; réciproquement, le reproche essentiel que l'on peut adresser à "l'inné/acquis" est très précisément d'avoir occulté la possibilité et la nécessité de telles analyses. Reste qu'en attendant, le fait est là : dans la plupart des cas, nous ne disposons pas de remplacement immédiat pour la référence à l'inné/acquis.

III.3. L'acquis devenant inné : l'assimilation génétique

De ce fait, même si je considère qu'il serait, à terme, avantageux d'abolir l'usage de ces deux termes, il est utile d'envisager une étape de transition plus progressive. A cet égard, le concept "d'assimilation génétique" de Waddington (1957) me semble extrêmement précieux. En illustrant la transformation progressive (et potentiellement réversible) d'un "caractère acquis" en "caractère inné", Waddington désamorce en effet tout en douceur le principe même d'une opposition entre les deux termes.

¹² C'est sans doute ce qui explique qu'une lassitude certaine à propos de l'interminable polémique inné-acquis se solde en fait par des substitutions essentiellement synonymiques — voir ci-dessus, et aussi Oyama (1985 et ce volume).

¹³ Les deux principales sont l'oeuvre de Waddington en biologie et, en sciences cognitives, celle de Piaget et son école. Mais ce sont, précisément, des exceptions ; de ce fait, elles sont isolées, inévitablement limitées, et ne suffisent pas à remplacer dès à présent la référence à l'inné-acquis.

L'expérience de Waddington (1953), désormais classique, est la suivante. Soit une population de *Drosophiles*, moucheron qui étaient l'organisme expérimental de prédilection des généticiens entre les deux guerres (c'est-à-dire avant l'avènement de la biologie moléculaire et l'utilisation de la bactérie *Escherichia Coli*). Normalement, les ailes de tous les moucheron comportent un certain nombre de veines dotées d'une configuration caractéristique (voir figure 2). Cependant, si le développement des chrysalides est légèrement perturbé à un moment précis¹⁴, une certaine proportion des moucheron, de l'ordre de 40%, présentent une configuration modifiée des veines. Ce nouveau caractère, appelé "cross-veinless"¹⁵, est *par excellence* un caractère acquis. Le postulat essentiel de Weissmann, fondateur du paradigme formaliste en biologie (voir Lenay, ce volume), est précisément qu'un tel caractère ne saurait devenir "héréditaire" ou "inné".

Figure 2. a) La forme normale de l'aile du moucheron *Drosophila*.
b) Un caractère "acquis", dénommé "cross-veinless" : suite à un choc thermique 22 heures après la formation de la chrysalide, les veines transversales sont absentes.

¹⁴ En l'occurrence, pour obtenir le caractère acquis "cross-veinless", il suffit de soumettre les chrysalides à une température de 40°C pendant deux heures seulement, entre 21 et 23 heures après formation de la chrysalide.

¹⁵ Littéralement, "sans veine transversale".

En effet, le choc thermique n'affecte pas directement les gènes, de sorte que la brève exposition à une température élevée pendant des générations ne modifie rien. Toutefois, en prenant comme parents de la génération suivante des moucheron "cross-veinless", Waddington put observer que la proportion de la population qui réagissait au choc thermique en produisant ce caractère augmentait. En poursuivant cette sélection pendant une vingtaine de générations, il en vint à constater que 90% de la population réagissait ainsi. Encore plus intéressant, à partir de la douzième génération de sélection, on observait l'apparition de quelques moucheron présentant le caractère "cross-veinless" sans même avoir été exposé au choc thermique. En choisissant ces moucheron comme parents, et en poursuivant la sélection pendant vingt générations encore, la proportion de la population qui présentait spontanément le caractère "cross-veinless" approchait les 90%. Autrement dit, le caractère "acquis" était devenu un caractère "inné".

Il est important de noter qu'en un sens, cette expérience ne contrevient en rien au dogme weissmannien, pas plus qu'à l'orthodoxie néo-darwinienne la plus stricte, car la modification génétique de la population provient d'un processus classique de sélection. De ce point de vue, le choc thermique ne fonctionne que comme "révélateur" de variations génétiques invisibles pour l'expérimentateur ; à la limite, grâce aux techniques modernes d'identification directe des séquences de nucléotides, le même résultat final (sélection d'une population presque entièrement "cross-veinless") pourrait être obtenu sans recours au choc thermique.

Cependant, ces arguties techniques passent à côté du point le plus important. Ce que montre l'expérience de Waddington, c'est que le *même* caractère peut être produit soit par une modification environnementale, soit par une modification génétique¹⁶. La raison en est qu'il n'y a pas deux ontogenèses — l'une contrôlée par les gènes, l'autre par l'environnement — mais une seule. La gamme des caractères qui peuvent être produits par une modification ponctuelle du processus ontogénétique est relativement limitée, dans la mesure

¹⁶ Telle est la définition originelle du terme "phénocopie". Piaget a introduit ultérieurement une confusion regrettable par l'emploi idiosyncrasique qu'il a fait de ce terme — voir Oyama, ce volume.

où elle est déterminée par la nature historique du processus lui-même. Comme le notait Waddington, une modification de l'embryogenèse d'une patte de chaton ne transformera jamais celle-ci en pince de homard ; ce sera toujours une forme — plus ou moins monstrueuse — de patte de chaton. Ceci est vrai quelle que soit l'origine de la modification, qu'il s'agisse d'une mutation génétique ou d'une action tératogène du milieu.

En conclusion, l'expérience de l'assimilation génétique montre non seulement qu'un même caractère peut être indifféremment "acquis" ou "inné", mais que la transition entre les deux états est relativement aisée. Par conséquent, il y a lieu de se demander si la distinction "inné/acquis" est aussi importante qu'on l'imagine généralement.

III.4. L'opposition inné/acquis revue et amendée : les oies et les coucous

Examinons donc à présent un exemple classique de l'opposition "inné/acquis", emprunté à Mayr (1981), auteur qui fait autorité dans ce domaine :

"La connaissance de sa propre espèce est apprise par les jeunes oies par imprégnation au cours des deux premiers jours de la vie. Au contraire, chez le coucou, élevé dans le nid d'une espèce étrangère, la reconnaissance du conjoint fait partie du programme génétique. Un coucou s'accouple toujours avec un membre de sa propre espèce alors qu'il n'en avait jamais vu avant d'abandonner le nid de ses parents adoptifs. Les oies et les coucous illustrent de façon excellente les différences entre un programme ouvert et un programme fermé".

Cet exemple illustre la pertinence de la problématique "inné/acquis" pour des questions de perception et reconnaissance qui se situent dans le champ des sciences cognitives. Quel éclairage projette sur lui l'approche proposée dans cet article ?

La première chose qu'il convient de remarquer, c'est que l'appel à la notion de "programme fermé" (c'est-à-dire "inné") n'explique rien : la capacité des coucous à reconnaître leurs congénères reste mystérieuse, à la limite de la magie. Afin de mettre cet état de fait en relief, on peut en imaginer une explication possible, et considérer qu'il s'agit là d'un exemple "d'assimilation génétique" au sens de

Waddington. Selon ce scénario, la reconnaissance des congénères se faisait chez les ancêtres des coucous comme chez la plupart des autres espèces. Quand les ancêtres des coucous ont commencé à pondre des œufs dans les nids d'autres espèces, ils ont établi une sélection pour que cette reconnaissance se fasse avec de moins en moins de contact avec leur propre espèce. (Dans l'expérience de Waddington, cela correspond au fait de produire le caractère "cross-veinless" avec un choc thermique de moindre ampleur). Ce processus a pu se poursuivre jusqu'à ce que la reconnaissance de l'espèce se fasse sans aucun contact préalable. Le caractère qui était précédemment "acquis"¹⁷ serait devenu inné.

Ceci est éclairant jusqu'à un certain point. Cependant, une telle explication par la phylogenèse (qu'il conviendrait d'étoffer et de valider) ne saurait se substituer à une véritable analyse de l'ontogenèse. Comment se fait-il que le jeune coucou, parvenu à un stade déterminé de son développement, reconnaît des membres de son espèce ? Force nous est de reconnaître qu'à l'heure actuelle, nous ne possédons pas de réponse à cette question. L'invocation incantatoire de "l'inné" ne peut être acceptée au titre d'explication ; l'éventuel séquençage complet de l'ADN des coucous n'apporterait que la preuve que cette capacité cognitive remarquable n'est pas inscrite dans les gènes.

Ce premier volet de notre analyse pourrait être résumé dans les termes suivants : le prototype d'un caractère censé être "inné" s'avère, à l'examen, être "acquis" — et ceci à double titre, à travers la phylogenèse et à travers l'ontogenèse. Ces deux acquisitions appellent de toute évidence un travail scientifique — non encore réalisé à ce jour — de description empirique et d'explication théorique.

Qu'en est-il à présent du deuxième volet de notre examen, à savoir le caractère présenté par Mayr comme prototype de "l'acquis" ? Les capacités cognitives des jeunes oies sont, à leur manière, tout aussi remarquables que celles des coucous et tout aussi largement incomprises. Comment se fait-il que le nouveau-né

¹⁷ En ce sens qu'une exposition régulière à un stimulus précis — à savoir des relations privilégiées avec des membres de sa propre espèce — était nécessaire à son apparition.

de l'oie soit capable d'identifier en tant que "membre prototypique de son espèce" le premier animal qu'il voit ? Comme dans le cas des coucous, nous ne possédons pas, à l'heure actuelle, de réponse à cette question. Il est presque tentant de dire que cette capacité d'apprentissage est "innée" ; mais il devrait à présent être clair qu'il s'agirait là d'une formule vide qui ne ferait que masquer notre ignorance.

III.5. Vers un renouveau de la théorie de l'évolution

Finalement, il est nécessaire d'évoquer les conséquences d'une abolition de l'opposition entre "inné" et "acquis" pour la théorie de l'évolution. Il est à noter que l'introduction de cette opposition dans la biologie moderne par Weismann, à la fin du XIX^e siècle, est imputable à sa nécessité apparente dans le cadre de la théorie darwinienne de l'évolution par sélection naturelle (voir Lenay, ce volume). En effet, dans cette optique, seuls des caractères "héréditaires" (par opposition à des caractères "acquis") sont pertinents du point de vue de l'évolution car, transmis de génération à génération, ce sont les seuls que la sélection pourra rendre progressivement adaptatifs.

Toutefois, cet argument apparemment incontournable se révèle à l'examen être profondément vicié. Le problème essentiel provient du fait que des caractères, qu'ils soient "innés" ou "acquis", *ne sont pas transmis*. Des yeux, des nez, des comportements, etc., ne sont pas eux-mêmes légués des parents aux enfants¹⁸, ni "dans" les gènes ni par aucune autre voie de transmission. La formulation généralement acceptée est donc que les gènes, qui sont littéralement transmis, créent les caractères. Mais, comme nous venons de le voir, le concept selon lequel les gènes créent des caractères en conformité avec un programme génétique ne résiste pas à l'examen critique¹⁹. En fait, les caractères ne sont pas *transmis*, ils sont *construits* au cours de l'ontogenèse de chaque individu ; et l'analyse scientifique de ce processus dynamique de construction ne requiert nullement une distinction entre facteurs exogènes et endogènes (voir Oyama, 1985 et ce volume).

Ce qui est proposé ici revient en fait à une redéfinition de l'hérédité, non plus en termes de la seule transmission de gènes, mais en termes de l'instanciation répétée de l'ensemble de conditions nécessaires au déroulement régulier de l'ontogenèse (Oyama 1985). Puisque toute théorie de l'évolution repose effectivement sur une théorie de l'hérédité, ceci représente un renouveau considérable de

¹⁸ A la différence des objets de la propriété privée qui, par excellence, peuvent l'être.

¹⁹ Pour une exposition très claire de l'incapacité des gènes de "créer" un organisme vivant, voir R.C. Lewontin (1992).

notre compréhension scientifique de la phylogénèse. Comme le montre l'article de Saunders (ce volume), loin de constituer une perte, ceci devrait nous permettre d'éclairer de nombreux faits d'observation laissés dans l'ombre par la théorie néo-darwinienne classique.

IV. Conclusion : démanteler les barrières

Nous nous acheminons ainsi vers la conclusion de cet essai — qui, si elle est acceptée, définit un programme de recherche à entreprendre. Sa devise peut être ainsi énoncée : *ce qui est inné est acquis, et ce qui est acquis est inné* — formule apparemment paradoxale, dont l'explication est la suivante.

Comme nous l'avons vu, tout caractère "inné" est "acquis", d'une part à travers la phylogénèse, d'autre part à travers l'ontogénèse. Ces deux processus, qui se déroulent sur des échelles de temps différentes, sont en fait profondément liés, car ce qui se modifie au cours de l'évolution n'est pas la forme adulte en tant que telle, mais le processus ontogénétique (voir Saunders, ce volume). C'est pourquoi, chaque fois que l'on est tenté de qualifier un caractère "d'inné", je propose de substituer à cette qualification trois questions : — Quelle est la phylogénèse de ce caractère ? Quelle est son ontogénèse ? Par quels mécanismes la régularité de son ontogénèse est-elle assurée ?

Réciproquement, tout caractère "acquis" est "inné", non pas dans le sens où il serait "inscrit dans les gènes", mais en ce sens que toute "acquisition" provient d'une modification précise du processus ontogénétique. De ce fait, les caractères "acquis" appellent toujours une explication, qui requiert elle-même une description de l'ontogénèse suffisamment fine pour rendre compréhensible la manière dont l'événement environnemental a pu déclencher la modification observée. Par exemple, dans l'expérience de Waddington évoquée ci-dessus, il convient de se demander comment et pourquoi l'exposition des chrysalides à un choc thermique (pendant une période sensible précise et limitée) produit le caractère "cross-veinless".

Il existe une catégorie particulière de "caractères acquis" qui présentent un intérêt tout particulier pour les sciences cognitives : ce

sont ceux que l'on désigne communément par l'expression de comportements "appris" (par opposition aux comportements "innés" ou "instinctifs"). Au même titre que n'importe quel autre caractère "acquis", l'apprentissage n'est jamais un simple "transfert" "d'information" contenue "dans" le milieu vers une *tabula rasa* prête à en recevoir l'inscription. De même que le choc thermique et le caractère "cross-veinless", les signaux qui *déclenchent* les modifications particulières de l'ontogenèse que sont les apprentissages sont radicalement insuffisants pour *déterminer* ce qui est appris. Pensons, par exemple, à l'apprentissage de la musique, des mathématiques ou du ski ; et au fait que certains enfants dits "surdoués" assimilent comme miraculeusement et instantanément, alors que d'autres restent des "cancre". La compréhension scientifique de ces phénomènes appelle rien moins qu'une analyse des processus d'ontogenèse qui y président.

Ces considérations éclairent par ailleurs les difficultés que rencontre l'Intelligence Artificielle à reproduire une authentique capacité d'apprentissage autonome (et non seulement un dressage téléguidé de l'extérieur). J'émet volontiers l'hypothèse que cette impuissance est liée au fait que les ordinateurs, jusqu'à ce jour, ne possèdent pas d'ontogenèse. Dans cette optique, le fait que les capacités d'apprentissage des ordinateurs soient très inférieures à celles des animaux proviendrait précisément du fait que les ordinateurs sont réellement et littéralement "programmés", alors que l'ontogenèse des animaux, justement, ne l'est pas.

Les implications de cette optique se prolongent jusqu'aux capacités cognitives spécifiques à l'homme, et en premier chef au phénomène du langage. Il est d'usage de considérer que les langues sont "acquises" ; on dit communément, hors toute réflexion, qu'un enfant "apprend" à parler. La capacité de parler — et surtout de *comprendre* le langage — intervient à un certain moment de l'ontogenèse des enfants normaux. Or, la perspective développée dans cet article prépare l'idée que cette capacité "acquise" est absolument irréductible à une "information" contenue dans le signal linguistique. Chomsky, à sa manière, l'a très bien compris, mais il a aussitôt refermé la porte ainsi entrouverte en invoquant des capacités "innées" comme si cela pouvait constituer une explication. La compréhension linguistique présuppose une ontogenèse et, de ce

fait, n'est absolument pas réductible à un "traitement d'information" — ce qui explique pourquoi les ordinateurs n'ont aucune capacité réelle à "comprendre" (cf. l'expérience mentale de la "chambre chinoise" proposée par Searle).

En conclusion, la perspective présentée ici conduit à envisager la possibilité que l'acquisition du langage soit un processus ontogénétique qui ne diffère pas fondamentalement de ceux que l'on qualifie habituellement "d'innés". Au cours de son ontogenèse le petit d'homme parvient, par exemple, à : faire fonctionner son cœur ; respirer ; avoir faim ; crier ; sucer ; voir ; sourire ; saisir un objet ; reconnaître sa mère ; ramper ; marcher ; avoir peur ; rire ; se mettre en colère ; parler ; fabriquer un récit. Aller au-delà de l'opposition inné-acquis signifie qu'il pourrait n'y avoir aucune solution de continuité, aucune différence fondamentale de nature entre ces divers événements. C'est précisément ce que montrent les études les plus récentes portant sur le développement des enfants, et en particulier sur leur acquisition du langage (Vygotsky 1962 ; Bruner 1983, 1986 ; Stern 1989). Est-il besoin de souligner que, dans le mouvement même qui efface l'opposition inné-acquis, se trouve également effacée la barrière entre ce qui est "biologique" et ce qui est "cognitif" ?

John STEWART

Unité d'Immunobiologie, CNRS URA 359
Institut Pasteur, 25 rue du Dr Roux, F-75724 Paris, France

Bibliographie

- Begley S. & Carey J. (1983). *Newsweek* **64**, Dec. 26th.
- Block N.J. & Dworkin G., eds. (1976). *The IQ controversy*. Pantheon Books, New York.
- Bruner J.S. (1983). *Child's Talk: Learning to Use Language*. Norton, New York.
- Bruner J.S. (1986). *Actual Minds, Possible Worlds*. Harvard University Press, Cambridge.
- Burnet F.M. (1959). *The Clonal Selection Theory of Acquired Immunity*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Dumaret A. & J.Stewart (1989). *L'hérédité de l'intelligence*. Editions Dumas, Saint-Etienne.

- Edelman (1987). *Neural Darwinism*. Basic Books, New York.
- Jacob F. (1970). *La Logique du Vivant*. Gallimard, Paris.
- Jacob F. (1981). *Le jeu du possible*. Gallimard, Paris.
- Jerne N.K. (1955). The natural selection theory of antibody formation. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* **41**, 849.
- Kamin L.J. (1974). *The Science and Politics of IQ*. Wiley, New York.
- Laurent E. ed. (1981) *L'intelligence est-elle héréditaire ?* Editions E.S.F., Paris.
- Lewontin R.C. (1992). Le rêve du génome humain. *Ecologie Politique* **5**, 125-152.
- Mayr E. (1981). *La biologie de l'évolution*. Hermann, Paris.
- Oyama S. (1985). *The Ontogeny of Information : Developmental Systems and Evolution*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Schiff M., B.Cassou & J.Stewart (1980). Génétique et schizophrénie : ré-évaluation d'un consensus. *Psychiatrie de l'Enfant* **23**, 87-201.
- SESPA (1977). *Biology as a Social Weapon*. Burgess, Minnesota.
- Stern D.N. (1989). *Le monde interpersonnel du nourisson*. P.U.F., Paris.
- Stewart J. (1983). Genetics and schizophrenia : a case-study in the sociology of knowledge. *Fundamenta Scientiae* **4**, 117-131.
- Stewart J., E.Andreewsky & V.Rosenthal (1988). Du culte de l'information en biologie et en sciences du langage. *Revue Internationale de Systémique* **2(1)**, 15-28.
- Vygotsky L.S. (1962). *Thought and Language*. E.Kaufmann & G.Vakar, eds & trans., MIT Press, Cambridge.
- Waddington C.H. (1953). The genetic assimilation of an acquired character. *Evolution* **7**, 118-126.
- Waddington C.H. (1957). *The Strategy of the Genes*. Allen & Unwin, London.