

SÉANCE DE RENTRÉE DES CINQ ACADÉMIES

Mardi 26 octobre 2004

LA NATURE, LEÇON D'HARMONIE

par

M^{ME} DOMINIQUE MEYER

déleguée de l'Académie des sciences

Hostile ou accueillante, la nature cache aux hommes ses mystères, ne leur offrant à admirer que sa beauté. Mais les scientifiques, insatiables et fous du désir d'en violer les secrets, nous dévoilent sans cesse de nouvelles raisons d'être séduits.

Autour de nous, il n'y a pas de plus simples, de plus parfaites leçons d'harmonie qu'une rose, le vol d'un oiseau ou le mouvement des vagues, mais c'est en biologiste que j'aimerais vous parler d'autres accords de la nature, aux charmes plus austères.

Chacun de nous, l'éphémère, l'olivier millénaire, naît d'une seule cellule, fruit de tant d'attirance. Un miracle qui représente, aux yeux de François Jacob, « le phénomène le plus stupéfiant, l'histoire la plus étonnante qu'on puisse raconter sur cette terre. »

Cette histoire commence avec l'espoir de toute cellule : se diviser. Encore faut-il qu'elle le fasse au bon moment, au bon endroit, de bonne façon, comme l'exige la construction réussie d'un organisme vivant. Cette aventure risquée suppose un enchaînement parfaitement harmonieux entre – nombre à peine croyable – des centaines de milliers de réactions inscrites dans le programme génétique de chaque cellule, réactions qui se suivent, se chevauchent, se croisent, dans un ballet d'une formidable complexité.

Un défi pour les biologistes du développement qui vont pas à pas proposer les clés de cette organisation a priori inextricable. Ils découvrent que des gènes régulateurs, innombrables architectes, induisent et maîtrisent par de multiples

combinatoires hiérarchisées la destinée topographique et fonctionnelle des cellules embryonnaires. Cellules ainsi conduites, après migration, à se différencier de façons très variées pour constituer les divers organes. Un chef-d'œuvre de conception et de réalisation, de rigueur et de précision.

Les plus fameux de ces gènes régulateurs ont eu le privilège d'enchanter les généticiens. Avec stupéfaction, ils ont découvert que les gènes de la famille Hox, mettant en place le plan d'organisation d'un embryon humain, étaient extrêmement proches de gènes jouant un rôle comparable chez un ensemble d'animaux et de végétaux. La souris côtoie ici la célèbre mouche drosophile, mais aussi *Caenorhabditis elegans*, petit ver devenu la coqueluche des biologistes, et même une plante à fleurs, *Arabidopsis thaliana*. Ainsi, merveille de l'unité du monde vivant, nous partageons ces gènes rescapés de l'évolution avec nos ancêtres communs d'il y a plus d'un milliard d'années.

Hélas, le chaos menace à tout instant l'harmonie du développement. On le découvre lorsque l'un des exécutants de la fragile partition fait une fausse note : la moindre mutation, le plus petit décalage dans l'expression d'un gène peuvent alors être redoutables. Les drosophiles n'échappent pas à ce péril et nous leur devons ainsi, depuis Thomas Morgan, beaucoup de clarté sur l'embryogénèse ; transformées en monstres par fantaisie de la nature ou manipulation génétique, elles ont des pattes au lieu d'antennes, elles n'ont plus d'ailes ou en ont trop. Il serait toutefois injuste de discréditer à l'excès les fausses notes, car c'est aussi le hasard d'heureuses mutations qui a façonné l'évolution.

Claude Bernard a écrit : « La vie c'est la création », tout en ajoutant : « La vie c'est la mort », montrant ainsi combien construction et destruction sont complémentaires dans la nature. Développant cette idée, ici même, il y a quelques mois, Nicole Le Douarin soulignait, dans un exposé captivant, à quel point la destruction cellulaire programmée, dénommée apoptose, compense la prodigalité de la nature et fait partie de l'embryogénèse. Cette apoptose, en assurant la survie des cellules les plus utiles, représente donc pour l'organisme une forme d'harmonie mais, osons la contradiction, une funeste harmonie, fondée sur l'existence, dans chaque cellule, d'un programme génétique léthal.

L'hécatombe est particulièrement lourde pour les cellules nerveuses embryonnaires. Les infortunés neurones qui ont développé peu de connexions ou les ont mal conduites sont éliminés au profit d'une sorte de darwinisme neural, autrement dit d'une sélection bénéfique.

De même, certains d'entre nous ignorent peut-être qu'en souvenir de quelque ancêtre aquatique, leurs mains et leurs pieds étaient palmés à un stade de leur développement, et qu'ils doivent la liberté de leurs doigts à une destruction cellulaire opportune.

Plus tard dans la vie, l'apoptose va connaître des égarements : défailante, elle épargnera d'indésirables cellules cancéreuses ; excessive, elle détruira de précieux neurones.

Enfin, surprise, mais confirmation de l'unité du monde vivant, ce phénomène concerne aussi les plantes et leur permet de se protéger de leurs ennemis en créant dans leurs feuilles ces trous qui nous intriguent, vraie stratégie de la terre brûlée.

Chez un très grand nombre d'êtres vivants, le développement conduit à un organisme qui frappe par sa symétrie. Le sentiment d'harmonie inspiré par les symétries de la nature a vraisemblablement accompagné l'homme dès ses origines, probablement aussi contribué à son sens esthétique. L'importance de la notion de symétrie dans les sciences ne se limite pas aux êtres vivants. Pierre Curie fit une étude de la symétrie des états physiques et postula que pour un phénomène, « les éléments de symétrie des causes doivent se retrouver dans les effets produits. » Très récemment, Édouard Brézin a pu écrire : « la symétrie détermine le monde. »

Mais la nature aime aussi nous jouer des tours et cacher derrière une apparence symétrique de remarquables asymétries. Non seulement notre cœur n'est pas au milieu de la poitrine mais, à la suite de Pasteur, les biologistes ont découvert que les molécules constitutives du monde vivant étaient, comme la main, non identiques à leur image dans un miroir, une chiralité qui s'est révélée universelle ; ainsi, les hélices d'ADN tournent dans le même sens chez tous les êtres vivants. Cette différence avec la matière inerte reste l'une des énigmes concernant l'origine de la vie.

*
**

Construits avec tant de rigueur, tant de raffinement mais tant d'aléas, les êtres vivants émerveillent par la richesse de leurs fonctions, fonctions éparées que Claude Bernard aura le génie de rapprocher. Et il l'exprime ainsi : « Tous les phénomènes du corps vivant sont dans une harmonie réciproque telle qu'il paraît impossible de séparer une partie de l'organisme sans amener immédiatement un trouble dans tout l'ensemble. » Pour asseoir sa thèse, il invente le concept de « milieu intérieur », entité groupant sang et liquides organiques, une sorte de mer intérieure protectrice qui baigne les cellules et s'efforce de les mettre à l'abri des tempêtes de l'environnement, ce qu'on appellera plus tard l'homéostasie.

Dès lors, les physiologistes vont penser autrement.

Ils comprennent que chaque organisme vivant doit être considéré comme un tout fonctionnel, véritable société formée de cellules très diversement spécialisées, mais unies dans l'harmonie d'une aventure commune. Processus aussi vrai pour le petit ver aux neuf cent cinquante-neuf cellules que pour l'homme qui en compte plus de cent mille milliards.

C'est par de gigantesques réseaux de signaux régulateurs que sont coordonnés ces ensembles de cellules. Ce rôle revient au système neuro-hormonal, en particulier à son maître d'œuvre, le cerveau, constitué de différentes structures échelonnées, souplement hiérarchisées, vestiges des étapes de l'évolution. Bien qu'intimement connectées, ces structures n'ont pas toutes la même mission : les plus anciennes ont essentiellement des fonctions vitales, en grande partie

automatiques et inconscientes, tandis que les plus récentes ont des activités beaucoup plus élaborées.

Ainsi, c'est essentiellement grâce à une structure ancienne, l'hypothalamus, que nous pouvons maintenir l'équilibre dynamique de notre milieu intérieur, succession de déséquilibres naturellement compensés. Les messagers sont ici les voies neuro-végétatives et neuro-hormonales qui illustrent l'étonnante symphonie entre système nerveux et système endocrinien, ces deux inséparables, comme en témoigne la découverte par Étienne Baulieu d'une production d'hormones stéroïdes dans le cerveau.

Structure plus récente, le néocortex est si développé qu'il a dû se replier pour tenir dans la boîte crânienne. C'est particulièrement au néocortex frontal, symbole de l'homínisation, explosif dans son expansion, que nous devons nos facultés cognitives et relationnelles. C'est pourquoi cette région du cerveau a pu être appelée l'« organe de la civilisation ».

Les extraordinaires performances du cerveau humain sont moins dues à l'abondance des neurones qu'à l'extrême richesse de leurs connexions, d'une efflorescence telle qu'un très jeune enfant en construit deux millions à chaque minute, encore un grand nombre, pardonnez-moi. Pour assurer ces connexions, la nature a inventé la synapse, passionnante structure de rapprochement entre neurones, ou entre neurone et muscle, lieu où le signal chimique du neuromédiateur rejoint son récepteur. La diversité et l'activité nuancée des neuromédiateurs, la souplesse des récepteurs confèrent aux synapses une plasticité remarquable qui détermine la subtilité d'un cerveau perpétuellement inventif. On a même pu écrire, formule plutôt hardie : « Nous sommes ce que sont nos synapses. »

Par sa fameuse phrase : « Apprendre, c'est éliminer », Jean-Pierre Changeux souligne que l'apprentissage, lié à cette plasticité, représente un choix qui sélectionne et stabilise certaines connexions au détriment d'autres, illustration de la prodigieuse épigénèse, cette création de chacun qui complète l'apport génétique. Un apprentissage en harmonie avec le milieu, à son maximum dans l'enfance, avec l'acquisition du langage et de l'écriture, mais une aptitude qui va durer pendant toute la vie et nous aider à être libres.

Ainsi, l'expérience individuelle mémorisée structure en permanence l'organisation neuronale et le jeu du cerveau. C'est de cette construction personnelle que dépend la manière dont nous vivons nos représentations, nos anticipations, aussi nos actions et bien entendu nos relations avec l'autre.

À l'évidence, il y a peu d'activités cérébrales sans une part d'émotion et tous nos comportements sont simultanément influencés par nos désirs, nos plaisirs ou nos aversions, le rôle joué ici sélectivement par les neuromodulateurs étant de mieux en mieux compris.

Rien n'est donc figé, et les neurobiologistes nous ont appris que le cerveau fonctionnait en réseaux flexibles qui se font et se défont au gré des tâches engagées, dans une continuelle dynamique d'adaptation.

*
**

Malheureusement, ces belles constructions vivent sous la menace permanente de microbes, de virus ou de parasites, et ont dû progressivement développer au cours de l'évolution des moyens de défense qui supposent deux types d'accords. En premier lieu, un lien entre les défenseurs, les soldats, essentiellement des lymphocytes, qui doivent coordonner leur lutte en s'échangeant des informations et des ordres d'action. En second lieu, une marque de reconnaissance, commune à l'ensemble des cellules, qui aide à dépister l'ennemi et à le combattre.

Cette marque distinctive du « soi » et du « non-soi » a été découverte chez l'homme par Jean Dausset. Baptisée complexe HLA, elle est faite de caractères génétiques offrant une telle multiplicité de combinaisons qu'il n'existe sans doute pas sur la terre deux humains porteurs du même code HLA, mis à part les vrais jumeaux. Il s'agit donc d'une véritable carte d'identité et chacun sait son importance pour le choix d'une greffe compatible, comme son rôle déterminant en anthropologie, pour la recherche de paternité ou la détection d'un criminel.

Ainsi, maître des armes et de l'état civil, le couple lymphocytes-molécules HLA représente, par ses extraordinaires facultés de mémoire et d'adaptation à l'adversité, l'ensemble fonctionnel le plus subtil de notre organisme, après le système nerveux.

Mais l'immunologie réserve parfois des surprises et plus elle a progressé, plus a été stupéfiante l'absence, chez les humains et les autres vivipares, de réaction immunologique de la mère vis-à-vis du fœtus, bien que celui-ci soit étranger par l'apport génétique paternel. Une tolérance mystérieuse qui autorise la plus belle des harmonies.

C'est dans une toute autre forme d'interdépendance que vivent beaucoup d'animaux et de végétaux. En voici trois exemples très courts :

- harmonie trop parfaite : les colonies de fourmis répètent inlassablement et sans fantaisie ce que leur dicte leur programme génétique, avec, pour seul objet, la reproduction de l'espèce ;

- harmonie trahie : les mitochondries de nos cellules et les chloroplastes des végétaux, structures précieuses, étaient, dans un très lointain passé, des bactéries vivant en symbiose, qui ont ultérieurement été annexées au détriment de leur individualité ;

- harmonie pittoresque : « La Vanille et la Mélipone » pourrait être le titre d'une fable de La Fontaine. Elle raconterait comment des plants de vanille mexicains, introduits à la Réunion, n'avaient pu s'y reproduire. Que leur manquait-il ? Tout simplement leur compagne américaine pollinisante, l'hyménoptère mélipone, qu'aucun insecte réunionnais ne pouvait remplacer.

Ces exemples d'interdépendance nous conduisent à évoquer notre place dans le monde vivant. Privilégiés de l'évolution, nous ne sommes pourtant que l'un des éléments de l'immense chaîne de solidarité des mondes animal et végétal,

tributaires, nous aussi, des cycles de l'azote, du carbone et de l'oxygène, donc de la providentielle photosynthèse placée sous la tutelle du Soleil.

Dans les *Nouvelles Nourritures*, Gide dit à Nathanaël : « Tu n'admires pas comme il le faudrait ce miracle étourdissant qu'est ta vie. » Écoutons-le et goûtons ces harmonies : ce sont nos vies, nos actions, nos plaisirs.