

# L'HOMME

## COAUTEUR de L'ÉVOLUTION

Pierre de Puytorac



éditions  
Quæ



L'HOMME

COAUTEUR  
de L'ÉVOLUTION



# L'HOMME

## COAUTEUR de L'ÉVOLUTION

Pierre de Puytorac

Éditions Quæ

c/o Inra, RD 10, 78026 Versailles Cedex

# Remerciements

Je remercie vivement M. Mickaël Legrand pour les améliorations que sa relecture a permis d'apporter au texte.

P. de Puytorac

© Éditions Quæ, 2014

ISBN : 978-2-7592-2197-4

Le code de la propriété intellectuelle interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Le non-respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique, et est sanctionné pénalement. Toute reproduction, même partielle, du présent ouvrage est interdite sans autorisation du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20 rue des Grands-Augustins, Paris 6<sup>e</sup>.

# Sommaire

<b>Remerciements</b> .....	4
<b>Introduction</b> .....	7

## ÉVOLUTION, ACTE I AUX ORIGINES DE L'ANIMAL HUMAIN

<b>De la cellule unique aux organismes pluricellulaires</b> .....	11
Première étape : les cellules procaryotes unicellulaires.....	11
Deuxième étape : les cellules eucaryotes unicellulaires (protistes).....	15
Troisième étape : les organismes pluricellulaires.....	17
<b>Céphalisation et cérébration</b> .....	23
Divergence et traits communs des rameaux protostomiens et deutérostomiens ...	23
Chez les protostomiens.....	24
Chez les deutérostomiens.....	27
<b>L'émergence d'une pensée réfléchie</b> .....	31
Les primates.....	31
Le rameau humain : constitution d'une culture mimétique.....	33
<b>Langage articulé, nouvelle façon de penser</b> .....	37
Les hommes nouveaux de la Préhistoire ou la culture mythique.....	37
L'avènement de la culture théorique des hommes de l'Histoire.....	41
Génétique et épigénétique.....	43

## ÉVOLUTION, ACTE II L'HOMME, PROGRAMMATEUR D'UN POST-HUMAIN

<b>Complexification du cerveau et capacités cognitives accrues</b> .....	47
Le cerveau humain, un organe plastique.....	47
L'émergence d'une réalité psychique dans l'Évolution.....	50
Un nouveau facteur évolutif : les cultures.....	52
<b>L'Homme, matière de l'Homme : les biotechnologies, l'intrusion intime.</b>	55
Maîtrise de la reproduction.....	55

Maîtrise des génomes.....	58
Utilisation des cellules souches .....	60
Vers une compréhension du fonctionnement du cerveau.....	62
<b>L'anthropisation, l'empreinte de l'Homme sur la nature.....</b>	<b>69</b>
Atteinte à la biodiversité.....	69
La manipulation du vivant existant : les organismes génétiquement modifiés.....	72
Vers la création de nouvelles formes de vie : la biologie synthétique .....	75
<b>Les nouveaux outils d'une nouvelle culture.....</b>	<b>83</b>
La révolution numérique.....	83
Les nanotechnologies.....	85
La robotique.....	86
<b>L'Homme, animal qui se veut responsable.....</b>	<b>91</b>
L'Homme et l'éthique.....	91
Vers un post-humain.....	96
<b>Conclusion .....</b>	<b>101</b>
<b>Références citées.....</b>	<b>105</b>
<b>Lectures complémentaires .....</b>	<b>109</b>
<b>Publications de l'auteur sur le sujet.....</b>	<b>111</b>



# Introduction

Les hommes de la Préhistoire vivaient en harmonie avec la nature, se considérant comme une partie de l'environnement avec lequel ils se sentaient un lien de familiarité. Ils associaient la vie avec la fécondité, mais la mort leur demeurait un mystère. Ils transcendaient leur angoisse de cette fin physique en l'imaginant comme un passage vers une autre vie, dans un monde de puissances occultes qui pouvaient intervenir sur les vivants et qu'il fallait apaiser. Les rites funéraires témoignent alors d'un symbolisme religieux.

Quand des millénaires plus tard (XVII<sup>e</sup>-XVIII<sup>e</sup> siècles), des hommes découvrent les lois qui règlent l'ordre de l'univers, et que d'autres observent le monde microscopique des « infusoires », ils y voient, comme l'enseignent les textes sacrés, la confirmation de l'existence d'un Créateur architecte, ayant placé l'Homme au sommet de la pyramide des êtres.

Mais, suite à l'étude des nombreux échantillons de plantes et d'animaux du Muséum d'Histoire naturelle de Paris, J.-B. Lamarck arrive à la conclusion que les espèces jouissent d'une stabilité relative, ce qui est contraire au fixisme jusqu'alors admis. Elles ne présentent de caractères constants que si les conditions dans lesquelles elles se trouvent demeurent invariables. Lamarck introduit ainsi la théorie transformiste de l'Évolution que Ch. Darwin va développer en soulignant l'importance de la sélection dans ce processus. Les espèces anciennes connues par les fossiles se sont modifiées pour produire les espèces actuelles et il doit en être de même pour l'espèce humaine dont il faut alors rechercher l'ascendance zoologique.

La question que pose l'évêque S. Wilberforce à Darwin lors de la séance du 30 juin 1860 de l'*Association for the Advancement of Science* : « Est-ce par votre grand-père ou votre grand-mère que vous prétendez descendre du singe ? » lance le début d'un conflit entre science et religion, foi et raison, mais que l'on aurait pu croire aujourd'hui résolu, tant l'idée transformiste d'un monde dynamique, en perpétuel changement, a conduit à des découvertes majeures en tous les domaines scientifiques. Naturalistes, géologues, paléontologues, généticiens, biologistes moléculaires, éthologues, écologues, collaborent à retracer l'arbre généalogique du vivant et à expliquer les divers mécanismes d'une Évolution buissonnante où le rôle du hasard n'est pas étranger. Or, depuis quelques années, les néo-créationnistes refont la guerre du singe en affirmant que l'Évolution est le produit d'un dessein intelligent, la complexité du vivant ne pouvant être que le fruit d'une contingence. Selon eux, c'est là une vraie alternative scientifique positive et conforme aux convictions théistes, face aux théories matérialistes, sataniques.

Alors que l'Homme aujourd'hui, ayant compris le code génétique, modifie les programmes génétiques des êtres vivants, contrôle l'activité d'un gène, crée des espèces originales et travaille à la création de formes de vie nouvelles, plus que jamais la question se pose : l'Homme est-il un animal comme les autres ? Pour y répondre, il nous faut considérer sa place dans le monde animal, les caractéristiques qui l'enracinent dans l'animalité et celles qui l'en éloignent, jusqu'à lui conférer un statut qui pourrait bien être totalement inédit dans les processus des origines de la vie.



**Évolution, Acte I**

Aux origines de l'animal humain

---



# De la cellule unique aux organismes pluricellulaires

## Première étape : les cellules procaryotes unicellulaires

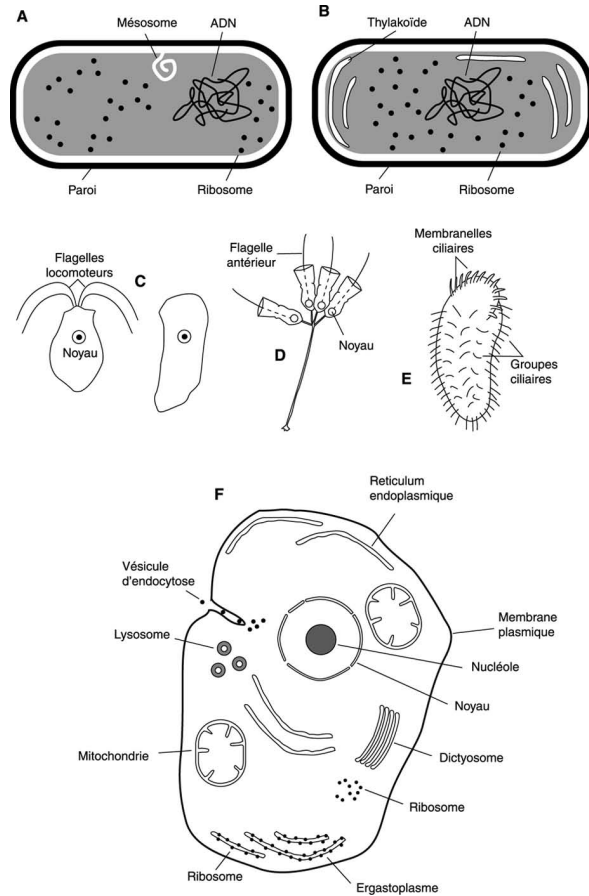
Il y a 3,7 milliards d'années, sur une Terre bombardée de comètes, déjà âgée d'un milliard d'années, auraient commencé les processus de passage d'un monde non vivant à un monde vivant (comme l'atteste la présence de matière organique dans une roche de 3,5 milliards d'années) : des systèmes dynamiques complexes de molécules organiques, qui se construisent, se maintiennent et se reproduisent.

Bien plus, cette faculté de se maintenir (reproduction conforme) s'accompagne de celle d'évoluer dans un état différent (aptitude à la variation). Après de nombreux essais de protocellules et de cellules (dont les énormes pandoravirus actuels seraient la trace), la sélection a maintenu un seul type cellulaire. De cette cellule originelle, baptisée Luca (*Last Universal Cellular Ancestor*), ont dérivé toutes les formes de vie qui vont peupler la Terre au long de son histoire et fonctionner selon les mêmes fondamentaux.

## Un système dynamique ouvert matière-énergie

Les premières populations cellulaires (fig. 1) envahissant les milieux sont des bactéries (les roches calcaires de Pilbara, Australie, œuvre de communautés bactériennes, sont datées de - 2,7 milliards d'années). Sous une membrane semi-perméable isolant un dedans d'un dehors, est fixée une molécule circulaire de deux chaînes de nucléotides (ADN) qui est un répliqueur portant, dans l'ordre de ses composants, l'information nécessaire au maintien et au fonctionnement du système (programme génétique) ainsi qu'à sa reproduction. La membrane joue un rôle actif dans les flux de matière et d'énergie qui traversent la cellule, mais aussi dans les échanges d'information avec le milieu, grâce à de nombreuses molécules récepteurs dont elle est pourvue, et qui enclenchent diverses voies de signalisation intracellulaires transduisant les stimulus extérieurs en activité-réponse biologique. La matière vivante est une matière sensible et toute cellule est excitable. Pour se construire, la cellule puise dans le milieu extérieur des nutriments, qu'elle transforme dans des réseaux de réactions spécifiques. Pour ce faire, les réactions demandant de l'énergie sont couplées à d'autres fournissant cette énergie.

Ainsi, l'hydrolyse de la molécule d'adénosine triphosphorique (ATP) en adénosine diphosphorique (ADP) puis monophosphorique (AMP) assure, par rupture des liaisons phosphore, la libération d'énergie permettant la synthèse d'autres molécules. L'ATP provient lui-même de la transformation chimique de molécules riches en énergie (par ex., sucres) prises dans le milieu ou en réserve, et dégradées au cours de réactions d'oxydoréduction (fermentation, respiration). Les bactéries tirent ainsi leur énergie par chimiosynthèse, ou encore, en capturant l'énergie lumineuse, par photosynthèse. Tous les métabolismes, extrêmement divers selon les procaryotes (cellules sans noyau), résultent de réactions de construction (anabolisme) et de réactions corrélatives de



**Figure 1.** Schémas des premiers organismes.

**A.** Bactérie avec la paroi, la membrane interne invaginée en un mésosome porteur d'enzymes, l'ADN circulaire, les ribosomes, siège de la synthèse des polypeptides. **B.** Cyanobactérie avec la paroi, l'ADN, les thylakoïdes, siège de la photosynthèse, et les ribosomes. **C.** Cellule eucaryote unicellulaire : protiste *Tetramitus rostratus* avec noyau, sous la forme flagellée avec quatre flagelles locomoteurs, et sous la forme amibe, le passage d'une forme à l'autre dépendant des conditions du milieu et étant inductible par variations du calcium extracellulaire. **D.** Un protiste colonial choanoflagellé : *Codosiga*. Chaque cellule, portant une collerette apicale avec un flagelle antérieur, est fixée par un pédicelle sur un pédoncule commun. **E.** Protiste cilié hypotriche, *Psilotricha dragescoi*. La cellule porte une ciliature constituée de groupes ciliaires (cirres) servant à la locomotion. À la partie antérieure, une série de membranelles ciliaires assure la translation des particules alimentaires vers la bouche. **F.** Une cellule eucaryote de métazoaire avec un dictyosome, lieu de circulation, de modification des protéines, de production de vésicules de sécrétion ; avec un réticulum endoplasmique, lieu de transport et de synthèse des lipoprotéines et des stéroïdes ; avec ergastoplasme, lieu de production des protéines ; avec ribosomes ; avec des lysosomes assurant la digestion de particules exogènes (hétérophagie) ou endogènes (autophagie) ; avec une membrane plasmique hémiperméable ; avec des mitochondries, siège des réactions d'oxydo-réduction de la respiration ; avec un noyau dans son enveloppe nucléaire, compartiment contenant l'ADN sous forme de chromatine dans la cellule au repos, de chromosomes dans la cellule en division ; avec un nucléole, amas d'ARN, lieu de synthèse des ARN messagers, ARN de transfert, ARN ribosomiens et de petits ARN ; avec des vésicules d'endocytose, mode de pénétration de particules extracellulaires, par invagination de la membrane plasmique.

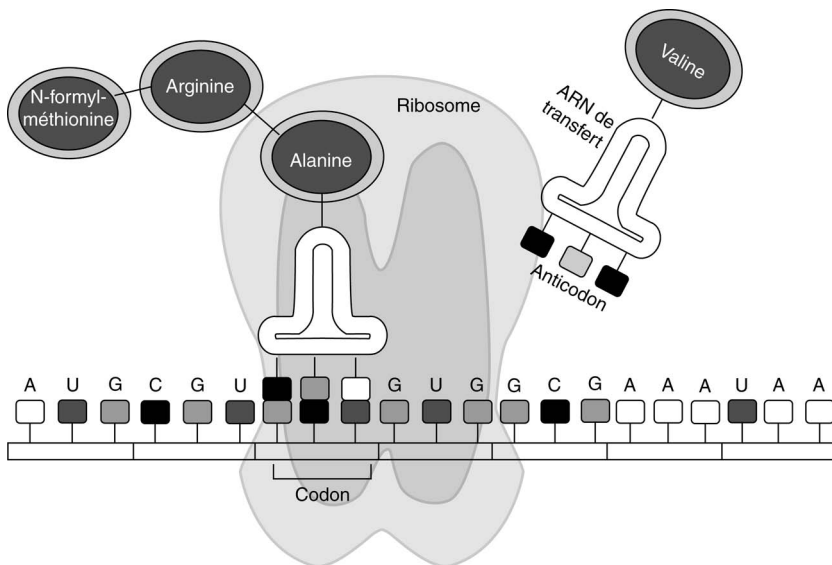
destruction (catabolisme), suivant différentes voies, avec des systèmes de régulation, dont la rétroaction (l'accumulation d'une substance inhibe la réaction qui la produit). Les petites molécules, qui servent de signaux dans la cellule et sont source et réserve d'énergie, servent aussi de substrat pour former des macromolécules.

## Un système codé

Les principales macromolécules sont les protéines, polymères d'acides aminés, dont la synthèse dépend de l'activité de certaines portions (gènes) de la molécule d'ADN, qui auront été décodées (transcription) en un code ARN (acide ribonucléique), puis traduites (ARN messenger) en polypeptides au niveau d'assemblage de molécules (ribosomes), à l'aide d'un adaptateur (ARN de transfert).

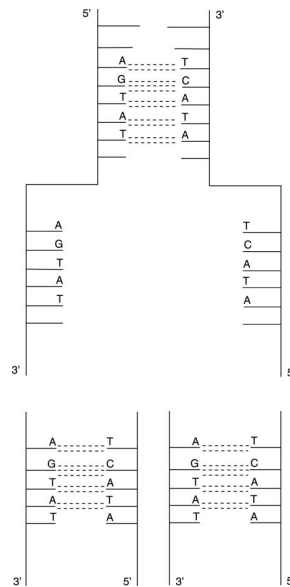
Un acide aminé donné dépend d'une suite spécifique de trois nucléotides (codon) et le code génétique est universel : il est le même pour tous les êtres vivants (fig. 2). Une suite de nucléotides ADN devient une suite d'acides aminés (polypeptide). Un morceau d'ADN codant pour un polypeptide ou un ARN est appelé gène.

Les protéines sont structurales (cytosquelette) ou fonctionnelles (enzymes), catalysant les réactions chimiques. La cellule porte en elle-même les moyens d'assurer le contrôle de la transcription des gènes dont elle est pourvue, en fonction des conditions du milieu. Les réseaux enzymatiques, métaboliques, génétiques, avec leurs régulations, renferment une information plus grande que celle impliquée dans la synthèse des éléments des réseaux. La cellule est une machine d'états, le passage d'un état à l'autre se faisant sous l'effet de signaux d'entrée reçus par l'une ou l'autre des unités constituant le système. Les bactéries échangent entre elles des signaux chimiques qui, déclenchant des



**Figure 2.** Traduction en peptides d'une portion d'ARN messager bactérien.

Selon les besoins de la cellule, à partir d'un brin d'ADN transcrit, des ARN-polymérase enchaînent les codons complémentaires de ceux de l'ADN. Ce nouveau code est traduit par les ribosomes en enchaînement d'acides aminés correspondants (par ex, GUG code pour la valine, GCU pour l'alanine, CGU pour l'arginine).



**Figure 3.** Duplication de l'ADN.

La molécule d'ADN est formée de deux chaînes antiparallèles (5'-3'/3'-5') enroulées en une double hélice dextre, des liaisons hydrogène unissant les bases complémentaires des nucléotides (adénine-thymine : A-T ; guanine-cytosine : G-C). Grâce à l'hydrolyse d'ATP fournissant l'énergie nécessaire, la duplication de l'ADN mobilise de nombreuses enzymes qui assurent la séparation des deux brins, le déroulement de courts segments de la double hélice ; ces enzymes empêchent leur réappariement immédiat (fourche de duplication) pour que des ADN-polymérases enchaînent des nucléotides complémentaires de chaque brin devenu brin matrice. Ainsi deux molécules filles sont synthétisées avec les mêmes séquences entre elles et avec la molécule mère.

variations de l'expression génétique, leur permettent de se reconnaître et de s'organiser en conséquence, par exemple, en s'agrégeant en un biofilm ou en sécrétant une toxine. À un certain état de croissance, la cellule se déconstruit pour construire deux cellules filles : cette division est marquée par un remodelage de la molécule d'ADN, dont les deux brins s'écartent pour qu'un brin complémentaire de chacun soit synthétisé, ce qui aboutit à deux molécules d'ADN porteuses chacune d'un brin ancien et d'un brin nouveau, identiques dans leurs séquences à la molécule d'ADN matrice (fig. 3) à moins d'erreurs de duplication (mutations).

Après cette duplication, chez les bactéries, les deux molécules s'éloignent l'une de l'autre par croissance de la membrane plasmique à laquelle elles sont fixées ; une membrane apparaît dans le plan équatorial séparant les deux cellules sœurs qui s'isolent, chacune emportant une extrémité de la cellule mère et une extrémité reconstituée (fig. 4, p. 16).

Des molécules d'ADN peuvent passer d'une bactérie à l'autre (conjugaison) ou du milieu dans une bactérie (transformation), ce qui modifie le génome des bactéries, et donc leur capacité à synthétiser telle ou telle protéine. L'ADN peut être aussi altéré par des facteurs du milieu (par ex., des radiations), par des erreurs de duplication. Le plus souvent, divers processus de réparation assurent alors l'excision et le remplacement des parties anormales. Pendant un milliard d'années, les procaryotes ont envahi tous les milieux, sans autres compétiteurs, jusqu'à l'apparition d'un nouveau type cellulaire : la cellule eucaryote.



## Deuxième étape : les cellules eucaryotes unicellulaires (protistes)

Il y a 1,6 milliard d'années intervint une association symbiotique entre une protocellule et une bactérie ingérée mais non digérée, ce qui constitua une nouvelle unité de vie : le coopéron cellulaire ou cellule eucaryote (fig. 1, p. 12).

### **Le noyau cellulaire : nouveau siège de la transcription des gènes**

Les molécules d'ADN linéaires, incluses dans un noyau, sont enrobées de protéines (chromatine) et, au moment de la division, dans des chromosomes. La transcription des gènes a donc lieu dans un compartiment différent (le noyau) de celui de la traduction (le cytoplasme). Les gènes sont morcelés en parties transcrites et traduites (exons), et en parties transcrites non traduites (introns). Un même gène peut coder pour plusieurs polypeptides différents, car au moment de la traduction il y a élimination différentielle des introns (épissage).

Une partie de l'ADN est codant, les gènes étant séparés par de longues séquences dont certaines codent pour de petits ARN qui interviennent dans la régulation de l'expression des gènes. Lors de la symbiose, la plupart des gènes du procaryote ont été transférés dans le noyau de la cellule hôte, le symbiote devenant, selon son origine, mitochondrie, avec sa propre machinerie génétique (ADN, ARN), siège des processus d'oxydoréduction (respiration), ou plaste (siège de la photosynthèse), se reproduisant de façon autonome.

### **Complexification de la structure cellulaire : diversification mais processus communs**

La structuration du cytoplasme repose sur un cytosquelette de microtubules jouant un rôle dans la signalisation et le trafic intracellulaire. Un système de cavités membranaires communicantes divisant le cytoplasme (fig. 1), forme un réticulum lisse – siège de la synthèse et du métabolisme des acides gras et des phospholipides – et le système endoplasmique rugueux – lieu de synthèse des protéines, avant qu'elles soient acheminées vers des saccules golgiens où elles sont modifiées avant d'être secrétées et, éventuellement, excrétées.

En même temps, aucune partie de la cellule n'échappe à la destruction : les macromolécules incorrectement repliées ou agrégées sont éliminées par un complexe macromoléculaire (complexe ubiquitine-protéasome) qui permet de changer rapidement le contenu cellulaire en protéines régulatrices. Au sein des cellules, les assemblages moléculaires se font et se défont en permanence, au gré des besoins fonctionnels, une molécule passant d'une membrane à une autre, s'insérant et s'excisant. Les organites endommagés sont dégradés dans des lysosomes dont les hydrolases acides dépolymérisent les molécules, comme les particules ingérées par la cellule. Ce catabolisme des protéines à longue durée de vie et des organites est assuré par leur enfermement dans une double membrane, avec inclusion de lysosomes (autophagie).

Les besoins nutritionnels des unicellulaires sont assurés par photoautotrophie (synthèse de molécules organiques à partir de l'énergie lumineuse, de  $\text{CO}_2$ , sels minéraux, facteurs de croissance), par hétérotrophie (saprophytes utilisant les substances dissoutes) ou phagotrophie (par endocytose, capture de particules). Les mêmes grandes voies centrales du métabolisme sont conservées dans toute cellule (glycolyse, cycle de Krebs...). En réponse à des stimulus, la cellule peut se déplacer par action d'éléments contractiles (mouvement amoéboïde) ou d'organes locomoteurs (cils, flagelles).