

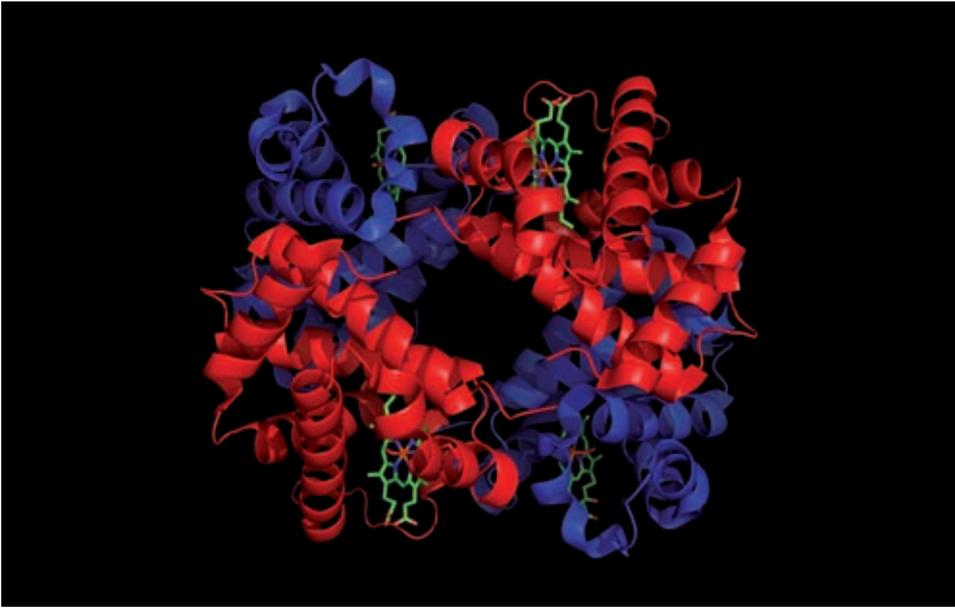
Avant-propos

Ce livre propose un voyage aux confins du corps humain, à l'échelle de minuscules acteurs invisibles, les molécules. Il faut vous imaginer, tel Tuck Pendleton dans *L'Aventure intérieure*, miniaturisé aux commandes de son sous-marin de poche et propulsé dans l'organisme d'un être humain. Cette idée de voyage intérieur anime depuis longtemps les récits de science-fiction mais aussi ceux des films pédagogiques, comme le monde imaginé par Albert Barillé dans sa série d'animation des années 1980, *Il était une fois... la vie*. Ici aussi, hormones, enzymes, interférons et cellules de toutes sortes deviennent les personnages familiers d'une aventure singulière, notre aventure, celle qui se trame dans notre corps.

Mais la lecture de ce livre se veut surtout un voyage initiatique, tel le parcours d'un Ulysse des temps modernes. À la lumière des dernières découvertes scientifiques, ce récit de *L'Odyssée moléculaire* vous invite à comprendre les épreuves que le corps doit surmonter avant de nous faire ressentir l'attirance, le plaisir, la douleur ou la peur, et les stratégies qu'il met en œuvre contre les bactéries et les virus qui menacent son intégrité. Un monde où la vie côtoie la mort et où la mort peut être signe de régénérescence.

L'organisme contient environ dix mille milliards de cellules, des unités de vie qui s'assemblent pour former les organes. Chacune de ces cellules contient elle-même plusieurs milliers de milliards de molécules dont quelques milliers sont très précieuses au fonctionnement du corps. Au fil des étapes de ce voyage, sont dévoilés les mystères d'environ deux cents molécules qui permettent au corps d'organiser la vie : naître, dormir, rêver, se souvenir, attirer ou désirer... mais aussi souffrir, résister, voir, bouger, s'alimenter, éliminer ses toxines ou rajeunir.

Au début de *L'Odyssée moléculaire*, Ulysse rencontre la jeune Tyro qui aimait le fleuve Enipeus. Poséidon, alors amoureux de la princesse thessalienne, prit l'apparence du fleuve pour l'enfanter. Pendant les neuf mois de la grossesse, une générosité immense se traduit chez une mère par la libération d'hormones, ces molécules qui stimulent les organes pour leur donner un ordre, un but, un projet à réaliser. Les hormones sont produites par une glande hormonale, dite endocrine, puis sont transportées dans le sang et distribuées aux organes, leurs cibles. Deux hormones, la progestérone et l'hCG, sont ainsi les témoins objectifs de la générosité de la grossesse. La première facilite cet accueil admirable d'un être en soi et veille à son bon déroulement. La deuxième, véritable hormone surprise fabriquée par le placenta, stimule la sécrétion de progestérone pendant les trois premiers mois pour assurer le développement de l'embryon, pour que le nid soit parfait.



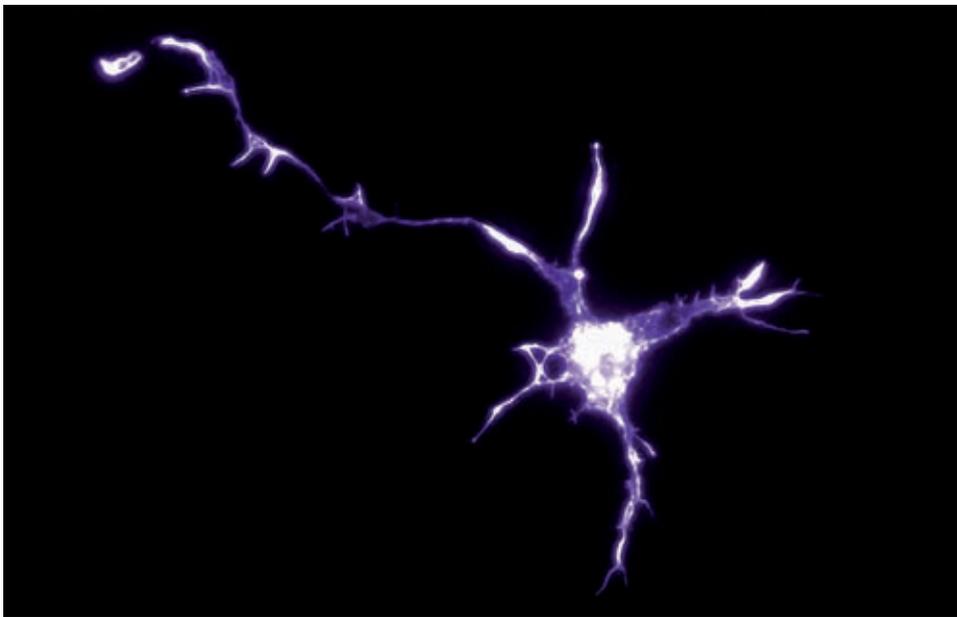
La molécule. – Si les cellules sont des unités de vie, les molécules sont leurs composants essentiels. Protides, lipides et glucides que nous mangeons, elles nous permettent d’assurer et d’entretenir la vie. Hormones, enzymes ou neurotransmetteurs, ce sont elles qui nous permettent de comprendre le fonctionnement de notre organisme et d’où viennent nos émotions. Simples ou complexes, ces assemblages d’atomes sont malheureusement trop petits pour être photographiés mais il existe nombre de modèles pour les représenter. Cette image de synthèse est une représentation de l’hémoglobine, la protéine qui transporte l’oxygène dans le sang. Cette petite molécule contient environ dix mille atomes et fixe quatre molécules d’oxygène, source principale de la vie.

Le voyage continue dans le cerveau de ce petit être qui vient de naître. Cet organe est constitué d’un réseau de plusieurs milliards de cellules, les neurones, qui se connectent et se parlent entre elles. Comment le cerveau vit-il à mi-temps et s’éteint-il pendant la nuit, jusqu’à faire tomber les paupières des prétendants qui occupent la maison d’Ulysse en son absence et courtisent sa femme Pénélope ? La communication entre les neurones s’établit par des messagers chimiques, les neurotransmetteurs, qui décident si deux neurones connectés doivent s’activer ou bien se taire. Ainsi l’adénosine est-elle la molécule qui nous fait piquer du nez alors que le GABA nous endort chaque nuit...

Si le héros Achille n’arrive pas à dormir, c’est que sa mémoire lui joue des tours, lui à qui pourtant rien ne résiste. Comment se souvient-on ? Qu’est-ce qui fait que les souvenirs nous rappellent ? Peut-on oublier les multiples événements de l’existence, fruits de l’assemblage de sensations et d’informations qui s’associent parfois si rapidement dans le cerveau ? Formant une empreinte provisoire et fugace, puis stockés plus durablement, nos souvenirs dépendent là aussi du rôle des neurotransmetteurs qui prennent parfois l’allure d’un simple gaz comme l’oxyde nitrique.

Dompté par la fatigue qui guette tout grand voyageur, Ulysse finit par s'endormir. À son réveil, il découvre la belle Nausicaa au fin voile. Il est irrésistiblement attiré par la jeune princesse, fille d'Alcinoos, qui le conduit dans la cité des Phéaciens. Par quels mécanismes ressent-on de l'attirance et comment attire-t-on l'autre ? S'agit-il de l'effet d'odeurs indétectables, ces phéromones bien connues chez les insectes, ou plutôt de l'action de l'ocytocine, l'hormone du lien social, du rapprochement des êtres et de l'empathie ? Il existe des molécules pour désirer, se motiver, avoir envie... et pas d'envie sans dopamine, ce messenger moléculaire du désir dans toutes ses formes ! Certaines molécules agissent comme messagers échangés entre deux neurones lorsqu'elles sont neurotransmetteurs alors que d'autres voyagent dans le sang de leur site de production vers d'autres organes lorsqu'elles sont hormones.

L'envie, le désir ne sont-ils pas l'apanage des hommes ? Précurseurs des plus grands plaisirs, ils déclenchent aussi les guerres les plus effroyables. N'est-ce pas d'ailleurs le désir de Pâris pour la belle Hélène qui déclencha la guerre de Troie lorsqu'il l'enleva à Ménélas ? Pour ressentir le plaisir qui accompagne ce que l'on mérite après l'avoir tant voulu, le corps invente et utilise les endorphines et l'anandamide, témoins moléculaires du bien-être.



Le neurone. – On évalue le nombre de neurones dans le cerveau humain à environ cent milliards. À partir du corps cellulaire qui contient le noyau, un prolongement principal, l'axone, se connecte à un neurone voisin pour établir les liens nécessaires à la propagation de l'influx nerveux, à la transmission des neurotransmetteurs qui commandent au cerveau ses actions et le placent ainsi en véritable chef d'orchestre de l'organisme. D'autres prolongements plus courts en dendrites se dessinent et arborescent le corps de la cellule. En outre, pour fonctionner, le neurone est entouré de cellules nourricières, les cellules gliales.



Ulysse et Nausicaa, Pieter Lastman, 1619 (Alte Pinakothek, Munich). – Les relations humaines sont faites de contacts, d'échanges et de sentiments. Ces comportements sont en partie réglés par les hormones et les neurotransmetteurs du cerveau qui traduisent nos sensations, guident nos pulsions et harmonisent le fonctionnement de nos organes.

Les guerres et leurs flots de douleur ! Le roi Agamemnon, frère de Ménélas, en fait l'amère démonstration pendant la guerre de Troie. Transpercé par la lance de Coon, il n'échappe pas à la douleur qui l'étourdit avant de se ressaisir et de trancher la tête de son valeureux agresseur. Les Ilithyies qui président aux accouchements semblent aussi dispenser les pires souffrances. En réalité, des molécules véhiculent ces signaux d'alarme, là encore jusqu'au cerveau qui perçoit, intègre et construit la douleur. Heureusement pour nous, la nature a créé la morphine, une fausse clé merveilleuse qui ne fait que mimer l'effet des endorphines, ces molécules naturelles du corps qui l'aident à résister à la douleur. Le mensonge existe aussi dans le monde des molécules comme le pratique si adroitement les composés du piment qui pourraient parfois nous faire croire que l'on se brûle !

À force de brûler, le corps doit endurer avant de se reconstruire. Priam, le mythique vieillard et roi de Troie, le sait bien quand, pris d'effroi, il voit ses poils se hérissier sur son corps. L'homme peut supporter l'agression grâce à deux hormones très efficaces, l'adrénaline et le cortisol. La première engage la lutte ou la fuite ;

elle est très bien adaptée pour nous préserver du danger. Ce n'est pas ce que l'on peut dire de la sérotonine qui est sans doute à l'origine de la paralysie de Priam qui reste interdit devant l'ombre d'Hermès. Le cortisol quant à lui nous stimule, il nous fait tenir le coup ; mais si le stress se prolonge, il nous use et nous fragilise.

Tenir le coup, c'est aussi se défendre face aux maladies et aux infections provoquées par les microbes et les virus, des organismes si petits pour y croire qu'il faut attendre Louis Pasteur et sa phobie de la saleté pour s'y intéresser de plus près. Parmi les molécules qui tuent les microbes, les globules blancs fabriquent l'eau de Javel, inventée par les chimistes mais connue de nos cellules depuis toujours. Parfois, l'on pourrait penser que notre organisme est un vrai terrain de bataille où pourrait éclater à tout moment une guerre de Troie. Tel Ulysse et ses compagnons, il développe les stratagèmes les plus astucieux pour venir à bout des agressions qui le menacent !

L'apparence est un signe identitaire fort. On existe d'abord par l'apparence et plus particulièrement celle de la couleur de notre peau, puis de nos yeux, de nos cheveux... La ruse trouvée par Athéna pour détourner l'attention de Pénélope et de ses prétendants n'est-elle pas de déguiser Ulysse en mendiant, de le rendre méconnaissable en ternissant ses yeux et en faisant tomber ses cheveux blonds ? La mélanine est la molécule responsable de nos couleurs. Mais comment expliquer les variétés et les nuances de toutes ces teintes qui colorent l'humanité ? Plongeons-nous par exemple dans le secret de l'iris et des gènes qui gouvernent la palette des couleurs des yeux !

Fresque de la tombe de Séthi I^{er}, vers -1300 (Vallée des Rois, Égypte). – Curieux murs du tombeau du fils et successeur de Ramsès I^{er}... On y trouve cette petite galerie de personnages identifiés tant par leur habit que leur couleur de peau. De gauche à droite, quatre Libous, les ancêtres des Libyens, puis un Nubien, un Syrien et un Égyptien. Quatre grands peuples qui occupaient, à l'époque supposée d'Ulysse, l'Afrique du Nord et le Proche-Orient.



Pour estimer l'apparence des autres, nous disposons d'un sens merveilleux : la vue. Ulysse le savait naturellement mais devait certainement lui associer une importance plus grande encore ; par exemple Homère compare la vue perçante de Ménélas à celle de l'aigle. Maintenant, on sait que celle-ci est liée à une densité de cellules visuelles cinq fois supérieure à celle de l'œil humain. Découvrons aussi comment le cristallin utilisait déjà des molécules anti-UV bien avant que l'homme n'invente les lunettes de soleil !

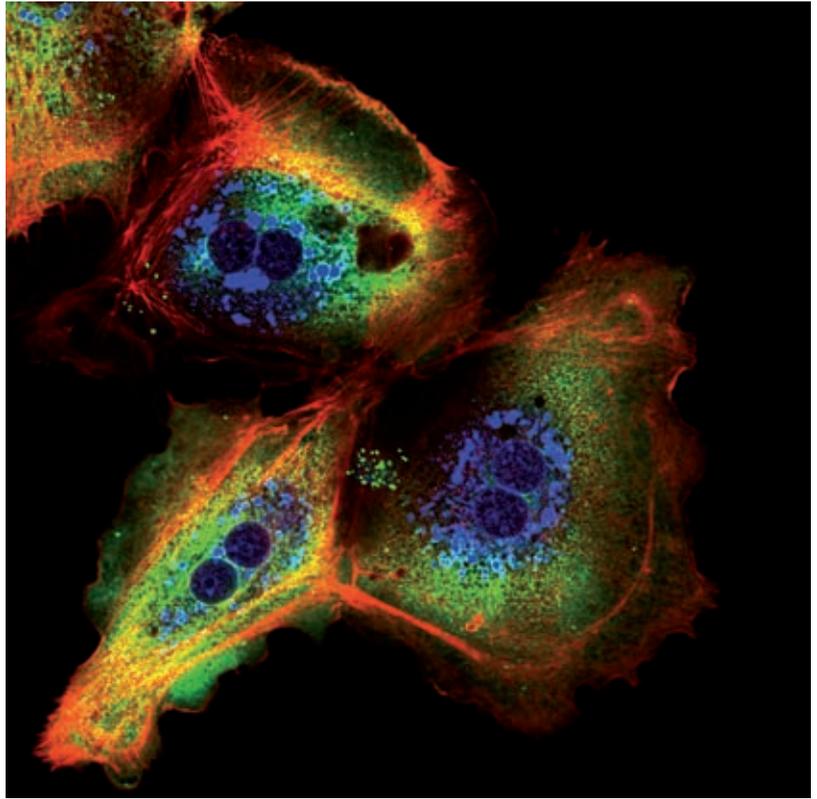
Le mouvement est nécessaire au fonctionnement de l'organisme, et pas uniquement pour guerroyer ; activé par le cerveau dans un but particulier, il est source de vie. Les molécules lorsqu'elles s'animent sont responsables du mouvement de cellules isolées comme la contraction de milliers d'unités miniatures, les sarcomères des cellules musculaires, ou la nage des spermatozoïdes. On évoque aussi bien des muscles très petits qui ont la force de soulever nos poils quand on a la chair de poule que ceux des jambes, du dos et des bras qui, unissant leurs efforts, donnent à Sisyphe la force de faire rouler éternellement un rocher jusqu'en haut d'une colline du Tartare.

Mais pour créer le mouvement, nos cellules ont besoin d'énergie et poussent notre organisme à s'alimenter. Ulysse, lors de ses multiples festins, ne devait pas être conscient des mécanismes moléculaires qui se cachaient derrière ce maudit ventre qui l'obligeait à penser à lui, qui lui ordonnait de manger et boire... Comment tous ces aliments ingérés, digérés aboutissent à la production d'énergie ? Comment se transforment-ils en carburants, tels le glucose et les acides gras que l'organisme stocke en nombre et dont nos cellules sont si friandes ? Telles des centrales thermiques miniatures, ce sont les mitochondries qui les brûlent pour libérer chaleur et énergie. Et il en faut pour faire fonctionner notre tête qui à elle seule consomme l'équivalent d'un morceau de sucre par heure !

Bien qu'ignoré par Homère, Prométhée qui a façonné les hommes n'est-il pas à l'origine de l'un des plus beaux mythes de l'Antiquité grecque ? Puni par Zeus qui était jaloux de ses pouvoirs, le géant fut enchaîné à un rocher. Son foie était dévoré le jour par un aigle et repoussait pendant la nuit. Le foie tient un rôle primordial dans l'organisme et les Grecs, qui connaissaient déjà ses capacités de régénérescence, ne s'y trompaient pas tant il est un organe important à atteindre dans les combats pour ôter la vie. Quelle éponge étonnante tout d'abord ! L'albumine qu'il produit maintient l'eau du sang et nous évite des œdèmes disgracieux, sauf quand il défaille... Le foie est prêt à tout pour éliminer nos déchets : l'azote dans l'urée par exemple ou le cholestérol dans la bile qui peut le façonner en de si beaux calculs. Mais attention aux excès comme celui d'alcool car, bien qu'il l'élimine de façon écologique en gaz carbonique et en eau, notre organe épurateur ne peut pas en éliminer de trop grosses quantités.

Les hépatocytes.

Le foie contient environ cent milliards de ces cellules pour filtrer écologiquement les molécules qui transitent dans notre corps et éliminer nos déchets.



L'heure n'est pas toujours aux festins, même pour Ulysse et ses compagnons. Le cerveau est là pour éviter les excès et contrôler le bon équilibre de l'organisme. Pour cela, il utilise diverses hormones qui activent ou bloquent la faim. Découvrons la leptine, l'hormone minceur, ou les coupe-faim naturels du corps qui nous aident, heureusement, à prévenir l'obésité. Mais l'hypothalamus, si organisé soit-il dans le cerveau, ne décide pas seul car il doit faire face au désir et au plaisir de manger, dont l'action est commandée par le circuit de la récompense si important dans notre société.

Enfin, pour interpréter la fin de la vie, les Grecs s'en remettaient aux Moires, les divinités du Destin, à l'instar d'Alcinoos, roi des Phéaciens, qui s'interroge sur l'immortalité d'Ulysse. Mais Ulysse a beau être un héros, il n'en est pas moins mortel... Que peut-on faire pour prolonger la vie et limiter les effets du vieillissement, ce moment difficile où progressivement les cellules deviennent incapables de s'adapter à leur environnement ? La déesse Clotho nous rappelle sans doute que, pour tisser le fil de la vie le plus longtemps possible, nous avons besoin de nos gènes, ceux qui défendent les cellules contre les excès, les toxines et l'usure des chromosomes. Là aussi, des molécules interviennent pour nous aider à lutter, à rouiller moins vite, à nous protéger en piégeant des radicaux oxydants qui nuisent

à la pérennité de nos cellules. Même âgé, le corps s'enflamme encore mais pour s'abîmer davantage.

Pour conclure ce voyage qui n'est certainement qu'un avant-goût de connaissances tant notre odyssée pourrait encore être longue, nous avons voulu revenir plus précisément sur des molécules étonnantes, comme un dernier chant odysseén. Parmi elles, une molécule se distingue des autres dans le cadre de ce livre et de sa toile de fond. En effet, la fin d'un récit initiatique annonce souvent la mort de son héros, une mort qui conditionne sa renaissance. Notre Ulysse terminera donc son voyage pour retourner à la source de la vie, l'ADN, une molécule que la cellule garde tel un trésor dans son noyau, le support de nos gènes, la miniature immense et multiple de notre identité que les Anciens auraient pu rapprocher du fil de Clotho, notre destin à chacun. Cette molécule est transmise inexorablement de génération en génération pour propager les expressions de la vie !



Ulysse et Pénélope, Le Primatice, 1563 (Toledo Museum of Art, Toledo). – Après le long voyage de notre héros, quelques peintres ont imaginé les deux époux se racontant les épreuves endurées en leur absence. Une fois initié à votre tour, ce livre alimentera certainement nombre de vos discussions.