

L'eau indispensable aux besoins vitaux de l'homme

Professeur Philippe MEYER
Faculté Necker

On a trouvé de la vapeur d'eau un peu partout dans l'univers, dans les constellations, dans notre galaxie. La sonde américaine Viking nous a envoyé de superbes images de calotte glaciaire* sur la planète Mars. Miranda, l'un des satellites d'Uranus, est fait presque exclusivement de glace. Les comètes sont des morceaux de glace sale. L'eau n'est donc pas une spécificité terrestre, mais l'eau, dans sa forme liquide, est une caractéristique essentielle et peut-être absolue de notre planète. Son abondante présence ainsi que le cycle de l'eau -un voyage atmosphérique qui relève d'évaporation et de précipitation- s'expliquent par la position de la planète Terre autour du Soleil, son étoile : une position intermédiaire entre la fournaise de Vénus, où l'eau ne peut être qu'à l'état de vapeur, et l'état glacé de Mars.

A l'époque éloignée du réchauffement de la jeune planète Terre, à peine individualisée, des océans de lave en fusion, libérés par des forces de gravitation resserrant les particules rocheuses constitutives, dégagèrent un lourd mélange de méthane, d'hydrogène, d'ammoniac, de gaz carbonique et d'eau, l'atmosphère primitive de notre planète. Le refroidissement se poursuivant, la condensation de cette eau provoqua des pluies

* Aux dernières nouvelles les calottes glaciaires de Mars doivent leur blancheur à un givre de neige carbonique déposé sur un substrat de glace d'eau sale et de poussière.

diluviennes qui recouvrirent les trois quarts de la terre. Les eaux primitives furent des prémices de la vie : elles assurèrent, en attendant l'apparition d'oxygène et d'ozone, une protection efficace à l'encontre du bombardement insupportable de rayons ultraviolets. Elles permirent donc constitution et assemblage des premières molécules organiques.

L'eau liquide constitua également le meilleur véhicule de nouvelles molécules interactives et de nutriments. Par sa nature physico-chimique, l'eau liquide s'avéra à la fois le constituant des milieux extérieur et intérieur idéal pour les premiers organismes vivants.

Toutes les religions et croyances ont admis que l'eau fut à l'origine de la Création et de la Vie. Le monde, selon la tradition hébraïque, aurait été créé pendant la période des pluies ; puis, selon la Genèse, Au Commencement, l'Esprit de Dieu plana sur les Eaux. En Inde, Brahamândra, l'oeuf du monde, est couvé à la surface des eaux. En Egypte, un lotus sort des eaux et sert de berceau au dieu Râ, le dieu soleil, au premier matin du monde. Chez les Indiens de l'Altiplano, les dieux créateurs sortent du lac Titicaca. Vishnu a créé la vie à partir d'une terre humide, Knoum en Egypte avec du limon du Nil et Dieu fit le premier homme, dirent les Juifs, en mélangeant de la terre et de l'eau.

Partout la même légende courant sur l'eau. Un élément aussi fertile et aussi protecteur ne pouvait qu'avoir une origine divine. Les Grecs installèrent leurs oracles auprès des fontaines, l'eau sacrée leur conférant la préscience, Pythie à Delphes, un prêtre à Claros. Les nymphes vivent comme des grenouilles dans le moindre filet d'eau et les fleuves voyagent avec leur Dieu que l'on honore par des sacrifices. Plus tard, les Cimbres honorèrent leur Rhône avec la même foi et les Massaï d'Afrique jettent encore de nos jours quelques poignées d'herbe dans leur fleuve avant de le traverser.

Dans l'eau salée que de divinités aussi ! Corps de tritons, queues de poissons changeant sans cesse de forme, tel Protée, sont fuyantes et indéfinissables, souvent redoutables comme la mer elle-même. Poséidon règne sur la mer grecque, Neptune à Rome, Aegir en Scandinavie. La mer, primitivement féminine, calme et douce en tant que matrice universelle, se transforme en Dieu dès que la tempête l'agite.

Le premier organisme vivant, s'est organisé il y a trois à quatre milliards d'années par un assemblage de molécules appartenant à l'atmosphère primitive sous l'action catalytique du rayonnement solaire ultraviolet, les décharges électriques des orages et l'intense chaleur volcanique dégagée par une planète se densifiant. Dans l'eau où ils furent entraînés, ce qui les sauva des effets secondaires et pervers des ultraviolets, les premiers agrégats moléculaires, poussés par une irrésistible force d'interaction, maintinrent la

proximité nécessaire en se protégeant d'une dispersion marine par des molécules hydrophobes, véritable membrane primitive, formant une microvésicule. Désormais, les molécules primitives, prisonnières d'un faible volume d'eau, pouvaient continuer leur complexification.

Les vésicules se divisèrent, se séparèrent et s'assemblèrent, formant des être vivants de plus en plus nombreux, d'abord unicellulaires puis pluricellulaires, en l'absence puis en la présence d'un noyau protégé par une autre membrane, à l'intérieur de la cellule cette fois. La reproduction, d'abord asexuée, fit place à une reproduction sexuée diversifiante et donc enrichissante, les programmes héréditaires étant inscrits sur une molécule commune à l'ensemble du monde vivant, l'acide nucléique dit ADN.

Ces processus, en se répétant et en augmentant en complexité, en se renouvelant avec ou sans changement construisirent l'arbre phylogénique du monde vivant dont les espèces, c'est-à-dire les branches, dérivent les unes des autres, et dont la cime est occupée par l'espèce humaine, dotée d'un cerveau capable de performances uniques.

Durant l'ensemble du processus évolutif, les schémas organiques demeurèrent ceux du Vivant primitif, un assemblage moléculaire au sein d'une phase aqueuse, à l'abri d'une membrane protégeant l'être vivant des avatars de son milieu.

La mort est indissociable de la vie, elle en assure le renouveau et une efficacité que n'aurait évidemment pas permis l'encombrement d'individus vieillissants. L'absurdité de la mort pour la condition Humaine a trouvé une justification biologique. Tous les constituants organiques lors de la mort sont restitués à l'environnement inorganique dont ils dérivent. Y compris bien sûr, les molécules de l'eau constitutionnelle qui regagnent la terre ou l'atmosphère.

L'eau est ainsi le constituant le plus important de tous les organismes vivants, tant à l'intérieur des cellules qu' autour des cellules chez les être multicellulaires, y occupant ce qu'il est convenu d'appeler l'espace extra-cellulaire.

Dans l'espèce humaine, à un âge adulte, l'eau représente les deux tiers du poids corporel, soit quelques 43 litres ou 43 kilogrammes chez une personne pesant 65 kilogrammes. En comparaison, les autres constituants corporels sont remarquablement moindres, une vingtaine de kilos pour protéines et lipides réunis, 3 à 4 kilos seulement de minéraux et à peine un demi-kilo de sucres. Le poids de l'eau corporelle est même plus fort au début de la vie.

En pourcentage, cette fois, 97,5% du poids corporel chez l'embryon de 6 semaines, 83% chez un fœtus de 6 mois, 72% chez le nouveau-né et 66%, comme il vient d'être dit chez l'adulte.

Cette deshydratation, qui concerne surtout l'eau tissulaire de l'organisme, eau de la peau et eau des muscles en particulier, est l'un des signes le plus remarquables du vieillissement qui apparaît, entre autres, comme une incapacité grandissante à maintenir à niveau constant l'eau de l'organisme vivant. En somme, la perte d'eau du vieillissement apparaît comme le prodrome progressif du brutal départ aqueux de la mort.

Des légendes sont nées à leur tour de ces déshydratations funestes. Dans les enfers asiatiques et chrétiens, les défunts, devenus «ombres», à peine conscients, le sont cependant suffisamment pour sentir les brûlures des flammes et une soif intense due à la fournaise. Dans l'évangile selon Saint-Luc, le riche, du fond de l'enfer, supplie Abraham : «Aie pitié de moi et envoie Lazare tremper dans l'eau le bout de son doigt pour me rafraîchir la langue, car je suis à la torture dans ces flammes. C'est pour apaiser cette souffrance qu'on faisait des libations aux morts. Les Grecs versaient même de l'eau dans les fentes de certains rochers pour éteindre l'atroce soif de leurs morts.

L'eau extra-cellulaire représente un tiers de l'eau corporelle ; elle se situe dans les compartiments sanguins, lymphatiques et céphalo rachidiens, dans les larmes et les diverses sécrétions digestives ; c'est schématiquement une eau qui circule.

Deux tiers de l'eau du corps humain sont contenus à l'intérieur des cellules avec des variations non négligeables d'un tissu à l'autre, les organes les plus hydratés étant souples et les moins hydratés, tels que os et dents, étant durs ; l'eau intracellulaire est beaucoup plus stagnante que l'eau extra-cellulaire mais des transferts aqueux se produisent d'un compartiment à l'autre en cas de déséquilibre.

L'une des très grandes découvertes de Claude Bernard fut de comprendre que la plupart des matériaux qui entrent dans la composition d'un être vivant sain sont maintenus à un niveau fixe malgré les variations de l'environnement, naturellement modérées. Claude Bernard a donné le nom de régulation du milieu intérieur à ce phénomène qui joue un rôle essentiel dans la sauvegarde des espèces vivantes. L'eau corporelle est un superbe exemple de cette stabilité physiologique.

Avant de décrire les mécanismes qui président à cette constance du capital hydrique,

il nous faut décrire les principaux états chimiques des compartiments aqueux de l'organisme, car l'eau «pure» y est inconnue, l'eau y véhicule toujours des éléments chimiques solubilisés que l'on dénomme des «solutés».

Dans l'eau extra-cellulaire, l'ion majoritaire est le sodium, tandis que l'ion principal du secteur intra-cellulaire est le potassium par la mise en jeu d'un transporteur présent dans les membranes de toutes les cellules qui rejettent activement le sodium vers l'eau extra-cellulaire en échange de potassium. La régulation des molécules d'eau dans l'organisme est donc largement couplée à celle du sodium à l'extérieur des cellules, à celle du potassium à l'intérieur. La constance du volume de l'eau corporelle est assurée, comme d'ailleurs celle des éléments qui y sont dissous, par un double contrôle jouant sur l'apport et sur l'élimination.

L'apport, c'est-à-dire l'ingestion de l'eau, dépend d'une sensation, la soif, qui est déclenchée par des phénomènes vivants et naturels. Mais des incitations extérieures à l'organisme proprement dit, et acquises, interviennent également.

Lorsque l'eau vient à manquer chez un vertébré, la concentration des éléments chimiques qu'elle véhicule augmente. On dit qu'apparaît un état d'hypertonie ou d'hyperosmolarité et celui-ci va être perçu ou ressenti par des cellules particulières, dénommées «osmo-récepteurs». Ceux du cerveau, plus précisément d'une partie profonde du cerveau, dite organe subfornical, par l'intermédiaire d'un messenger local, une hormone peptidique (l'angiotensine), déclenchent la sensation de soif et le comportement qui en dérive. La pulsion vers l'eau est quelque peu proportionnelle à la quantité d'eau manquante, mais la personnalité de l'individu déshydraté ainsi que les circonstances peuvent changer la perception de la soif. Il faut bien sûr faire une distinction entre cette soif de réparation et les soifs induites par un assèchement isolé de la bouche ou par un comportement.

La soif des alcooliques est névrotique et non physiologique comme la soif du potomane, ce curieux état qui conduit à avaler sans soif des quantités d'eau, habituellement gigantesques.

L'eau de l'organisme est également contrôlée par les systèmes qui la rejettent à l'extérieur, les reins et la peau.

La fonction rénale comporte un double processus : filtration d'une part par laquelle le sang est épuré d'une fraction de son eau et des solutés qu'elle contient, et réabsorption d'autre part qui conduit une partie de l'eau filtrée à regagner l'intérieur du corps, ce qui

réclame de l'énergie et constitue donc un mécanisme actif.

La filtration se produit dans de petits filtres que l'on appelle des glomérules et la réabsorption tout au long des tubes urinaires qui leur font suite.

Deux chiffres illustrent l'importance de ces phénomènes régulateurs. Chez l'adulte sain, le sang rénal est débarrassé à chaque minute de 120 ml d'eau et 99% de celle-ci va être réabsorbée dans les tubes rénaux. A ce niveau, on distingue également deux mécanismes distincts, les molécules d'eau suivant passivement la réabsorption de molécules de chlorure de sodium qui est le phénomène actif et premier, ou bien faisant l'objet d'une réabsorption autonome et indépendante de celle des solutés. On dit dans ce cas, qu'il y a réabsorption d'eau libre.

Ce retour de l'eau de l'urine primitive vers l'organisme est calibré par une hormone peptidique élaborée dans la post-hypophyse sous l'action de variations du volume et de l'osmolarité de l'eau extra-cellulaire. Ici encore, la boucle de régulation met successivement en jeu des récepteurs au changement de l'eau corporelle extra-cellulaire, un messenger et des organes-cibles sur lesquels le messenger intervient. L'asservissement s'arrête lorsque la cause déclenchante, la perte d'eau, est corrigée.

La transpiration et la perspiration constituent un mécanisme important de sortie de l'eau hors de l'organisme. Ici aussi, il est un système régulateur, le système nerveux végétatif qui calibre le diamètre des vaisseaux cutanés et donc la formation de la sueur. Son importance fonctionnelle est plus grande chez l'enfant que chez l'adulte à cause des différences des rapports cutanée/taille. Ce type de régulation est moins bien ajusté que le précédent et une élimination cutanée d'eau persiste même dans des états de déshydratation. La perspiration invisible atteint chez l'adulte quelque 600 ml par jour.

En pathologie comme en physiologie, on ne raisonne qu'à partir de l'eau extra-cellulaire parce que si le *primum movens* concerne ce secteur et non l'eau intra-cellulaire, les deux secteurs s'ajustent rapidement l'un sur l'autre, ce qui permet de «globaliser» le raisonnement. Ainsi, les états d'hyperhydratation sont dus à un excès de l'eau dans l'organisme, et le symptôme le plus net est un oedème du tissu sous-cutané. Leur cause la plus fréquente consiste en une rétention première de sel, de chlorure de sodium dans l'organisme et leur traitement, en la guérison de la cause première, cardiaque ou rénale, accompagnée de la prescription d'un diurétique. Inversement, les déshydratations sont dues à un manque d'eau. Dans les deux éventualités, les boucles de régulation auxquelles il a été fait allusion précédemment, sont défectueuses ou dépassées.

L'eau d'un organisme vivant a de multiples fonctions, apport de nutriments, épuration de produits toxiques, transport intercellulaire, frein à une surchauffe corporelle, maintien des perfusions tissulaires. Une déshydratation non corrigée a des conséquences dramatiques qui peuvent être mortelles. Les signes cliniques sont éloquentes, le pouls file misérablement, la tension artérielle s'effondre, la peau garde le pli, la langue est racornie.

Le traitement consiste en la perfusion de volumes appropriés d'eau plus ou moins salée de façon à corriger en même temps la perte de sodium qui est pratiquement toujours associée. Faute de quoi, l'évolution se fait vers l'insuffisance rénale par insuffisance de perfusion du tissu rénal.

Professeur Pierre DEJOURS, Paris-Strasbourg

Ouverture du débat

Philippe Meyer a réussi à faire un résumé de l'histoire de notre planète qui porte sur environ 4 milliards d'années. C'est un tour de force car il a dit des choses essentielles. Il y a encore bien des inconnues sur la réalité des faits, sur l'apparition de la vie : premières molécules organiques, puis le passage de la molécule organique à la vie proprement dite, la reproduction sont encore des domaines de recherche. En laboratoire, on sait faire des molécules excessivement complexes mais elles ne suffisent pas à expliquer l'évolution du vivant.

Néanmoins à travers l'exposé de M. Meyer, il semblerait que l'homme se trouve en fin d'évolution, et qu'il est considéré par lui-même comme la perfection de l'évolution. Cette vision est «teilhardienne», et la plupart des évolutionnistes considèrent que l'homme, tout au moins vu par l'homme, est l'aboutissement de l'évolution.

Quoiqu'il en soit l'eau est effectivement un élément universel indispensable sans lequel il n'y a pas de vie. Nous en sommes absolument certains. Néanmoins l'eau se présente à nous sous les formes les plus diverses : liquide, solide (glace), vapeur. A la surface du globe, il n'y a pas deux eaux identiques car des quantités de facteurs interviennent : température, salinité, nature des sels. La «mer morte» n'est pas morte tout à fait car il y a tout de même des bactéries. Entre les eaux hyper salées, les eaux de mer, les eaux saumâtres, c'est-à-dire intermédiaires à l'eau de mer et aux eaux de rivière et aux eaux de pluies, la gamme est fantastique. Des êtres vivants (plantes, animaux, êtres dits cellulaires) vivent dans ces milieux fondamentalement différents. Les grands poissons migrateurs

que sont le saumon et l'anguille passent très brutalement, d'une eau douce à une eau de mer au moment de la reproduction, ou d'une eau de mer à l'eau douce. Ces changements imposent des modifications physiologiques fondamentales. Lorsque le poisson passe de l'eau douce à l'eau de mer, ses échanges ioniques (de sel) au travers des branchies s'inversent.

On rencontre également des possibilités d'adaptation tout à fait remarquables. Chez l'homme, les possibilités d'adaptation de son organisme à la disponibilité d'eau ou la rareté de l'eau sont remarquables. Dans la nature, il y a des animaux qui vivent sans aucune possibilité d'avoir de l'eau libre. Les rats ou les souris du désert, sont capables de faire des urines qui sont dix fois plus concentrées que les plus concentrées chez l'homme. Ils arrivent à vivre uniquement en mangeant des graines ou des débris d'herbe qui sont pratiquement complètement secs. Tous les animaux ont une source d'eau propre qui provient de la transformation, et de la combustion des lipides, graisses, sucres et protéines. Au cours de ce métabolisme, à peu près 1/2 l par jour de l'eau chez l'homme est formée. Certains animaux ne vivent qu'avec cette eau provenant du métabolisme.

Maintenant, je voudrais attirer l'attention sur le fait que les eaux sont éminemment respectables. Il faut veiller bien entendu à la pureté de l'eau, sur le fait du devenir de l'eau et du niveau de la mer avec l'augmentation de la température. Dans l'histoire de la Terre il y a déjà eu des périodes de très hautes températures ; on a déjà connu des périodes avec des atmosphères qui avaient beaucoup de dioxyde de carbone (CO²) et la vie a continué au-delà des crises que nos ancêtres ont traversées. Nous sommes dans une phase tout à fait particulière : l'activité des hommes apporte des facteurs de pollution ; différents produits comme les oxydes d'azote ou de soufre, sont rejetés dans l'eau ou dans l'air puis se dissolvent dans l'eau et donnent naissance à ces pluies acides qui font qu'en Scandinavie beaucoup de lacs sont, en dehors des bactéries, presque abiotiques. Il y a là des problèmes graves qui imposent aux sociétés humaines, aux hommes politiques, aux médecins, aux ingénieurs de contrôler très vigoureusement toutes ces causes de pollution qui mettent en danger la vie animale, la biodiversité. L'eau est une source de nutriments, d'aliments tout à fait majeure dans certaines régions. Dans le sud-est asiatique ou dans les Caraïbes où la proportion d'aliments d'origine marine ou d'eau de rivières est considérable, la sauvegarde du milieu et d'un milieu propice au développement des animaux et des plantes est tout à fait essentielle. Il faut aussi que l'homme se méfie de la surexploitation, de la surutilisation des ressources naturelles qui aboutissent à une diminution des populations et éventuellement à des disparitions d'espèces qui sont irrécupérables.