

Acte III**L'ETOILE et les CELLULES****(LE CYCLE DE L'ÊTRE VIVANT)**

Troisième Acte: l'Être Vivant entre en scène sur une planète orbitant autour d'une Etoile située à 30 000 années lumière du centre de notre Galaxie, la Voie Lactée.

La Vie apparaît en effet sur notre planète Terre orbitant avec d'autres autour de notre Etoile le Soleil orbitant lui-même en périphérie d'un des bras en spirale de la Voie Lactée en laquelle le cycle de la Matière a déjà produit non seulement les molécules ou les pièces d'assemblage nécessaires au Vivant (tels que axes, roues, écrous et boulons biochimiques) mais les semences c'est-à-dire les Virus permettant d'en assurer le démarrage et la pérennité (cf. fin de Acte II). C'est ainsi que se réalise le passage du minéral au Vivant ou de l'inanimé à l'animé sur lequel nous allons tenter de lever un tant soit peu le voile pour ce qui demeure une des grandes énigmes de l'évolution.

Si la Vie -et la Mort qui ne va pas sans elle- est apparue -et apparaît certainement encore- sur des milliards de planètes appartenant à un quelconque système stellaire fait d'une étoile et de ses planètes en orbite (on estime à 150 milliards le nombre d'étoiles dans notre Galaxie autant que de neurones dans notre cerveau), nous n'en adopterons pas moins ici un point de vue de Terrien pour décrire la mise en scène de la Vie sur notre planète Terre, sans perdre de vue le reste du décor, et en premier lieu l'ensemble du système solaire (qui fait le tour de la galaxie en quelques 100 millions d'années) sans lequel la Vie sur Terre serait inimaginable.

C'est ainsi qu'il y a entre 3 et 4 milliards d'années, sous l'impulsion des semences que sont les Virus, notre planète devient une gigantesque pouponnière pour les acteurs du Vivant que sont les Cellules¹.

Premières entités vivantes et en mouvement autonome que la création connaisse, les Cellules deviennent les acteurs de la Vie portant l'Élément Air en pleine exaltation après que le Feu et l'Eau l'aient été dans les deux mondes précédents.

Contrairement aux molécules du cycle précédent qui se forment, évoluent et se transforment au gré du mouvement des masses gazeuses et liquidiennes galactiques dans lesquelles elles baignent et se rencontrent, transportées passivement par le flux, les Cellules accèdent à une certaine autonomie par rapport à l'environnement en se constituant un milieu intérieur grâce notamment à la formation d'une membrane.

La membrane cellulaire joue en effet ici un rôle majeur puisqu'elle sert tout à la fois à contenir et à mettre en relation (ce qui à un niveau plus complexe sera dévolu au système nerveux qui tire de cette membrane son origine): par elle, la Cellule trouve son unité de survie et le moyen de communiquer avec ses congénères et le milieu ambiant grâce auquel elle évolue.

Mais à l'instar des molécules et des particules qui les ont précédées et de toutes les formes d'existence qui les suivront, l'homme y compris, les Cellules n'en vont pas moins suivre leur cycle évolutif qui va les mener des spécimens Unicellulaires les plus simples aux spécimens Pluricellulaires ouvrant le cycle suivant des Organismes sexués.

C'est donc parmi les spécimens Unicellulaires les plus simples, c'est-à-dire les Virus, que se trouvent les acteurs premiers c'est-à-dire les semences ou les germes détenant en potentiel toutes les fonctions du Vivant que manifestent les Cellules.

Ultimes fruits du cycle précédent où ils ont été façonnés et finalisés à partir de ces extraordinaires molécules que sont les *nucléotides* et les *acides nucléiques* (ARN, ADN ; cf. fin de Acte II), porteurs et transmetteurs d'informations, capables de surprenants pouvoirs catalytiques, les

Virus détiennent en effet toutes les potentialités énergétiques, structurelles et évolutives du Vivant qui va poursuivre son cycle à travers les Bactéries et toutes les formes de vie Unicellulaires puis Pluricellulaires jusqu'aux premiers Organismes initiant un nouveau monde.

Tout au long du cycle et depuis son départ, les Virus puis les Cellules qui en sont la forme manifestée (voir plus loin) s'orientent et se hiérarchisent d'après les deux pôles solaire et terrestre (ou *inclusif* et *exclusif*) entre lesquels circule l'énergie ou le flux animant l'ensemble du système du Vivant: les Cellules se répartissent en effet en les deux grands ensembles que sont les phototrophes et les chimiotrophes qui tirent respectivement leur énergie de la lumière et de la chimie obscure, les premières transformant le gaz carbonique atmosphérique en carbone (par photosynthèse consistant en une réduction) et les secondes transformant les molécules minérales ou organiques (par combustion lente consistant en une oxydation^{1bis}, Cellules phototrophes et chimiotrophes^{2 et 3} en lesquelles nous reconnaissons les précurseurs des végétaux et des animaux du cycle suivant et entre lesquelles se placent certaines Cellules photo-chimiotrophes assurant la continuité du flux et la préservation de l'unité du Vivant.

Avec le Vivant et le processus énergétique qu'est le phénomène d'oxydo-réduction (respiration et fermentation), s'ouvre l'ère de la biochimie amorcée timidement mais non moins magistralement à la fin du cycle précédent.

Et si le monde du Vivant voit son énergie ou son flux matérialisés et entretenus par l'interaction entre la respiration et la photosynthèse, entre le « terrestre » et le « céleste » auxquels répondent les chimiotrophes et les phototrophes, chacun de ces ensembles voit par ailleurs son énergie et son flux entretenus par les différents niveaux d'exposition solaire ou les différents types de sols terrestres, tandis qu'à l'échelle individuelle de la Cellule, ce flux circule entre le noyau et la membrane par l'intermédiaire du cytoplasme, flux assurant les échanges et les informations entre intérieur et extérieur de la Cellule ainsi que la croissance de celle-ci. La Cellule évolue ainsi par complexification de ses fonctions dont celle de la reproduction passant de la division binaire à la mitose (division équationnelle) et de la mitose à la méiose (division réductionnelle, diminution de moitié du capital génétique ou du nombre de chromosomes) annonçant la reproduction sexuée des Organismes Pluricellulaires du cycle suivant.

C'est ainsi que gérant des informations de plus en plus complexes, la Cellule accroît le nombre et l'efficacité de ses fonctions sous l'influence de l'ensemble du système solaire et de ses planètes en orbite : là s'exercent en effet des phénomènes physiques, magnétiques et géoclimatiques marqués par l'alternance de périodes de réchauffement et de refroidissement où volcanisme et glaciation remplacent l'alternance des contractions et des expansions (explosions stellaires) du cycle précédent ayant les mêmes effets modifiant l'environnement physique et chimique du milieu.

Alors que se calment les pluies d'astéroïdes qui jusque là frappaient la surface de la Terre qu'elles rendaient totalement invivable, notre planète refroidit suffisamment pour que les eaux s'accumulent et forment les océans, tandis que la croûte terrestre désormais constituée connaît à son tour de grands bouleversements par les collisions des plaques continentales qui provoquent d'énormes dégagements d'énergie ainsi que le volcanisme qui décompose les carbonates sédimentaires, renvoient le gaz carbonique dans l'atmosphère et entraînent l'augmentation de l'effet de serre et de la température du globe de quelques degrés, alors qu'à l'inverse, la diminution du gaz carbonique et l'augmentation de l'oxygène sont cause de refroidissement⁴.

Les bouleversements climatiques qui alternativement détruisent massivement les espèces présentes et en relancent l'expansion sous d'autres formes, varient dans leurs effets avec le niveau d'évolution des formes de vie présentes et le nombre de niches écologiques qui, réduites au début du Protérozoïque (peu de masses continentales, océan unique), augmentent avec la formation des continents et des différents océans (bords, rives puis intérieur des terres ...). La pauvreté en niches écologiques entraîne ainsi l'effacement de quasiment tous les Organismes déjà présents au cours des phases d'extinction, n'épargnant que quelques spécimens à partir desquels l'expansion repart très lentement aux périodes favorables tandis que l'augmentation des niches se produisant

notamment au milieu et à la fin du Protérozoïque (formation des continents et des différents océans), font que les espèces enrichies en nombre et en variétés (adaptations, interactions, émulation, lutte pour la survie, confrontations, intégrations ...), voient leur redémarrage se produire plus rapidement à partir de spécimens et d'environnements multiples qui progressent aussi d'autant plus rapidement..

L'ensemble de ces conditions globalement favorables à la formation des Microorganismes, à leur différenciation et au franchissement de leurs différents pas évolutifs correspondant aux différentes étapes du cycle (sans que celles-ci ne soient strictement chronologiques ou de développement mathématique puisqu'il existe des phénomènes de chevauchement ou de rétrogradation par exemple), la première étape du cycle permettant son démarrage correspondant au coup d'envoi donné par les Virus.

*

Première phase (1^{ère}, 2nd et 3^{ème} étapes)

La Vie débute un milliard d'années après la formation de la Terre, il y a 3 milliards 800 millions d'années environ, avec les Virus et les Bactéries : c'est le début de l'Archéen⁵ (du grec ancien "Αρχή", *Arkhē*, "commencement, origine").

L'Archéen offre en effet les conditions favorables à l'apparition de la vie dans les océans (formés durant l'Hadéen précédent) bien que la luminosité solaire soit 30% plus faible qu'aujourd'hui, que l'atmosphère ne soit pas encore -ou très peu- fournie en oxygène (cf. plus loin) et que la température atteigne de 40° à 85° C⁶, tout cela en présence des premiers proto-continent⁷ formés au niveau des points chauds de la croûte terrestre plutôt qu'au niveau des zones de subductions.

Cette « expansion archéenne » de la vie consiste en des formes Unicellulaires Procaryotes (Bactéries ou Monères ou Cellules sans noyau défini) qui ne saurait se produire sans les Virus.

Essence de la Vie, véritables émetto-récepteurs dépositaires du secret de l'ARN et de l'ADN (*acides nucléiques*, ultimes molécules du système galactique ; cf. Acte II), les Virus (qui sont plutôt des Virions lorsqu'ils sont hors de la Cellule qu'ils infectent) détiennent toutes les potentialités énergétiques et informationnelles du monde du Vivant dont ils actualisent le flux par hiérarchisation sur trois niveaux : Virus ARN monocaténaire, Virus ADN bicaténaire et Virus ARN-ADN mixtes (qui deviennent les ARN *messagers*).

Scellées entre le Virus *simple brin* (monocaténaire) et le Virus *double brin* (bicaténaire) que relie le Virus mixte ARN-ADN (équivalent de l'ARN *messenger*), l'énergie et l'orientation du Vivant circulant en aller et retour ou en double sens, font croître le Vivant en complexité et le modèlent à l'image du Virus jusqu'au terme ultime que seront les premiers Organismes.

Semences du Vivant, les Virus considérés comme la première étape nécessaire au démarrage du cycle, se manifestent en des matrices répondant à la seconde étape du cycle.

Grâce à leur immense pouvoir générateur ou à leur densité particulière, ces Virus investissent des amas moléculaires ou des agrégats d'*acides gras* ou phospho-lipo-protéiques (molécules linéaires avec extrémités hydrophobes empêchant l'eau de pénétrer) grâce auxquels ils se constituent une enveloppe formant les premières « vésicules membranaires » puis les premières Bactéries, avec enveloppe, cytoplasme et milieu intérieur séparé du milieu extérieur.

Ces Bactéries dont les organites et le noyau sont les vestiges des Virus (les noyaux de nos cellules sont des Virus !), possèdent désormais un dedans et un dehors, une membrane (en contact avec le monde extérieur), un noyau d'ADN (servant de mémoire génétique et de centre de commande) et du cytoplasme rempli d'ARN ayant un rôle d'exécutant (ARN de *transfert*, ARN *ribosomal* ...), avec interaction constante entre les uns et les autres par l'intermédiaire notamment de l'ARN du cytoplasme (ARN *messenger* faisant fabriquer les protéines et les enzymes par ARN

de *transfert* ...), interaction responsable de la mise en place de toutes les fonctions et de l'accès à tous les niveaux de complexité cellulaires.

Grâce aux capacités de transformation, de multiplication, de division, de duplication et de réplication de l'ADN viral, sont ainsi assurés le fonctionnement, la croissance et l'évolution cellulaire par production de protéines et d'enzymes⁸ qui sont d'abord des moyens de communication et d'action entre noyau, cytoplasme et membrane.

De formes variées (sphères, tiges, spirales ...) les Bactéries asporulées (2nd étape) puis sporulées (3^{ème} étape)⁹ deviennent ainsi capables de s'adapter à tous les milieux, y compris les plus hostiles (sources chaudes acides avec utilisation des minéraux des cheminées volcaniques, déchets radioactifs, parties profondes de la croûte terrestre ...¹⁰), ce qui nous porte à croire que la vie a pu se développer sinon apparaître sur les planètes les plus inhospitalières.

Ces Bactéries qui sont toutes des Cellules Procaryotes au noyau encore mal séparé du cytoplasme et baignant en lui, se différencient déjà en chimiotrophes¹⁰ et en phototrophes (Cyanobactéries ou Algues Bleues)¹¹,

L'oxygène produit par ces premiers Procaryotes phototrophes du début de l'Archéen sature les océans puis se répand dans l'atmosphère sans pour autant augmenter beaucoup puisqu'il est fixé par les minéraux dissous comme le fer (ce qui peut expliquer les dépôts stratifiés de magnétite ou de fer rubané formés entre 3,5 et 1,7 milliards d'années qui compensent la production d'oxygène et en témoignent)^{11 et 16 et 16bis}. Le taux d'oxygène très bas au départ ne fournit pas l'ozone capable de filtrer les UV qui obligent les premières formes de vie primitive à rester dans les fonds marins qu'elles vont plus tard quitter pour coloniser les eaux peu profondes puis les continents.

L'oxygène qui augmente progressivement devient très néfaste aux Micro-organismes anaérobies qui ne possèdent pas d'antioxydants¹² et se cantonnent donc aux zones non colonisées par les Bactéries photosynthétiques qui elles utilisent au contraire l'oxygène en développant la chaîne respiratoire et en formant de l'eau et envahissent les eaux peu profondes, Micro-organismes autotrophes qui sont par conséquent les premiers fournisseurs de molécules pour les Bactéries hétérotrophes devenant ainsi de plus en plus dépendantes de leurs fournisseurs en nourriture.

Associées en paires comme les *Neisseria*, ou en chaînette, caractéristique des Streptocoques, les Bactéries se multiplient par division selon un axe unique longitudinal ou perpendiculaire ou encore de façon désordonnée formant des amas en grappe de raisins comme chez *Staphylococcus*. D'autres Bactéries peuvent s'allonger en filaments (Actinomycètes), former des chaînes appelées trichomes (Cyanobactéries auxquelles appartient la Spiruline), des Colonies et des Biofilms (en s'attachant aux surfaces), groupements où se produisent les échanges physiologiques et le transfert horizontal de gènes permettant la stabilisation et la résistance par adaptation à tous les milieux (ex : biofilms de Légionnelles des canalisations, prothèses, cathéters ...).

Dans ces structures plus ou moins complexes en lesquelles peuvent se former des canaux diffusant les nutriments, les Bactéries réagissent au confinement en modifiant leur physiologie (tous éléments qui préfigurent les organes des Organismes Pluricellulaires) et s'adaptent ainsi aux conditions les plus défavorables,

Les Cyanobactéries (dont certaines forment des colonies incluses dans des dépôts calcaires stratifiés en rochers nommés Stromatolithes qui les protègent des UV et constituent aujourd'hui des reliques fossiles de cette époque)¹¹ consomment du gaz carbonique, ce qui diminue l'effet de serre et tend à refroidir la Terre sur laquelle apparaissent pour la première fois des calottes glaciaires aux pôles (glaciation de Pongola -2 900 Ma) (ce qui en outre stimule la formation des Bactéries sporulées), tandis que l'oxygène libéré par ces Cyanobactéries (la Grande Oxydation¹⁶), non seulement accentue la diminution de l'effet de serre, mais protège les continents de l'effet stérilisateur des ultra-violets (UV) solaires par formation d'ozone qui filtre les rayons UV, permet la survie en eau peu profonde et même la sortie à l'air libre, et fait prendre au ciel sa couleur bleue tandis que leur pullulement fait prendre à l'eau des océans une couleur verte.

Les Bactéries capables d'autonomie nutritionnelle, de reproduction, de relation et de groupement par fusionnement facilitant l'échange et l'adaptation, envahissent tous les milieux et transforment ainsi la Biosphère.

Les trois étapes de cette première phase de différenciation et d'intense multiplication (Virus, Bactéries asporulées, Bactéries sporulées) se termine par une étape d'organisation et de stabilisation (4^{ème} étape) que représentent les Archées, Bactéries spéciales poussant l'adaptabilité et les possibilités d'association à une échelle et à un niveau d'interaction et de complexité jamais atteints jusque là et préparant la seconde phase du cycle.

*
4^{ème} étape

Très répandues dans la nature et très communes dans une diversité d'habitats tels que les sols et les océans (très abondantes dans le plancton marin), les Archées représentant l'étape de stabilisation du cycle du Vivant (la quatrième) de la fin de l'Archéen, constitueraient l'un des groupes de Micro-Organismes les plus abondant de la Terre.

Divisées en quatre grands groupes selon qu'elles sont méthanogènes, halophiles, thermophiles ou sulfo-dépendantes, les Archées sont physiologiquement aérobies, anaérobies facultatives ou strictement anaérobies et se répartissent d'un point de vue nutritionnel en de très nombreux groupes, depuis les chimio-litho-autotrophes (tirant leur énergie de gradients chimiques d'origine non biologique) aux organotrophes.

Ni pathogènes ni parasites, dépourvues de spores, le plus souvent mutualistes ou commensales, faisant preuve d'une grande diversité de modes de reproduction (par fission binaire, bourgeonnement ou fragmentation), les Archées occupent tous les habitats jusqu'aux plus extrêmes de la planète : cheminées thermales des mers profondes où règnent des températures supérieures à 100 degrés centigrades, sources chaudes, eaux très acides, alcalines, ou hypersalines des lacs salés aux effets desséchants, boues des marais et du fond de l'océan où elles produisent du méthane, et même gisements de pétrole souterrains profonds ... jusqu'à l'intérieur du tube digestif des humains, des ruminants et des termites (participant ainsi favorablement à la digestion).

De formes très diverses, sphériques (coccus ...), en forme de tige (bacille ...), triangulaires, voire carrées comme un timbre-poste, les Archées munies ou pas de flagelles, possèdent certaines caractéristiques qui peuvent être communes avec les Bactéries et/ou avec les Eucaryotes à venir, ou être totalement singulières (lipides caractéristiques, ARN de *transfert* différent de celui de tous les êtres vivants connus, cependant parfois plus proche des Eucaryotes que des Bactéries), tous éléments nous indiquant leur place intermédiaire entre Procaryotes (Bactéries) et Eucaryotes (Cellules à noyau) et faisant donc la transition entre la première et la seconde phase du cycle.

L'agencement caractéristique des Archées¹³ et ¹⁴ témoignerait du phénomène de « retournement » lié à cette étape intermédiaire du cycle (cf. « *Le recto et le verso* » tome Processus) et leur confèrent des possibilités extraordinaires de liaisons, d'associations (exclusives entre elles, avec formation de grands rassemblements grâce à des réseaux membranaires de protéines auxquels les Cellules peuvent s'ancrer), de résistance, de survie, de souplesse, de dispersion d'un écosystème à l'autre, et d'adaptation, d'autant qu'elles se présentent toujours sous les trois états actifs, de dormance et inactif primordial (issus d'un milieu profond ou sédimentaire et redevenant actifs en retrouvant ce milieu¹⁵), comme si finalement, ubiquitaires, elles étaient la communauté de Bactéries chargée d'établir l'équilibre, la stabilité et l'unité systémique de la totalité du Vivant sur la Terre.

Ainsi Archées et Bactéries, innombrables et présentes partout comme aujourd'hui encore dans les sols et les eaux, dans le milieu ambiant ou à l'intérieur d'autres formes de vie,

transformant tout (réduction des sulfates et des nitrates ...) et intervenant dans la plupart des grands cycles géo-biologiques des substances clés (cycle du carbone, de l'azote, du fer, du soufre ...) pour former les charbons, les pétroles, les hydrocarbures gazeux ou soufrés et devenir des créatures utiles ou nuisibles à l'homme (Bactéries servant à l'industrie de fermentation par exemple ou Streptocoques, Staphylocoques, Pneumocoques, Salmonelles, Haemophilus, Bacillus, Clostridium, Vibrions, Listéria, Tréponèmes causes de multiples pathologies telles que tuberculose, diphtérie, furonculose ... mènent leur vie invisible depuis cette époque.

Vie et Mort, anabolisme, catabolisme, transformation, tout passe par les Bactéries et les Archées dont les déchets ou les produits de dégradation suivent aussi par elles leurs phases de démantèlement ou de putréfaction pour être recyclés et réutilisés.

A la fin de l'Achéen, l'atmosphère terrestre enrichie en oxygène, les océans diminués en température, et le ¼ des gènes du Vivant désormais opérants (ceux notamment impliqués dans la photosynthèse codant pour les protéines du transport membranaire des électrons), rendent possible le départ de la seconde phase du cycle correspondant à l'entrée dans le Protérozoïque marqué par la formation du supercontinent Columbia.

La température moyenne plus fraîche qu'aujourd'hui, les journées plus courtes et les rayons solaires moins ardents (intensité du soleil plus faible de 6%) entrecoupés de spectaculaires bouleversements faits d'amoncèlements et de désagrégements de continents, de réchauffements et de refroidissements entraînent des vagues de proliférations et d'extinctions massives stimulant l'apparition des premières Cellules Eucaryotes.

En fait c'est tout le reste du cycle du Vivant qui va se réaliser durant les millions d'années du Protérozoïque.

La production croissante d'oxygène par les Cyanobactéries ou Cyanophycées ou Algues Bleues (la Grande Oxydation)¹⁶, l'augmentation spectaculaire de volume de la croûte continentale¹⁷ (avec rassemblements et dislocations successifs de 3 supercontinents), l'érection de reliefs -ou orogénèse- accompagnant l'accrétion des continents¹⁸ et 3 vagues de glaciations¹⁹ constituent en effet les conditions qu'offre la Terre du Protérozoïque pour l'avènement non seulement des premières Cellules à noyau défini (Eucaryotes ou Protistes, seconde phase du cycle) mais des premiers Organismes (3^{ème} phase du cycle).

Commençons par la seconde phase du cycle.

*

Seconde phase (5^{ème}, 6^{ème} et 7^{ème} étapes)

La seconde phase du cycle débiterait ainsi au Protérozoïque avec la formation du Supercontinent Columbia accompagnée de la glaciation huronienne (de -2 400 Ma à -2 100 Ma), de l'orogénèse hudsonnienne et de la montée croissante du taux d'oxygène due à la prolifération de Cyanobactéries^{16, 18, 19}, tous éléments favorables à l'explosion des Bactéries aérobies déjà présentes mais surtout de Cellules Eucaryotes à noyau défini, Protozoaires et Protophytes, ces dernières comme les Algues Unicellulaires étant beaucoup plus efficaces que les Cyanobactéries pour produire de l'O₂.

5^{ème} étape

Après la glaciation du début du Protérozoïque et s'ajoutant aux Bactéries et aux Archées présentes, se produit en effet l'émergence des Cellules Eucaryotes ou Protistes comprenant les Protozoaires chimiotrophes sans paroi (Levures, Flagellés ...) et les Protophytes phototrophes avec paroi (Algues monocellulaires photosynthétiques).

De 10 à 50 microns et même parfois visibles à l'œil nu ou encore atteignant quelques centimètres dans les groupements cellulaires nommés coenobes²⁰, les Protistes sont des Cellules plus grandes, plus volumineuses que les Bactéries, avec un noyau bien séparé du cytoplasme isolant

le matériel héréditaire, ce qui leur fait perdre leurs possibilités de mélanges et d'échanges génétiques entre Cellules, mais leur confère une très forte capacité d'intégration.

Cette capacité d'intégration (ou endosymbiose ...) par le Protiste de divers types de Bactéries et de leurs caractéristiques fonctionnelles explique la présence d'organites et d'organelles dans leur cytoplasme, l'intégration d'anciennes alpha-protéo-Bactéries formant par exemple les mitochondries (fournissant de l'énergie par oxydation de composés organiques), ou l'intégration d'anciennes Cyanobactéries²¹ constituant les chloroplastes (permettant la photosynthèse,...), organelles comptant aussi les corps de Golgi qui constituent des réserves et les vacuoles assurant toutes sortes de fonctions²² ... tous organites finissant par posséder leur propre information génétique et une certaine autonomie par rapport à la Cellule hôte, phénomène qui associé au groupement cellulaire préfigure les organes des organismes pluricellulaires du cycle suivant.

Ces Cellules ou Protistes qui ont désormais le plus souvent besoin d'oxygène (à l'inverse des Bactéries qui, pour la plupart anaérobies jusque-là, sont détruites par l'oxygène comme par la lumière ultra-violette), dépendent donc exclusivement de la diffusion de cet élément -et des nutriments- pour la respiration et la circulation, ce qui implique la perméabilité de la membrane mais empêche la colonisation des milieux terrestres à moins que l'air soit saturé en eau.

A l'instar des atomes de carbone et d'azote qui dans les molécules organiques du cycle précédant prennent une place centrale en se dotant de fonctions chimiques diverses, le noyau de la Cellule devient le centre organisateur de cette dernière dont il régule les différentes fonctions (organites et organelles : mitochondries, appareil de Golgi ...) de sorte que le Protiste est apte à gérer individuellement ses fonctions selon ses besoins.

Ces Protistes inventent la mitose (reproduction par division de la Cellule en 2 parties égales) puis la méiose (mitose réductionnelle produisant une diminution de moitié du matériel génétique ou des chromosomes) leur donnant la capacité de produire des « gamètes » qui, avant même d'assurer la reproduction sexuée et la fécondation assurent l'enrichissement du matériel génétique et la diversification cellulaire par échange d'informations détenues par l'ADN, reproduction permettant une plus grande rapidité d'évolution mais nécessitant un apport accru en énergie par rapport à la reproduction asexuée.

De plus en plus complexe, le message génétique porté par l'ADN se sépare en plusieurs morceaux portés par des supports protéiques : les chromosomes.

Les Protistes comptant les Protozoaires et les Protophytes, se différencient et se hiérarchisent en différentes classes: chez les Protozoaires, ce sont les Levures, les Flagellés (dont certains sont responsables de maladies humaines comme la Maladie du Sommeil, le Bouton d'Orient ...), les Amibes qui rampent et se nourrissent à l'aide de pseudopodes (parmi lesquelles il en est une qui est responsable de la dysenterie amibienne), les Actinopodes pourvus de spicules radiaires ... et chez les Protophytes, ce sont les Algues Unicellulaires Rouges, Vertes, Brunas ... dont la différenciation tient à la fonction ou au type d'organelle dominant, ce qui, entre autres, a pour conséquence de donner plus ou moins d'importance au noyau, au cytoplasme ou à la membrane.

Au cours de leurs cycles évolutifs, ces diverses Cellules jouent en effet sur les différents degrés d'importance du noyau par rapport au cytoplasme et à la membrane au moyen de métamorphoses se faisant essentiellement autour du noyau perdant ou gagnant du cytoplasme et se reconstituant sous un autre aspect.

Notons que ces métamorphoses préfigurent à la fois les stades évolutifs des organismes à venir (menant de la larve à l'adulte) et la différenciation de leurs divers tissus et humeurs, (gélatineux ou liquidiens, lipidiques ou volatiles ...) tenant à la spécialisation des Cellules (du centre, de la périphérie ...) au sein de communautés et de groupements, avec acquisitions de nouvelles performances métaboliques pour la cohérence de la colonie et la résistance aux Bactéries qui se reproduisent plus vite et dévorent la nourriture synthétisée par les Cyanobactéries (Algues

Bleues) : ainsi tissus cutané, nerveux, conjonctif, musculaire, osseux, endocrinien, immunitaire, sanguin (les globules blancs sont proches des Amibes) ... et les organes qui en dérivent, trouvent-ils leur origine chez ces Protistes Unicellulaires et en leur association.

6^{ème} étape

Cette 6^{ème} étape qui facilite certainement la différenciation entre les Protozoaires chimiotrophes et les Protophytes phototrophes, entraîne surtout la scission de chacun de ces embranchements en deux grandes lignées -ou deux classes- distinctes haploïdes et diploïdes répondant aux deux tendances « exclusive » et « inclusive » de chacun de ces groupes, scission confirmant le processus continu d'union et de séparation garantissant avec d'autres la poursuite du mouvement évolutif (cf. par exemple *L'expansion et la contraction* du tome *Processus* et *archétype Six* du tome *Archétypes*).

Cette dichotomie de chacun des embranchements de Protozoaires et de Protophytes en haploïdes et diploïdes (qui semble contemporaine de la fragmentation du super-continent Columbia vers – 1500 millions d'années, avec expansion des plates-formes sédimentaires et dépôt de nouveaux sédiments sur les cratons récemment constitués) va permettre la poursuite de l'évolution que les Protistes ne peuvent plus assurer du fait qu'ils s'adaptent constamment aux conditions environnementales en passant de la chimiotrophie à la phototrophie (tantôt hétérotrophes, tantôt autotrophes -mixotrophie ou mésotrophie-, certains flagellés comme *Euglena gracilis* par exemple possèdent des chloroplastes mais deviennent hétérotrophes s'ils sont élevés à l'obscurité).

A partir de maintenant, nous ne considérerons que les Protozoaires (branche chimiotrophe ou "animale" du Vivant) et laisserons de côté les Protophytes (Algues Unicellulaires ou leurs groupements en Cœnobes plurinucléés phototrophes)²⁰: c'est en effet surtout grâce aux Protozoaires que va se faire le passage vers le cycle suivant des Organismes, leur dépendance au milieu servant d'aiguillon pour le développement de leur puissance de progression, de transformation et de conquête par perfectionnements internes et adaptatifs avec le milieu ambiant les menant aux Organismes Pluricellulaires, tout en sachant que Protozoaires et Protophytes forment une unité interactive et vitale indissociable (échange de propriétés ...) ²³, les Protozoaires incorporant par exemple certains éléments relatifs aux Algues, comme les pigments à l'origine des vitamines.

Ainsi donc, les Protozoaires se sont-ils scindés en Flagellés (Cellules mononucléées et haploïdes) et en Amibes (Cellules multinucléées et diploïdes) donnant respectivement la prééminence au *germen* (et au gamète mâle), et au *soma* (et au gamète femelle), leur origine commune octroyant néanmoins à chacun d'eux, et sous forme latente, les propriétés de l'autre (le Flagellé passe par une phase amibienne, l'Amibe par une phase flagellée) de sorte que le jeu évolutif du Vivant qui se joue entre l'Amibe et le Flagellé entraîne des complexifications successives et réciproques préparant le passage vers le cycle des Animaux et des Végétaux qui va se faire au cours de la 3^{ème} phase de ce cycle du Vivant (cf. plus loin).

Mais il s'agit d'abord d'aller au terme de ce cycle naturel du Vivant c'est-à-dire d'en réaliser la synthèse, ce que réalise le Sporozoaire qui est un Flagellé qui intègre l'Amibe (le *germen* se dote d'un *soma* et non pas l'inverse²⁴) (7^{ème} étape du cycle).

7^{ème} étape

Dans les vastes champs d'action et les immenses possibilités qu'offre alors la Terre, les Flagellés et les Amibes trouvent leur synthèse chez les Sporozoaires parmi lesquels se trouvent le Plasmodium responsable du paludisme: mobiles, connaissant plusieurs hôtes, possédant des cycles complexes avec multiples métamorphoses les faisant successivement passer par l'état de spore, de vermoïde, de gamonte, de gamète et de copula, les Sporozoaires sont les héros victorieux qui résument la totalité des potentialités du Vivant dans son versant chimiotrophe ou Animal.

Les Sporozoaires qui marquent le sommet du cycle ordinaire du Vivant (7^{ème} étape du cycle, fin de la seconde phase de ce cycle) sont suivis par les Infusoires qui actualisent la période de rétraction unifiante préparant la 3^{ème} phase.

8^{ème} étape

Il y a 1200 millions d'années environ se forme le supercontinent Rodinia²⁵ s'accompagnant d'un refroidissement, d'une diminution des ressources et des champs d'action entraînant une augmentation de la concurrence, tandis que la Lune commence à jouer un rôle de plus en plus important en terme de stabilisation ou d'équilibration du système (cf. Acte IV). Apparaissent alors les Infusoires qui représentent la forme d'autorégulation des Sporozoaires obligés de s'adapter à ces nouvelles conditions de restriction et de trouver en eux-mêmes les moyens de survivre.

Les Sporozoaires se parent ainsi de fonctions et de qualités qui relèvent tout autant du Flagellé que de l'Amibe et aboutissent aux Ciliés parmi lesquels se trouvent du Plancton et les Infusoires. L'Infusoire (Paramécie ...²⁶) est muni d'un corps recouvert d'une fine ciliature mobile leur permettant de se déplacer, de se nourrir et de capter l'oxygène, corps pourvu de surcroît d'appareils de capture (trichocystes ressemblant à des harpons), d'une bouche, de vacuoles capteuses (captent les aliments pour les digérer et les transporter vers un anus) et pulsatiles (servant à maintenir la pression interne), mais surtout de formations tout à fait originales assurant l'autorégulation: l'fraciliature d'une part, et deux types de noyaux d'autre part, végétatif pour l'un (*macronucléus*) et sexuel pour l'autre (*micronucléus*).

L'fraciliature de la Paramécie dessine un filet de mailles étroites sous la membrane externe et se renforce de trichocystes autour de la bouche et des territoires sensoriels: c'est une sorte de système nerveux miniature assurant la coordination des mouvements ciliaires, une bonne perception du milieu environnant et l'efficacité du système de défense.

Quant aux deux noyaux, ils sont encore plus étonnants dans leurs effets. Equivalent de l'Amibe, le noyau végétatif diploïde ou polyplôïde (lot double ou multiple des mêmes informations) possède toutes les informations relatives au métabolisme cellulaire et à la fabrication des protéines, c'est-à-dire à tout ce qui concerne la vie individuelle caduque, contrairement au noyau germinal diploïde correspondant au Flagellé (lot double de chromosomes correspondant aux deux sexes mâle et femelle) qui possède toutes les informations relatives à l'avenir de l'espèce c'est-à-dire au cycle sexué par formation de gamètes par méiose de ce *micronucléus* qui est l'équivalent d'un œuf qui va se reconstituer par échange de matériel génétique équivalent à des gamètes: *germen* et *soma* sont désormais à la fois différenciés et réunis en une même Cellule, prémisses de l'Organisme Pluricellulaire sexué.

Les Infusoires se multiplient par division binaire, mais à un moment de leur vie et sous certaines conditions (changements du milieu, absence de nutriments ...), elles connaissent une sexualité à type de conjugaison qui voit le *macronucléus* dégénérer et le *micronucléus* se diviser en l'équivalent de deux gamètes par une méiose suivie d'un échange de matériel génétique entre deux Infusoires en lesquelles se reconstitue un *macronucléus* à partir du *micronucléus*, ce dernier comportant donc non seulement l'information relative au *germen*, mais celle latente relative au *soma* (*macronucléus*), comme à l'inverse le *macronucléus* possède les informations du *micronucléus*.

Les Infusoires monocellulaires, totalement stabilisées, portant en elles le somatique et le germinal sous leur forme accomplie, se développent, se reproduisent et s'adaptent à toutes sortes de conditions (le génome *macronucléaire* adoptant par exemple une infinité de versions à partir du même génome *germinal*) selon la disponibilité en nutriments, les changements climatiques et le rythme que scandent le Soleil et la Lune, les deux luminaires qui tiennent respectivement sous leur influence le *macronucléus* végétatif et le *micronucléus* sexuel.

C'est ainsi que se prépare la troisième et dernière phase du cycle au cours de laquelle les Unicellulaires vont accoucher des Pluricellulaires.

Le Vivant en est effectivement là au moment où s'engage la 3^{ème} phase du cycle (phase de Transition ou de Transcendance recouvrant la dernière partie du Protérozoïque et ses glaciations spectaculaires), phase au cours de laquelle les Ciliés Unicellulaires se transcendent en les premiers spécimens Pluricellulaires. Ayant parcouru toutes sortes d'environnements, de distances et de climats, du chaud au froid, du froid au chaud, ayant appris à éliminer le superflu et à garder l'essentiel en survivant dans le *micronucleus*, les Ciliés et le Plancton du même type aboutissent en effet aux semences et aux matrices du monde suivant, celui des Organismes. Les désastres géoclimatiques de la dernière phase du Protérozoïque (Néo-Protérozoïque : -1000 à - 541 millions d'années ou Ma) posent ainsi de nouvelles bases à l'évolution et préparent le monde suivant.

*

Troisième phase (étapes 9,10 et 11)

Emaillées d'évènements géologiques, climatiques et spatiaux spectaculaires (agrégation et dislocation de continents rejoignant les pôles, chute d'astéroïdes, énormes glaciations suivies de réchauffements ...), les 500 millions d'années du Néoprotérozoïque et ses extinctions massives, ses fabuleuses révolutions et ses lentes renaissances, stimulent en effet l'avènement de formes de vie nouvelles à partir des semences que sont les Vers.

Les continents qui se brisent et se sectionnent, les océans qui se réchauffent puis se recouvrent de glaces épaisses de plusieurs kilomètres, l'oxygène et le gaz carbonique qui alternativement croissent et décroissent, le froid intense, la sécheresse, les vents puissants qui balayent les terres émergées et les épaisses banquises (un kilomètre d'épaisseur parfois) ... poussent les micro-organismes Unicellulaires dans leurs retranchements et les contraignent à résister et à survivre durant des millions d'années dans les zones-refuge du fond des océans et près de l'équateur, rétractions et rétrogradations qui les réduisent à leur essentiel et les transforment en les proto- semences Animales ou proto-Vers qui au cours du réchauffement qui suit et s'accompagne de l'expansion du Phytoplancton et des Algues (qui se répandent en d'immenses biotopes et libèrent de l'oxygène), deviennent des Vers à part entière ...

Les Ciliés (Infusoires, certains Planctons ..), poussés dans leurs extrémités en une sorte de retour aux sources mettant en jeu les acteurs présents jusque-là tels que Virus, Bactéries et Protistes –ou leurs fonctions ou performances -, franchissent ainsi durant la fin du Protérozoïque un pas immense en passant du stade Unicellulaire à celui de Pluricellulaire.

Refroidissement et réchauffement, restrictions et abondance en nutriments font en effet connaître à l'Infusoire l'exacerbation de l'un ou l'autre mode de reproduction.

Les phases de carence et de froid qui stimulent le mode de reproduction sexuée par le *micronucléus* (*germen*) aboutissent au Ver, tandis que les phases d'abondance stimulent plutôt la reproduction végétative par le *macronucléus* pour aboutir à l'Eponge, Ver et Eponge se développant ensuite tous deux aux périodes favorables en utilisant le groupement cellulaire laissé partiellement de côté jusque là par les Protozoaires¹¹, groupement à l'origine de la spécialisation de certaines cellules, de la constitution d'un milieu intérieur et de l'acquisition de nouvelles performances métaboliques dont la reproduction par gamétogenèse devenant responsable de la totalité des caractères propres à l'être et à ses descendants.

L'émergence de formes de vie nouvelles nées de la pression environnementale impliquent évidemment l'intervention des Organismes eux-mêmes en termes notamment d'intégrations, de différenciations, d'interactions et de parasitisme, ce dernier prenant une place particulièrement importante entre l'Eponge parasitée et le Ver parasite (parasitisme déjà présent chez les Sporozoaires pour la survie individuelle et de l'espèce, et nécessaire notamment à

l'accomplissement du cycle sexué gamète <->œuf). Nés tous deux des Infusoires, le Ver et l'Eponge se modifient et évoluent l'un par rapport à l'autre, tandis que par le parasitisme le Ver prend globalement de l'ampleur, perd certaines caractéristiques de départ et en gagne de nouvelles, ajoutant notamment aux modes de reproduction Unisexué et Hermaphrodite le mode de reproduction Parthénogénétique (Rotifères, Trochelminthes ...) lui permettant de passer par métamorphose ou parthénogenèse du Ver Unisexué au Ver Hermaphrodite, de sorte que l'embranchement des Vers désormais unifié dans son continuum devient capable d'initier le monde Animal et d'en assurer la cohérence et la pérennité, comme nous allons le montrer ci-après (le processus étant le même pour les Végétaux avec les Champignons Ascomycètes parthénogénétiques unifiant l'embranchement des Champignons).

La prééminence donnée ici aux Vers, c'est-à-dire aux semences Animales, s'explique par le fait que ces dernières doivent répondre à l'impératif très singulier qui est celui d'être, comme pour les Virus, à la fois différenciées et unifiées pour constituer un embranchement structuré et unifié nécessaire au départ du nouveau cycle, ce qui n'exclut pas que les matrices (Eponges, Méduses, Polypes) apparues certainement avant les Vers, sont importantes elles aussi, puisqu'elles sont non seulement à l'origine des Vers parthénogénétiques mais à l'origine aussi des Mollusques par leur intégration par les Vers (cf. Acte IV).

Les grandes glaciations du Protérozoïque marquent donc une véritable rupture dans la diversification du Vivant et le passage de l'Unicellulaire aux Organismes impliquant de nombreux essais infructueux comme le montrent les Acritarches comportant toutes sortes de spécimens énigmatiques et inclassables sans lendemain.

Tentons de reprendre en gros les faits dans leur chronologie.

Entre -1 000 et - 850 Ma (Tonien, première période du Néoprotérozoïque), la fissuration progressive de Rodinia (cf. plus haut) s'accompagne de volcanisme, de l'accroissement du CO₂ et du méthane et donc de réchauffement : la première radiation évolutive des premiers Pluricellulaires tels qu'Eponges et Méduses a lieu (matrices animales, Métazoaires invertébrés marins sans coquilles)²⁸ et de nouveaux types de Métaphytes ou d'Algues²⁹ tels que les Chromophytes, (Algues Brunes), Haptophytes (Algues Unicellulaires) et Dinoflagellés (Protistes) au milieu desquels existent des hyphes ou des spores de Champignons : la vie atteint alors une diversité qu'elle n'a jamais connue auparavant (par exemple à Lakhanda en Sibérie, vers -950 Ma), mais il faut attendre les glaciations à venir pour voir apparaître les Vers qui constituent les semences nécessaires au départ du monde Animal³⁰.

9^{ème} étape

C'est entre -850 à -630 Ma qu'une série de glaciations transforme la Terre en Boule de Neige : entre -760 et -700 Ma, les deux parties issues de Rodinia rejoignent les pôles³¹ tandis que se forme l'ancêtre de l'Océan Pacifique (Océan Panthalassa) qui se recouvre de glaces épaisses de plusieurs kilomètres et s'étendent jusqu'aux abords de l'équateur (la glace réfléchit les rayons solaires accélèrent le refroidissement) tandis que le taux d'O₂ déjà peu élevé diminue et restreint les zones de vie de manière importante, le seul refuge étant le fond des océans et quelques zones de chaleur, la plupart des espèces étant alors éradiquées sur des millions d'années. Cette première phase de glaciation et d'éradication est suivie d'un réchauffement et d'une première expansion qui est elle-même suivie quelques millions d'années plus tard d'une nouvelle glaciation (chute d'un astéroïde vers - 590 ?) anéantissant presque entièrement la faune nouvelle mais faisant repartir l'évolution sur des bases encore plus solides à partir des espèces résistantes ... Ainsi les glaciations obligent-elles les Cellules et notamment les Ciliés à se rétracter sur l'essentiel d'eux-mêmes pour survivre et se replier sur le mode de reproduction sexué détenu par le *micronucléus* pour aboutir, par réorganisation lorsqu'ils survivent à l'hécatombe, à des spécimens nouveaux qui ne sont plus des Infusoires mais des Vermoïdes ou des proto-Vers qui se différencient de surcroît en

Unisexués et Hermaphrodites en fonction des conditions et des lieux où se trouvent les Infusoires et à quels moments de leur développement ils sont frappés par le froid.

Le « proto-Ver possédant potentiellement comme le *micronucleus* les propriétés du *macronucléus* à vocation somatique, utilise donc les capacités de se reconstituer un *soma* ainsi que le regroupement cellulaire et la capacité de se recouvrir d'une coque (à l'instar du Virus, semence du cycle présent du Vivant qui se fait une capsidie protégeant son corps minimal fait d'*acide nucléique*), coque ou écrin de protection à l'intérieur duquel se différencient quelques tissus de type syncytial²⁰ parmi lesquels il en est un qui prend un rôle déterminant : le tissu nerveux nécessaire à la régulation, à l'unification et à la communication des divers types cellulaires de ce nouveau spécimen qui n'est plus une Cellule ou un Infusoire mais un Ver (ou un proto-Ver) véritable c'est-à-dire un premier Organisme.

Très simple au départ, mais bien réel, le système nerveux de ce proto-Ver qui est le prolongement complexifié de l'infaciliature de l'Infusoire, donne son unité et sa capacité de régulation à l'Animal, intervenant dans la communication et la centralisation des multiples Cellules groupées en un seul Organisme impliquant la relation des différents éléments et tissus entre eux, niveau d'évolution rendu possible par les étapes évolutives précédentes ainsi que par l'apparition de nouvelles conditions géo-climatiques.

Le proto-Ver qui fut le *micronucleus* de l'Infusoire est donc devenu un Organisme doté d'un organe reproducteur i.e un testicule ou un ovaire (ou les deux à la fois: Ver hermaphrodite) produisant des spermatozoïdes et des ovules, muni de ses annexes (canal déférent, pénis, utérus, vagin), toute la structure du Ver étant organisée autour de ce système reproducteur qu'il est dans son essence.

En tant qu'Organisme, certes microscopique encore, le proto-Ver se reproduit dès lors intégralement dans ses descendants tout en survivant comme individu à la fécondation, à la différence des Cellules qui le précèdent et passent de l'état haploïde à l'état diploïde en perdant à chaque fois les possibilités de l'état précédant et ne survivant pas dans leur identité originelle puisqu'elles passent entièrement dans leurs descendants au cours de la reproduction.

Ainsi Unisexués ou Hermaphrodites, les proto-Vers qui se reproduisent grâce aux gamètes et aux embryons qu'ils produisent, constituent-ils les modes de reproduction et de multiplication de l'ensemble des Organismes à venir.

Pluricellulaire produisant ses gamètes, le proto-Ver est de surcroît, conformément à ce que doit être toute semence, de structure trinitaire ou « triploblastique » c'est-à-dire organisé autour de trois feuillettes : l'ectoblaste qui donne le revêtement cutané et le système nerveux, l'endoblaste responsable du système digestif, et le mésoblaste fait de parenchyme syncytial²⁰ participant à la formation des Organes et remplissant les espaces interviscéraux³².

C'est cette structure triploblastique qui donne au Ver son schéma corporel trinitaire orienté: la tête, le tronc et la queue (ou partie inférieure où s'ouvrent l'anus et les pores génitaux).

Unisexué ou hermaphrodite, de structure trinitaire et capable de se reproduire sans perdre son individualité, le proto-Ver constitue une nouvelle unité énergétique, c'est-à-dire une semence capable de porter la création à un nouveau seuil de manifestation : celui des Organismes dont il est l'initiateur ou la semence pour le règne Animal (le Champignon ayant le même rôle pour le règne Végétal), et cela à l'instar du Virus qui lui aussi de structure trinitaire, s'est fait la semence du Vivant.

Forme évoluée, transcendée et organisée du *micronucléus* de l'Infusoire, le proto-Ver détient en effet un potentiel énergétique extraordinaire dans le sens où c'est par lui que se joue le jeu du simple au double (de l'haploïde au diploïde) et du double au simple, jeu qui est celui des gamètes haploïdes et de l'œuf diploïde qui renvoie à celui du *germen* et du *soma* et extensivement à celui de la Partie au Tout par lequel toute forme d'existence trouve sa dynamique et fait son chemin vers sa totalité.

10^{ème} étape

Au lendemain de la glaciation marinoenne (fin de la période Cryogénienne, - 635 Ma, dernier en date des épisodes de « Terre boule de neige » ou *Snowball Earth*), puis de la glaciation liée à la chute de l'astéroïde, les périodes de réchauffement liées d'une part au retour des deux parties du Rodinia vers l'équateur (entre - 650 et -600 Ma) et d'autre part à l'arrêt des effets de l'impact de l'astéroïde (après -590), constituent l'ère dite de l'Ediacarien, troisième et dernière période du Néoprotérozoïque (- 630 à - 542 Ma) qui offre les conditions favorables au développement des espèces finalisant le processus de transition entre les Unicellulaires et les Pluricellulaires posant les bases du monde suivant.

La glace qui a fondu de manière spectaculaire aide d'abord à la libération d'oxygène dans l'atmosphère (par prolifération du Phytoplancton), de phosphore dans les océans (par érosion des continents) et à l'enfouissement du carbone par les pluies (sédiments, basaltes), produit le big bang biologique de la faune de l'Ediacarien qui du fait de la chute de l'astéroïde vers -590 (ou événement d'Acraman détruisant plus de 70 % des nouvelles formes de vie apparues après la première vague de glaciation), progresse en trois temps : à Doushantuo d'abord, puis à Ediacara et enfin au Cambrien (correspondant au départ du monde des Organismes Animaux et Végétaux).

Globalement le biotope de l'Ediacarien (nommé ainsi en référence au site des collines Ediacara au Sud de l'Australie mais identifiée aussi en de nombreux autres endroits de par le monde : sites de la mer Blanche en Russie, dans le sud-est de l'Afrique, dans l'est de Terre-Neuve ...). se compose d'une part d'une faune étrange, la plus emblématique, dont les spécimens nommés Acritarches n'auront pas de représentants connus dans les temps à venir, et d'autre part d'un nombre croissant d'Organismes pouvant être rattachés à des formes de vie connues aujourd'hui.

Les Acritarches³³ résultent d'une part des tentatives d'élaboration des proto-Organismes à partir des Unicellulaires et d'autre part des interactions entre Organismes et proto-Organismes (entre notamment les matrices -Eponges, Polypes- et les proto-semences ou proto-Vers non encore unifiés dans leur embranchement par absence de spécimens parthénogénétiques), interactions produisant ces spécimens bizarres (exprimant par exemple la non finalisation du processus d'intégration de la matrice par le Ver pour la formation des premiers Mollusques) se situant globalement hors du cadre que constituera l'embranchement unifié des Vers (cf. plus loin).

Voyons d'abord ce qu'il en est du développement des Vers après la formation des « prototypes » ayant eu lieu aux périodes de glaciations à partir du *micronucleus*.

Profitant de la manne offerte par les Micro-Organismes et les Pluricellulaires phototrophes tels que le Phytoplancton et les Algues Multicellulaires Rouges, Vertes ou Brunnes, et se mêlant progressivement aux Acritarches qui vont disparaître, un ensemble d'Organismes non plus seulement plats mais tridimensionnels (ceux que nous connaissons aujourd'hui) s'adaptent, prolifèrent et se diversifient comme de microscopiques Eponges et Cnidaires (Hydres, Méduses, Coraux) et les premiers Vers issus des proto-Vers, ainsi que les premières petites coquilles (« petite faune coquillère ») ou des sortes de Mollusques (*Kimberella*) rappelant les Trilobites ou les Vers Polychètes (*Spriggina*), ainsi que des Organismes à symétrie pentaradiée (*Tribrachidium*) ou triradiée (*Arkarua*) évoquant les Echinodermes ... tous spécimens que l'on trouve aussi sous leur forme embryonnaire conservée dans les phosphorites³⁴.

Mais pour que le monde Animal démarre et se constitue en tant que tel, il faut encore que les Vers franchissent une étape supplémentaire, celle de la parthénogenèse³⁵, troisième type de sexualité intermédiaire entre les deux premières, étape qu'il me plaît de faire coïncider avec la formation du nouveau supercontinent qu'est le Gondwana regroupant les précédents continents issus de l'éclatement de Rodinia, ultime étape du Vivant correspondant simultanément au départ du monde des Organismes Animaux et Végétaux.

11^{ème} étape

La fin du Protérozoïque apporte en effet la dernière touche au tableau consistant en deux types de rassemblements : celui des 3 continents issus de l'éclatement de Rodinia³⁶ pour former un nouveau supercontinent, le Gondwana, et celui des 3 types de Vers en un seul embranchement par apparition de la parthénogenèse. La fin du Protérozoïque constitue donc l'ultime fin du Vivant et le coup d'envoi du monde des Organismes, c'est-à-dire le départ d'un nouveau cycle.

Depuis le début de l'Edicarien correspondant au rapprochement des continents (qui quittent les pôles et finissent par constituer un nouveau supercontinent, le Gondwana), les interactions entre les différentes formes de vie s'intensifient et aboutissent à la formation des Vers Parthénogénétiques finalisant l'unification de l'embranchement des Vers assurant le véritable départ du monde Animal.

Pour que les Vers deviennent les semences opérationnelles du monde Animal, et pour que ce monde Animal évolue selon un ensemble systémique, il faut en effet un Ver parthénogénétique qui soit capable de faire la transition entre les types unisexué et hermaphrodite déjà présents, le continuum du flux énergétique ainsi établi assurant l'unité énergétique et structurelle du monde Animal à venir.

Si à l'échelle individuelle en effet le Ver réalise un cycle complet par la formation de l'œuf à partir d'un Ver mâle et d'un Ver femelle (ou d'un Ver Hermaphrodite), il faut encore que ce cycle se mette en place collectivement grâce aux 3 espèces de Vers Unisexués, Hermaphrodites, et Parthénogénétiques.

Mais comment ce Ver Parthénogénétique situé entre sexualité unisexuée et hermaphrodite peut-il se former ? Grâce à l'Eponge ou à son équivalent archaïque, les véritables acteurs de ce processus ayant sans doute disparus mais ayant laissé la trace de leur exploit chez l'Eponge dont le mode de reproduction peut nous aider à retrouver la façon dont s'est faite cette naissance miraculeuse.

Cette Eponge (dont l'origine se trouve dans le *macronucléus* de l'Infusoire³⁷) est formée d'un assemblage de Protozoaires sur un mode inverse à celui du Ver (passage des Cellules ciliées de l'extérieur à l'intérieur) pour prendre la forme d'une outre où se retrouvent les gamètes mâle et femelle issus du *micronucléus*³⁸, le gamète femelle prenant ici l'ascendant sur le gamète mâle comme il sied à toute matrice (et au *soma*), contrairement à ce qui se passe chez le Ver qui donne la prédominance au *germen* et au mâle, comme il sied à toute semence possédant une dynamique de type différenciatif.

Faite de colonies de cellules peu différenciées capables de se grouper, de vivre en société et de se spécialiser (capacité déjà observable chez les Bactéries et les Protozoaires, mais ici systématisée et rendue permanente), l'Eponge et ses multiples Cellules s'organisent selon une structure trinitaire (comme en miroir de la structure trinitaire du Ver, développement de la fonction trophique à l'image du *germen*) faite de 3 couches de tissus (sans être triploblastique comme les Vers³⁹): tissu cutané (l'ectoderme, la "peau" faite de Cellules aplaties s'originant des Actinopodes) ; tissu muqueux (l'endoderme ou l'"intérieur" fait de Flagellés) ; tissu mésenchymateux enserré entre les deux premiers (mésoglée -et non mésoblaste- faite d'une masse diffuse de Cellules variées et indifférenciées libres ou disposées en réseau, sorte de « Cellules souches » capables de se transformer l'une en l'autre telles que Cellules amiboïdes, reproductrices, squelettiques et Cellules nerveuses reliant l'ensemble, et contenant aussi vacuoles digestives, pulsatiles, inhalantes, exhalantes ...), mésenchyme responsable de l'immense pouvoir de régénération de l'Eponge ne possédant par ailleurs aucun organe ou appareil (ni appareil génital, ni respiratoire, ni excréteur, ni bouche, ni anus, ni aucun organe différencié, pas d'intestin, de rein, de muscle ...), contrairement au parenchyme du Ver.

En cette matrice, les deux gamètes de sexes opposés qui ne représentent plus chez elle, et contrairement aux Vers, qu'une infime partie du *soma* qu'elle représente, ont tout le loisir de vivre

une histoire d'amour merveilleuse et de se livrer à une danse subtile dont le gamète femelle prend les commandes.

Le gamète femelle issu d'une Cellule amiboïde du mésenchyme de l'Eponge, attire d'abord irrésistiblement le gamète mâle, issu lui d'une Cellule ciliée endodermique, et tous deux se retrouvent à flotter librement dans le parenchyme de l'Eponge, sans qu'ils puissent encore se réunir pour former l'œuf: le gamète femelle doit en effet d'abord se préparer aux noces et accroître sa dot en suivant une phase de maturation au cours de laquelle il se pare de ses plus beaux atours en prenant grand soin à se faire le plus abondant ou le plus nourricier possible, i.e le plus apte à apporter à cet aventurier de mâle les éléments non seulement génétiques complémentaires qui lui manquent, mais aussi nutritifs et somatiques nécessaires au développement optimal de l'œuf qu'ils vont former ensemble. Cette semence femelle se coiffe donc de divers éléments, et notamment d'une Cellule nourricière, avant que la fécondation ait lieu, et encore d'une manière indirecte par l'intermédiaire d'un tube produit par le gamète mâle et ne laissant passer que le noyau (fécondation indirecte). Il s'en suit un œuf puis un embryon qui se libère de l'Eponge qui va lui-même donner une Eponge. S'ensuivre

C'est ainsi que l'Eponge se fait le tabernacle protecteur enserrant le nouvel être qui croît en son sein : l'œuf né des épousailles des deux gamètes.

Tous ces phénomènes de rapprochement et d'éloignement tiennent de processus hormonaux dépendants du système nerveux. Tout se tient.

Le gamète femelle porte donc avec lui non seulement le potentiel génétique complémentaire, mais encore le potentiel somatique, tendance déjà présente chez les Protozoaires. Or, ce mode particulier de relation et de fécondation où le gamète femelle prend nettement l'ascendant sur le gamète mâle qui finit par ne persister qu'à l'état vestigial, introduit le mode de reproduction dit parthénogénétique permettant la formation d'un troisième type de Ver, le Ver Parthénogénétique (Trochelminthe)⁴⁰, celui-là même par qui se fait l'unité et le démarrage du cycle des Organismes sexués Animaux (les Champignons Ascomycètes jouant le même rôle chez les Végétaux).

Avec les Vers unisexués d'une part (Némathelminthes) et hermaphrodites d'autre part (Plathelminthes ...), ce 3^{ème} type de Vers parthénogénétiques (Trochelminthes) faisant la transition finalise l'unité des semences assurant la dynamique de fond ainsi que le cadre énergétique et structurel de l'ensemble du règne Animal, les Champignons et leurs trois types de sexualité jouant le même rôle pour la lignée Végétale.

L'ensemble des Organismes produits à partir de ces semences que sont les Vers et les Champignons (et des matrices qui les accompagnent, Eponges et Algues) se situeront en effet désormais obligatoirement à l'intérieur du cadre délimité par ces semences contrairement aux Acritarches qui les précèdent et « sortent des clous » du fait qu'ils actualisent des aspects de l'Etre qui n'auront plus cours et ne s'inscrivent encore dans aucun groupe connu et seront éliminés.

A la fin du Protérozoïque existe donc un ensemble d'Organismes fiables tels que Vers et Eponges se développant durant 40 millions d'années pour donner les premiers petits Coquillages (Mollusques) et les premiers Trilobites (Arthropodes primitifs) du Cambrien capable dès lors d'initier un nouveau monde.

C'est pourquoi on peut situer le véritable démarrage du monde des Organismes au moment du regroupement des 3 continents en le Gondwana correspondant au début du Cambrien (au cours duquel le Gondwana va commencer à se fragmenter entraînant l'activité de la tectonique des plaques, l'augmentation de la concentration en CO₂ de l'atmosphère et un réchauffement planétaire, le tout voyant il y a 540 Ma (schistes du mont Burgess au Canada ...). la disparition des Acritarches et l'apparition rapide d'une grande diversité de petits Organismes (« explosion cambrienne »).

La Vie désormais présente partout sur Terre, mais seulement dans l'eau et les endroits humides, n'en reste pas moins encore en grande partie invisible à l'œil nu puisque les premiers Organismes macroscopiques (les premiers petits Coquillages, premiers Trilobites ou Arthropodes

primitifs composés d'une coque de chitine et d'appendices de formes variées) sont dominés par des êtres encore majoritairement microscopiques: le décor est donc encore largement celui du monde minéral de l'eau, de l'air et des roches, même si plus de 40 millions de Bactéries peuplent un seul gramme de sol et si un millilitre d'eau douce en abrite un million, ce qui à l'échelle de la planète représente une biomasse supérieure à celle de tous les Organismes Animaux et Végétaux qui vont envahir les océans, la terre ferme puis les airs et vont ainsi changer la face de la Terre.

C'est donc sur cette même planète Terre du Vivant que, marqué par l'évolution conjointe des Organismes Animaux et Végétaux, va se développer le monde de l'Intelligence amorçant son autonomisation par rapport au système stellaire du Vivant. Nous sommes au début du Cambrien.

* * *

1 : Les microorganismes fossiles les plus anciens ont été trouvés dans les sédiments de Barberton (3,66 – 3,5 Ga) en Afrique du Sud et du Pilbara (3,5 Ga) en Australie. Les sédiments relativement bien conservés permettent d'imaginer une vie foisonnante dans des eaux littorales de faible profondeur, assez proche de la surface. Certaines structures feuilletées donnent à penser qu'une vie bactérienne utilisait déjà la photosynthèse. Les microfossiles identifiés présentent des structures filamenteuses longues de quelques microns, des bâtonnets du même ordre de grandeur et des structures sphériques et ovoïdes d'environ 1µm de diamètre.

1bis : Photosynthèse et respiration : la photosynthèse qui décompose le CO² et produit de l'O² se fait grâce à la chlorophylle (quatre structures moléculaires simples pentagonales ou noyaux pyrroles faits de 4 atomes de C + un d'Azote tous liés à un atome de Magnésium) qui permet de capter l'énergie des rayons solaires et d'associer le gaz carbonique CO² de l'air à des molécules d'eau pour faire du sucre : la matière végétale se développe, l'océan s'enrichit de nourriture. Mais cette photosynthèse produit un déchet, l'oxygène O² (un atome d'O est arraché à l'eau) qui forme la couche d'ozone (3 atomes d'O) de l'atmosphère (le ciel devient bleu) et permet l'enclenchement de la respiration chez les chimiotrophes (l'O² oxyde la nourriture fournie avec dégagement de CO²) de sorte que photosynthèse et respiration s'équilibrent.

2 : Cette répartition entre phototrophes et chimiotrophes se complique par le fait qu'il existe des photolithotrophes (la croissance dépend de donateurs d'hydrogène exogènes minéraux), des photo-organotrophes (donateurs d'hydrogène organiques), des chimiolithotrophes (tirent l'énergie de l'oxydation des composés minéraux) et chimioorganotrophes (des composés organiques).

3 : Ces modes d'approvisionnement énergétique sont à distinguer des modes nutritionnels auto- ou hétérotrophes qui en dérivent et qui tiennent du pouvoir de réduction des enzymes sur les substances oxydées. Les Cellules autotrophes sont capables de synthétiser leurs métabolites essentiels alors que les hétérotrophes nécessitent la présence de ces derniers (sucres, acides-aminés ...) et parfois de coenzymes ou de facteurs de croissance (hématine, aneurine, vitamines ...) pour se nourrir. Ainsi les autotrophes sont-ils capables de combler par eux-mêmes leurs besoins énergétiques et nutritionnels à partir de matériaux simples c'est-à-dire minéraux, alors que les hétérotrophes ont pour ce faire besoin de matériaux complexes c'est-à-dire organiques.

4 : le réchauffement dû à l'effet de serre par accumulation de CO₂ dans l'atmosphère (volcanisme déclenché par l'éclatement des continents) entraîne la fonte rapide des glaces (recouvertes de poussières volcaniques et absorbant plus de chaleur), la montée du niveau des mers, l'évaporation des masses d'eau, l'augmentation de la vapeur d'eau dans l'atmosphère, les pluies torrentielles s'abatant sur les continents entraînant l'altération chimique des silicates et le ruissellement d'importants volumes de calcaires -calcium et gaz carbonique- et de phosphore : Ca²⁺, HCO₃⁻ et SiO₂, ..., augmentation du stockage du carbone du CaCO₃ dans les sédiments et les roches sédimentaire et engouffrement dans les zones de subduction de ces sédiments et roches sédimentaires, et donc captage du carbone et diminution de la concentration de CO₂ atmosphérique accentuée par la photosynthèse des Organismes, diminution de l'effet de serre, refroidissement du climat, moins de vapeur d'eau dans l'atmosphère, diminution de l'altération chimique des roches, diminution du captage du CO₂ puis reprise du volcanisme, retour du Carbone à l'atmosphère sous forme de CO₂ par les volcans, augmentation de l'effet de serre et des températures, retour au réchauffement ...

5 : L'Archéen (-3,8 milliards d'années -2,5 milliards ou Ga), de l'apparition supposée de la Vie ou des premières cellules sans noyau (3,8 Ga) à l'apparition des premières cellules à noyau (2,5 Ga) correspondant à la fin de l'activité interne de la croûte terrestre présentant désormais de nombreux plutons granitiques recoupant les boucliers archéens. L'Archéen qui suit l'Hadéen et précède le Protérozoïque, tous trois regroupés sous le vocable de Précambrien (les 86 premiers pourcents de l'existence de la Terre), est un éon subdivisé en quatre ères.

6 : bien que le Soleil soit de 25 à 30 % moins lumineux que de nos jours, la différence est compensée par la présence de gaz à effet de serre (concentration en CO₂ 3 fois supérieure à aujourd'hui), ou, alternativement, par l'absence de nuages réfléchissants et un albédo de surface plus bas (quasi-absence de terres émergées à l'albédo plus élevé). De plus, le flux thermique issu de la Terre elle-même est supposé avoir été, à cette époque, au moins le triple de la valeur actuelle et fut sans doute encore le double au début du Protérozoïque. La chaleur excédentaire a pu provenir du reste de la chaleur dégagée lors de l'accrétion de la Terre, et par la formation du noyau ferreux, et bien sûr, celle produite par la désintégration radioactive des différents isotopes radioactifs, comme l'uranium 238, l'uranium 235, le thorium 232, le potassium 40 alors présents en plus grandes quantités qu'actuellement (voire plusieurs fois plus abondants pour les isotopes uranium 235 et potassium 40).

7 : Il n'existe pas encore de grands continents. Bien que quelques fragments de roche plus anciens datent de l'Hadéen, les premières formations rocheuses datent de cette époque (correspondant au Groenland, au Bouclier Canadien, à l'Amazonie, au nord-ouest de l'Australie, au sud de l'Afrique, en Inde, au bouclier Sibérien, à l'Antarctique, au bouclier Nord Coréen). Les plaques qui sont plus petites et plus nombreuses que de nos jours appartiennent à une croûte océanique qui s'enfonce verticalement dans l'asthénosphère du fait qu'elle est plus dense que le manteau qui la supporte, ce qui entraîne le recyclage rapide des roches conséquemment relativement pauvres en magnésium). Trois types de roches dominent: 1) des orthogneiss gris, souvent très déformés (70-80%); 2) des roches volcano-sédimentaires (ceintures de roches vertes, Greenstone Belt en anglais) (10-20%); 3) des granites potassiques tardifs, recoupant les éléments précédents (10-20%). Ces 3 types de roches peuvent aussi être nommés métamorphique, magmatique et sédimentaire. Les roches magmatiques ou roches vertes (greenstones) forment une suite de laves différenciées (du basalte aux andésites). Les roches sédimentaires, les moins nombreuses, sont le produit de l'altération ou de l'érosion par l'eau ou le vent d'anciens massifs rocheux. Les roches métamorphiques ont pour origine la transformation à l'état solide des roches sédimentaires, magmatiques ou métamorphiques en raison des modifications des paramètres physico-chimiques du milieu dans lequel elles évoluent (notamment la pression et la température). Ce sont des roches granito-gneissiques formées de gneiss (transformation de roches ignées felsiques ou de schistes argileux) contenant de grands intrusifs granitiques. Les grands groupes de roches métamorphiques se répartissent entre les schistes, les gneiss, les marbres et les metabasites. Le granite est une roche plutonique magmatique à texture grenue. Il résulte du refroidissement lent, en profondeur, de grandes masses de magma intrusif qui formeront le plus souvent des plutons, ces derniers affleurant actuellement en surface grâce au jeu de l'érosion

qui a décapé les roches sus-jacentes. Ces magmas acides (c'est-à-dire relativement riches en silice) sont essentiellement le résultat de la fusion partielle de la croûte terrestre continentale. Les roches felsiques sont des roches magmatiques silicatées (riches en silicium, oxygène, aluminium, sodium, potassium). Elles contiennent du quartz, de la muscovite, de l'orthose et du feldspath. Leur appellation est issue de la combinaison entre « feldspath » et « silice ». A l'opposé des roches felsiques issues d'éruptions violemment explosives, les roches mafiques (basaltes et gabbro essentiellement) sont issues d'éruptions moins explosives (volcans d'origine océanique surtout comme Hawaï) du fait que l'eau et les autres composés volatils s'échappent plus facilement et graduellement de la lave mafique qui est de forte densité et de faible viscosité avant de refroidir). Ce sont des roches de couleur sombre, pauvres en silice mais riches en magnésium et en fer (avec en plus souvent du calcium). Les roches felsiques entrent en fusion par le magma mafique qui provoque la granitisation de roches intermédiaires, par fonte partielle de roche mafique, métamorphique et de sédiments felsique rocheux. Ces roches sont plutoniques (strates de masses volumineuses de granites, de diorites, d'intrusions de roches ultra-mafique c'est-à-dire mantelliques, altérées et métamorphisées, dans des riches mafiques, des anorthosites et des monzonites prédominant dans les cratons cristallins).

8 : déshydrogénases, hydrogénases, catalases, peroxydases ... associées à des transporteurs d'électrons : cytochromes, vitamine K, flavines-nucléotides ...)

9 : les Bactéries Sporulées sont très résistantes à la dessiccation, à la chaleur –ou thermorésistance-, aux radiations, mais aussi aux antibiotiques, aux antiseptiques ... et atteignant parfois une longévité très importante de l'ordre de plusieurs milliers d'années chez le *Bacillus*,

10 : Les Microorganismes anaérobies vivant près des sources hydrothermales par exemple puisent leur énergie dans les molécules du milieu qui les entoure par des réactions de fermentations notamment. De ces ancêtres dérivent les Archaeobactéries qui se cantonnent dans ce type de milieu et les Eubactéries qui s'adaptent à des milieux moins hostiles¹⁰.

11 : Certaines Bactéries comme les Cyanobactéries développent la photosynthèse et récupèrent l'énergie solaire (cf. note 1bis) : devenues indépendantes d'une source d'énergie dans le milieu (ce sont des autotrophes), elles colonisent l'ensemble des océans (les premiers fossiles, des stromatolithes formés par l'activité des Cyanobactéries et quelques Archées, ont été trouvés dans des roches de 3.5 milliards d'années et témoignent de l'enrichissement de l'atmosphère en oxygène et à son appauvrissement en CO₂ que fixent les stromatolithes sous forme de calcaire.

Les stromatolithes sont des structures construites par les cyanobactéries (structures organo-sédimentaires) à l'intérieur desquelles on trouve des fossiles de cyanobactéries. Ces structures forment des monticules coniques constitués de tapis bactériens et d'empilements de « feuillets » de carbonates. La fine lamination interne des stromatolithes est due à l'activité intermittente des Cyanobactéries, la photosynthèse ne se faisant que la journée durant laquelle se réalise l'accrétion. Les tapis bactériens sont eux aussi laminaires mais de consistance gélatineuse, la « gélatine » secrétée la nuit se composant d'un treillis de filaments bactériens. Les tapis bactériens agissent de deux manières : 1 : ils piègent les particules sédimentaires entre leurs filaments ; 2 : ils induisent la cimentation de ces particules emprisonnées, grâce à une activité photosynthétique (la gelée précipite les bicarbonates (CO₂) solubles en carbonate de calcium (CaCO₃)). Les particules de sédiments piégées se soudent entre elles pour former une succession de croûtes solides, les stromatolithes.

12 : vitamine C et vitamine E que l'on utilise, pour cette propriété, dans les additifs alimentaires ou des enzymes comme la superoxyde dismutase et la catalase.

13 : mêmes structures que les Bactéries et les Eucaryotes, mais agencées autrement ou faites à partir de composants chimiques différents : les différences chimiques les plus frappantes entre les Archées et les autres êtres vivants se trouvent dans la paroi extra-membranaire constituée de pseudopeptidoglycane ou pseudomuréine et non pas de peptidoglycane comme chez les Bactéries ...) et surtout dans leur membrane qui présente quatre différences fondamentales¹⁴

14 : Membrane spécifique des Archées : (1) chiralité du glycérol : L-glycérol à la place du D-glycérol des Bactéries et des Eucaryotes ; (2) liaison éther à la place de liaison ester donnant aux phospholipides différentes propriétés chimiques ; (3) chaînes latérales d'isoprène des phospholipides à la place des acides gras des Bactéries et des Eucaryotes, isoprène qui possède de multiples possibilités de liaisons formant des terpènes (à l'origine par exemple du cholestérol, du bêta-carotène -une vitamine-, du caoutchouc naturel et synthétique, des huiles essentielles de plantes et des hormones stéroïdes comme l'oestrogène et la testostérone) ; (4) ramification de chaînes latérales à des chaînes latérales de phospholipides de l'autre côté de la membrane (phospholipides transmembranaires), les branches latérales pouvant par ailleurs former des anneaux de carbone pour assurer la stabilité structurelle de la membrane (chez les espèces qui vivent à des températures élevées par exemple), remplaçant le cholestérol ayant le même rôle dans les membranes des Eucaryotes.

15 : Les Archées seraient en réalité constituées de trois fractions distinctes de microorganismes : certains dits locaux, actifs et probablement nécessaires au fonctionnement de l'écosystème ; les seconds, locaux mais inactifs, en état de « dormance », attendant des conditions optimales (température, oxygène...) pour se développer ; les troisièmes inactifs et étrangers à l'écosystème et probablement issus d'un milieu profond ou sédimentaire et devenant actifs en retrouvant des paramètres environnementaux proches de ceux retrouvés dans son milieu d'origine.

16 : la « grande oxydation » : l'oxygène apparu à l'Archéen (-3800-2500 millions d'années) par photosynthèse des cyanobactéries unicellulaires qui atteignent leur développement maximal au Protérozoïque il y a 1,2 milliard d'années, sature d'abord les « puits chimiques » (lieux de capture de l'oxygène : océans, soufre, fer en solution qui donne le fer rubané archéen qui se dépose en milieu aquatique jusqu'à vers -2300 Ma^{16bis}) avant d'augmenter dans l'atmosphère (ce dont témoignent les « couches rouges » nées de l'oxydation du fer dans les sols des continents) tandis que l'oxygène atmosphérique en surplus se change en ozone qui protège la surface terrestre des rayons ultraviolets nocifs et permet à la vie de s'installer sur les continents. S'ajoute à cela une augmentation de l'emprisonnement des dépôts carbonés qui séquestrent les composés organiques qui ne peuvent plus être oxydés par l'oxygène contenu dans l'atmosphère.

En piégeant le gaz carbonique les Cyanophycées sont en effet à l'origine de la formation de grandes quantités de roches carbonatées ou stromatolithes (cf. 11. Les Cyanophycées constituent donc tout à la fois le premier grand puits de carbone, l'oxygénateur de l'atmosphère primitive et le réducteur de l'effet de serre par absorption du CO₂ atmosphérique, contribuant ainsi à la formation de la couche d'ozone protectrice et à la désacidification des océans.

16bis : immenses dépôts de fer à l'époque où les plateformes continentales sont suffisamment importantes pour que s'y installent des mers peu profondes. L'oxygène produit par photosynthèse, dissous dans l'eau, oxyde le fer en solution qui précipite (transformation du Fe²⁺ soluble en Fe³⁺ insoluble) sous forme d'hydroxyde de fer, de carbonate de fer, de silicates ou de sulfures, suivant les variations de l'acidité et du degré d'oxydoréduction de l'eau de mer. Cette période correspond à la Grande oxydation ou Catastrophe de l'oxygène (cf.16). Vers - 2 milliards d'années la totalité du fer précipitée se retrouve sous forme de gisements de minerai. La production d'oxygène par les Cyanophycées absorbée jusque-là et ralentie par l'oxydation du Fer, n'en continue pas moins et passe alors dans l'atmosphère pour atteindre rapidement 15% de la valeur actuelle.

17 : ce volume de la croûte continentale dont les embryons ou « boucliers continentaux » datent de l'Archéen précédent, est celui que nous connaissons aujourd'hui.

18 : Supercontinent Columbia suivant l'orogénèse hudsonnienne - 2 milliards d'années ; Rodinia -1000 -900 Ma suivant l'orogénèse Grenvillienne, situé sous l'équateur, il se disloque (-750 Ma) à cause de l'accumulation de chaleur sous la croûte continentale isolante et donne naissance à l'Océan Panthalassa, ancêtre de l'océan Pacifique; et enfin Pannotia ou Gondwana (-600 -550 Ma) suivant les orogénèses cadomienne et pan-africaine (assemblage des puzzles de l'Afrique et de l'Amérique du Sud)

19 : glaciation huronienne du Paléoprotérozoïque (de -2 400 Ma à -2 100 Ma), et deux glaciations du Néoprotérozoïque (glaciation du Cryogénien ou de Varanger dite de la " Terre boule de neige " située entre -750 et -590 millions d'années, le premier épisode entre -750 et -700 Mo, et le second entre 620 et 590 Mo) avec températures inférieures à - 50°C, sols et océans gelés sur des centaines de mètres, glaciers étendus au niveau de la mer

jusqu'aux abords de l'équateur ... avec évidemment diminution de la productivité organique océanique et coupure de la photosynthèse durant des millions d'années, plusieurs facteurs étant en cause parmi lesquels la diminution de l'effet de serre (précipitation du CO₂ en carbonate de calcium dans les océans par érosion des silicates terrestres) entraînant la chute de température de la planète remontant ensuite par production de CO₂ par le volcanisme

20 : Cénobe : Colonie de cellules issues les unes des autres par divisions et maintenues ensemble par un mucilage. C'est le niveau le plus élémentaire d'organisation multicellulaire. Un cénobe est une colonie cellulaire comprenant un nombre déterminé de cellules. Toutes les cellules sont orientées dans le même sens et leurs flagelles battent de façon synchrone. Toutes les cellules peuvent se reproduire; ces organismes sont donc potentiellement immortels, comme des unicellulaires. L'état cénobial existe chez des groupes d'algues très divers, flagellées ou non, notamment les algues dorées. La notion de colonie ou de cénobe est claire quand toutes les cellules sont identiques et participent toutes à la propagation de l'espèce par bipartition ou sporulation. Il existe d'autres cas plus complexes comme l'algue verte Volvox. Le thalle de Volvox a la forme d'une sphère creuse (jusqu'à un millimètre de diamètre) constituée d'une seule couche de cellules biflagellées unies par un gel polysaccharidique. C'est un état cénobial très élaboré, puisque les cellules sont reliées entre elles par des ponts cytoplasmiques, qui permettent l'échange de signaux chimiques assurant une certaine coordination des activités. De plus, il existe une différenciation cellulaire, qui procède d'une division du travail. En effet, seules quelques cellules particulières, située dans une région bien délimitée du cénobe, assurent la reproduction sexuée, en fabriquant des gamètes. Il existe donc, chez Volvox, une différenciation entre des cellules somatiques, c'est-à-dire purement végétatives, et des cellules germinales, appelées à jouer un rôle dans la reproduction, ce qui annonce les Organismes.

Certains Procaryotes constituent des formations syncytiales ou des coacervats qui aboutissent par endosymbiose à la formation d'une cellule plus grosse possédant un noyau qui isole le matériel héréditaire lui procurant ainsi toutes les propriétés nécessaires à son indépendance, à sa vie.

Un coacervat (du latin *coacervare*, rassembler, mettre en groupe) est une petite gouttelette sphéroïdale de particules colloïdales en suspension riches en composés organiques, et entourée d'une membrane de molécules amphiphiles (il ne s'agit pas encore des lipides mais sont équivalents en propriétés physiques), dont la cohérence par rapport au liquide environnant est assurée par les forces hydrophobes du contenu. Une gouttelette contenant un colloïde forme par définition un coacervat. Les coacervats mesurent de 1 à 100 micromètres de diamètre. Ils se forment spontanément à partir de certaines solutions diluées de composés organiques, et présentent une activité osmotique.

Pendant des décennies, l'expérience d'Alexander Oparin a été le porte-drapeau des tenants de la théorie « métabolisme d'abord » sur l'origine de la vie. La question de savoir qui, du métabolisme ou de la réplication, est apparue en premier, reste une question ouverte.

Un syncytium en biologie, est une région de cytoplasme contenant plusieurs noyaux par fusion de plusieurs cellules. Un tissu syncytial est formé de cellules qui ne comportent pas de membrane définie et dont le protoplasme contient plusieurs noyaux, sans division cellulaire. Ils sont donc plurinucléés sans être multicellulaires, ce qui est commun aux plasmodes, aux coenobes, comme à certains tissus, musculaire par exemple. Les cellules des muscles striés mais aussi le syncytiotrophoblaste, les ostéoclastes, les syncytia de globules blancs (dont la formation est provoquée par le VIH permettant à celui-ci de se reproduire en plus grand nombre) sont des syncytiums. On parle aussi de *syncytium fonctionnel* dans le cas de réseau de cellule reliée par jonction communicante comme les myocytes cardiaques et les cellules engagées dans la spermatogenèse. Des eucaryotes unicellulaires syncytiaux actuels, comme certains foraminifères, atteignent des tailles macroscopiques.

21 : Margulis and Fester, 1991

22 : La vacuole est un organe uniquement présent dans la cellule végétale, les pollens, les cellules fongiques tandis que l'on parle de vésicule pour les cellules animales. Les vacuoles sont des compartiments délimités par une membrane (tonoplaste), remplis d'eau et contenant diverses molécules inorganiques et organiques telles que des enzymes. La vacuole n'a pas de forme ou de taille particulière, sa structure variant en fonction des besoins de la cellule. La fonction et l'importance des vacuoles varient selon le type de cellule dans lesquelles elles sont présentes. En général, ces fonctions sont liées à des mécanismes de défense (détoxification, protection) qui comprennent : l'isolement de composant potentiellement nocif pour la cellule ; la gestion des déchets à l'aide d'enzyme de digestion ou l'endocytose des organites vieilles ; le maintien de l'équilibre hydrique ; le stockage de l'eau et de molécules tel que certains pigments, molécules de défense, stockage transitoire des glucides, protéines et lipides ; rôle dans la pression et la turgescence cellulaire permettant la rigidité de certaines structures telles que les fleurs, les tiges ou les feuilles.

Chez les Eucaryotes unicellulaires il existe des *vacuoles contractiles* qui permettent d'évacuer l'eau en excès dans le cytoplasme mais également la locomotion par contraction antiphasique. La *vacuole de phagocytose* se rencontre chez les unicellulaires se nourrissant par invagination de la membrane plasmique autour d'une proie. Ce type de vacuole entre en coalescence avec des lysosomes et après digestion s'ouvre à l'extérieur et rejette les éléments non digérés.

23 : Les Protophytes que sont les Euglénophytes par exemple (Dinophycées ...), comptent des flagellés myxotrophes se situant entre les Protophytes et les Protozoaires comme il existera plus tard des formes intermédiaires entre animaux et végétaux comme le montrent les Myxomycètes qui s'apparentent tantôt à l'Amibe par leurs pseudopodes et leur mode de nutrition et tantôt au Champignon par leurs capacités à produire des spores, tandis que les Chrysophycées (Algues Brunes) pratiquent à la fois la capture de proies et le saprophytisme ... Le groupe des Chromistes (Rhizaria, Ciliophora, Pseudofungi, Héliozoa) non-photosynthétiques perdent leurs chloroplastes ...

24 : car le *germen* est le garant de la différenciation nécessaire à l'existence de l'individu: cf. le Sept du tome Archétypes et « *Le chaînon et la chaîne* » du tome Processus.

25 (voir aussi 18): l'Amérique du N (Laurasie) forme le cœur de ce continent Rodinia. Elle est attachée à l'Antarctique et à l'Australie et tous trois se trouvent dans l'hémisphère N, alors que le Groenland, l'Amazonie, la Baltique se trouvent dans l'hémisphère Sud, le pôle Sud étant occupé par le Sahara.

26 : les Infusoires comprennent de nombreux animalcules aquatiques comme les Paramécies, Didinium, Lacrymaria, Colpode, Vorticelle, Frontonia, Stentor ... qui vivent en suspension en eau douce ou saumâtre tandis que l'on parle de Plancton en eau de mer.

27 : dont l'intérêt est plus porté à la différenciation par intégration qu'à l'association coloniale peu profitable à leur destin de Cellules ayant à conquérir leur individualité pour se constituer un milieu intérieur autonome.

28 : dont les ancêtres sont sans doute les Parazoaires et les Placozoaires, animaux les plus simples ressemblant à une grande Amibe. Parazoa par exemple, à peine visible à l'œil nu (1–3 mm), aplati, transparent, est constitué de quelques milliers de Cellules (de quatre types différents seulement contre au moins douze pour les Eponges) organisées suivant deux couches, dorsale pour l'une (faite de cellules monociliées aplaties à la façon d'un épithélium pavimenteux) et ventrale pour l'autre (constituée de cellules plus hautes de deux types principaux : des cellules monociliées comme sur la face dorsale, mais présentant en plus des microvillosités, et des cellules glandulaires phagocytaires sécrétant des enzymes prédigérant les aliments en externe), ces cellules périphériques délimitant un espace contenant des cellules syncytiales mésenchymateuses formant un réseau fibreux. Il n'existe donc ni cellule musculaire, ni cellule nerveuse, ni cellule sensorielle, ni matrice extracellulaire, ni tissu, ni organes, ni tête ni queue ...

29 : les Algues sont les pionnières en ce domaine et font que les Métaphytes ou Végétaux sont sans doute plus précoces que les Métazoaires ou Animaux. La présence des Algues Rouges *Bangiomorpha pubescens* par exemple, est attestée vers -1200 millions d'années par les micro-fossiles de la formation de Hunting, dans l'île de Somerset, au Canada. C'est le plus ancien Organisme Végétal Multicellulaire complexe connu, capable de reproduction sexuée et témoignant de l'accroissement de l'oxygène dans l'atmosphère du Protérozoïque Moyen scellant le destin de beaucoup de bactéries anaérobies mais rendant possible l'explosion à venir des Métazoaires –Animaux.

Par contre des fossiles tubulaires de plusieurs centimètres comme *Grypania spiralis* remontant à 2200 millions d'années (décrits dans le Michigan et le Montana, aux Etats-Unis, en Chine et en Inde) pourraient être attribués à une Algue Eucaryote Unicellulaire géante comme les Acétabulaires actuels plutôt qu'à une Algue Pluricellulaire.

Quant aux fossiles du Gabon datant de 2100 millions d'années, ces sortes de dinosaures cellulaires découverts par El Albani et coll., ils seraient eux des Organismes coloniaux de Cellules Eucaryotes (et non pas Bactériennes : présence de stéranes issus de la diagenèse des stérols, propres aux

Eucaryotes). Ces fossiles en forme de feuille aux bords ondulés (présence de sillons radiaux qui paraissent « froncer » les bords), longs de 1 cm, larges de 6 mm, épais de 1 à 10 mm, pyritisés et parfois recouverts d'oxydes de fer issus de l'oxydation de la pyrite, suggèrent une structure pluricellulaire dotée d'un degré d'organisation et de communication intercellulaire suffisant pour produire des déformations ou des mouvements coordonnés. Il s'agirait donc d'Organismes coloniaux capables de déplacements coordonnés, contemporains de l'augmentation des teneurs en dioxygène des océans et de l'atmosphère, ce qui repousserait l'émergence de ces formes de vie au Paléoprotérozoïque. Mais ces fossiles qui ressemblent aux figures d'échappement des grès d'Ediacara de la fin du Protérozoïque (cf. plus loin) peuvent aussi être comparés aux tapis bactériens qui se développent dans les sources hydrothermales de Yellowstone par exemple et possèdent une certaine flexibilité, tapis qui une fois pyritisés puis déformés par des bulles de gaz (fermentation bactérienne ou activité hydrothermale) et compactés par la diagenèse, pourraient produire le genre de fossiles retrouvés au Gabon (Chris Nedin, cf. son blog Ediacarian).

30 : certains chercheurs constateraient les traces de Vers dans des roches gréseuses datant de -1200 millions d'années (fin du Mésoprotérozoïque : Faune de Stirling à la pointe Sud-Ouest de l'Australie, ou en Inde à la même époque, dans la formation Vindhyan). Or l'existence dès cette époque de Vers, c'est-à-dire de véritables Organismes Animaux triploblastiques (et bilatériens comme les Vers) n'est pas totalement confirmée et même aujourd'hui mise en doute, les datations phylogénétiques obtenues par les biologistes au moyen de l'horloge moléculaire par exemple ne tenant pas compte de la diversité de rythme des horloges biologiques. Ces traces qui semblent trop grandes pour être celles d'Unicellulaires Eucaryotes pourraient être celles de formes syncytiales d'Unicellulaires comme chez certains Foraminifères par exemple qui peuvent atteindre des tailles macroscopiques, ou pourraient même être celles de Procaryotes (Bactéries) coloniaux pouvant atteindre de grandes tailles, et effectuer des mouvements chimiotactiques coordonnés comme ceux des tapis bactériens existant depuis l'Archéen.

Des doutes existent encore au sujet de Vers ressemblant à des Annélides et à des Priapulien retrouvés en Chine (Liulaobei et Jiuliqiao) sur des sites d'abord datés de 840 et 740 Ma mais qui seraient en fait plus tardifs, entre - 660 et - 630 Ma, correspondant au début de l'Ediacarien faisant suite à la glaciation.

En résumé les Vers seraient apparus après les phases glaciaires qui vont suivre. Par contre il est plus que probable qu'Eponges, Méduses et Polypes (matrices Animales) se joignant aux Algues Pluricellulaires déjà présentes (matrices Végétales), soient apparues plus précocement dès la fin du Mésoprotérozoïque (- 1200 Ma, début de constitution du Rodina).

31 : la majorité des continents se déplacent jusqu'aux pôles : un morceau de Rodinia se dirige vers le pôle Sud couvert de glace (Amérique du Nord) et l'autre vers le Nord (Australie, Antarctique, Inde, Arabie et fragments continentaux qui deviendront la Chine, pivotent dans le sens des aiguilles d'une montre en direction du Pôle Nord frigorigé, et entre les deux se situe le craton du Congo. On voit qu'il y a retournement par rapport à la disposition initiale de Rodinia (cf. 25)

32 : mésoblaste qui chez les animaux va prendre une extrême importance au cours du développement embryonnaire et s'organisera ensuite pour donner le tissu conjonctif et se creusera d'une cavité, le coelome, contenant les organes, l'appareil circulatoire et la colonne vertébrale des vertébrés.

33 : totalement disparus, ils sont de formes bizarres : goutte, disque, domino, fronde (tubes alternant de part et d'autre d'une tige centrale, frondes finement découpées selon une structure fractale en barbes et barbules comme des fougères ou des plumes suggérant aussi les tubes branchus des Coraux), tous spécimens ne possédant ni tête, ni queue, ni membres, ni bouche, ni organe digestif ... mais ébauchant pour certains de nouvelles structures comme des pseudopodes, sortes de petits bras pouvant aider à la flottaison. Les Acritarches qui sont mal caractérisés demeurent malgré tout difficiles à différencier dans leurs étapes évolutives, certaines espèces décrites pouvant être de simples fragments d'une autre, ou des écophénotypes d'une même espèce, voire différents stades ontogénétiques d'un seul et même organisme, les bouleversements et la complexité des conditions environnementales, et notamment les brusques essors suivis d'aussi brusques arrêts, ajoutant autant de difficultés à leur identification,

34 : fossiles de tissus mous évoquant des embryons d'Anthozoa, d'Hydrozoaire, de Protostome spiralé, d'Echinoderme en cours de division, impeccablement préservés en trois dimensions par la phosphatisation : sphères creuses ou pleines mais divisées en 2, 4, 8 ou 16 correspondant à divers stades de développement, et éventuellement encore recouvertes par leur membrane pellucide, embryons montrant une division spirale caractéristique des protostomiens (Arthropodes, Annélides, Mollusques, Brachiopodes, etc.)

35 : La parthénogenèse (du grec *parthenos*, vierge et *genesis*, genèse) est théoriquement un mode de reproduction monoparental où le sexe femelle est toujours dominant (reproduction à partir d'un ovule non fécondé donnant des individus femelles). J'inclus ici à la parthénogenèse les modes approchant où la femelle dominante procède à la fécondation de l'ovule par activation du gamète mâle qu'elle possède à l'état vestigial ou de « dormance », ou par conjugaison et non par fusion des gamètes ...

36 : Entre les deux moitiés N et S de Rodinia qui ont rejoint les pôles, un troisième morceau resté sur place, le craton du Congo (partie continentale dure et stable composé en grande partie du N de l'Afrique Centrale ; cf. 31) est rattrapé par les deux moitiés N et S qui reviennent des pôles et vont se briser sur lui.

37 : ou dans les capacités somatiques latentes du noyau germinal du Ver prenant l'ascendant sur les capacités germinales, processus prolongeant celui des Infusoires chez qui chaque génération sexuelle produit un nouveau noyau somatique par réarrangements programmés de tout le génome contenu dans le noyau germinal.

38 : issus de Vers ou apparus selon un mode asexué, les cellules germinales pouvant être déterminées ou modifiées par le *soma* inactivant ou activant par ses ARN certains gènes du *germen*.

39 : trois feuillets ; cf. note 30 et Acte IV.

40 : Gastérotiches, Echinodères et Rotifères ou Embranchement des Nématorhynques sans les Rotifères
