

Le Corps, l'âme et l'esprit de la terre

J. Duncan Keppie

2367 Ridge Road, Hortonville, Nova Scotia, B4P 2R3, Canada

johnduncankeppie@gmail.ca

«Les découvertes de la science naturelle concordent avec les résultats de la recherche de la science de l'esprit» ... «Il n'y a aucune raison de prétendre qu'il y a des contradictions entre la science de l'esprit et la véritable science de la nature» (R. Steiner, 1911, Berlin. GA 60).

«Je suis l'être humain; je suis le passé, le présent et l'avenir. Tout mortel doit soulever mon voile» (R. Steiner, 1918. S-3463)

RÉSUMÉ: La méthode goethéenne comprend la découverte des processus dynamiques (métamorphose, transformation) impliqués dans les différents cycles (plantes, animaux, pierres) qui se cachent sous des couches successives («voiles») dont seul le cycle extérieur est accessible aux sens physiques. Dans ce contexte, nous offrons ici une comparaison de la division tripartite des couches de la terre dont parle Rudolf Steiner et la terminologie actuelle utilisée par les sciences de la nature. (Les termes utilisés par Rudolf Steiner sont soulignés, ceux de la science naturelle officielle sont imprimés en **caractères gras**, et les nôtres en *italiques*):

- (1) PREMIER VOILE : LE MINÉRAL = **les pierres, le sol, l'eau** = *beauté*;
- (2) DEUXIÈME VOILE : LE CORPS : Le monde des esprits de la nature produisant les Forces de la Nature = **la lithosphère solide + l'asthénosphère plastique** = *émerveillement* : ici on trouve les forces de vie éthériques, naturelles, qui activent les processus archétypaux tels que les phénomènes météorologiques, la cristallisation, la tectonique des plaques, le métamorphisme et la fonte, qui, eux, produisent les étapes successives dans le cycle des pierres : magma, ignée, sédimentaire et métamorphique;
- (3) TROISIÈME VOILE : L'ÂME : Les Esprits des Périodes (de la rotation du temps), qui organisent les Lois de la Nature émanant des forces astrales (les forces de l'âme) = **mésosphère viscoélastique** = renouvellement : créé par des processus archétypaux supplémentaires (convection rythmique du manteau et panaches hydrothermiques, anneaux tourbillonnaires qui impliquent la chaleur, la radioactivité et la transmission boson);
- (4) ESPRIT : Esprit de la Planète (Moi) d'où provient la Signification de la Nature = **noyau liquide et solide** = *amour* : où se trouvent les processus archétypaux tels que la pesanteur et les champs énergétiques magnétiques impliquant l'échange de particules élémentaires – gravitons et photons; la pesanteur active la convection et la tectonique des plaques et conserve la planète et son atmosphère, alors que le magnétisme fournit l'équilibre entre la terre et l'énergie/radiation solaire.

L'hypothèse «Gaïa» de Lovelock pose comme postulat que la biosphère règle l'atmosphère de la terre; pourtant, avec l'avènement de l'ère anthropocène, l'équilibre se fait troubler par les êtres humains, qui sont en train de modifier rapidement l'atmosphère, l'hydrosphère, la biosphère et la lithosphère, provoquant des extinctions à grande échelle – les humains pourront-ils refréner cette tendance? Cela demandera un nouvel éveil et un sentiment d'amour pour la terre, la seule planète de notre galaxie où il y a de la vie. Des solutions écologiques possibles : exploiter des sources d'énergie primaire – l'énergie géothermale profonde et la photosynthèse artificielle en utilisant des cyanobactéries comme engrais naturel et supplément alimentaire.

OBJECTIF

Le but de cet article est d'amener dans le domaine de la recherche de la science de l'esprit les découvertes sur la nature de la terre acquises par les sciences de la nature officielles depuis un siècle.

INTRODUCTION

Cet article commencera par revoir la connaissance de la terre acquise au cours du siècle dernier en faisant concorder l'approche spirituelle-scientifique de Rudolf Steiner et les sciences de la nature qui ont établi les fondements d'une nouvelle conception de Gaïa, la terre vivante. Au début du 20^e siècle, le forage et l'excavation minière n'avaient pu pénétrer la terre qu'à une profondeur de quelques milliers de mètres, ce qui voulait dire que les conceptions de ce que pouvait contenir l'intérieur de la terre étaient pour la plupart de simples conjectures. Devant le manque de données scientifiques officielles, Rudolf Steiner (1905; 16 avril 1906; 12 juin 1906; 1907; 1012) a énoncé les résultats de la recherche de la science spirituelle, en s'appuyant sur la notion que la terre est « une entité vivante ». À l'instar de l'être humain, la terre aussi est composée de 3 couches (corps, âme, esprit) divisibles à leur tour en 3 couches supplémentaires (voir Fig. 1, Table 1 et l'appendice #1 pour voir les détails).

FIGURE 1. La concep

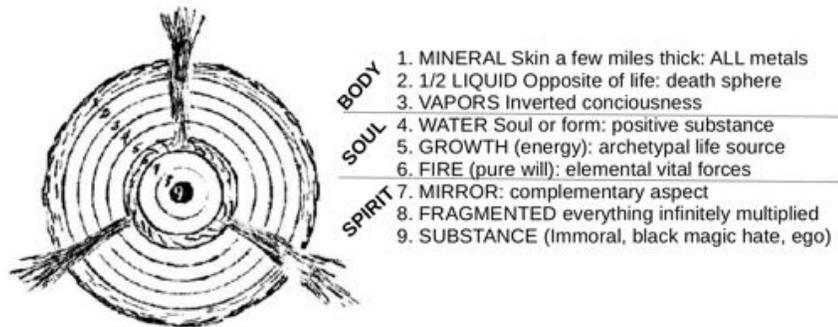


TABLE 1. Résumé des attributs de la terre et de l'être humain selon Steiner. Les années indiquent les dates de publication.

EARTH Layers 1906	Composition 1906	Spiritual 1906	#Spiritual beings 1912	HUMAN being 1907		Human energy bodies 1905				
						Plane	Chakras	Auras		
Mineral crust	Mineral skin	Physical	Skin	PHYSICAL	Material	PHYSICAL	Root	Etheric		
Negative life	1/2 liquid	Etheric	NATURE SPIRITS	LIFE	Life		Spleen	Emotional		
Inverted consciousness	Vapour	BODY	Astral	ASTRAL	Soul	Solar plexus	Mental			
Circle of forms	Water	SOUL	Sentient		SPIRITS OF ROTATION OF TIME	Sentient	ASTRAL	Heart	Astral	
Circle of growth	Energy		Mind		Rhythmic alternation	Mind				
Circle of fire	Warmth, heat		Conscious		Conscious					
Circle of decomposition	Mirror	SPIRIT	Self	PLANETARY SPIRIT	Human	SPIRITUAL	Throat	Etheric template		
Circle of fragmentation	Fragments		Life		Planetary and Cosmic environment		EGO	Life	3 rd Eye	Celestial
Egocentric	Moral Substance		Man				Divine	*	Crown	Ketheric

Grey backgrounds represent the three veils of Steiner (1912)

*A common addition

Arrow points upwards

#In the absence of specific words in the language, Steiner (1912) used the word "spirit" for forces and/or energies.

C'est au cours du premier quart du 20^e siècle qu'on a vu l'avènement du sismographe pour mesurer les tremblements de terre en ondes P (primaires) et S (secondaires), qui sont respectivement des ondes de compression et des ondes de cisaillement. (*Oldham*, 1906; *Weichert et Geiger*, 1910; *Gutenberg*, 1913; et *Jeffries*, 1924). Bien que les ondes P et les ondes S traversent toutes les deux les substances solides, seules les ondes P traversent les liquides, ce qui a permis d'identifier le noyau extérieur (Fig. 2). Des recherches sismologiques poursuivies au cours du siècle dernier ont pu identifier d'autres couches de la terre : lithosphère + asthénosphère (croûte et manteau supérieur), mésosphère (manteau inférieur), et noyau (Fig. 2, appendice #2 pour des détails techniques). À mesure que l'on descend dans les profondeurs de la terre, la température augmente et le manteau supérieur rigide devient souple, fonde partiellement et contient d'une à trois fois plus d'eau que tous les océans de la terre (*Oskin*, 2014). Cela constitue une zone de transition sur laquelle glisse la lithosphère.

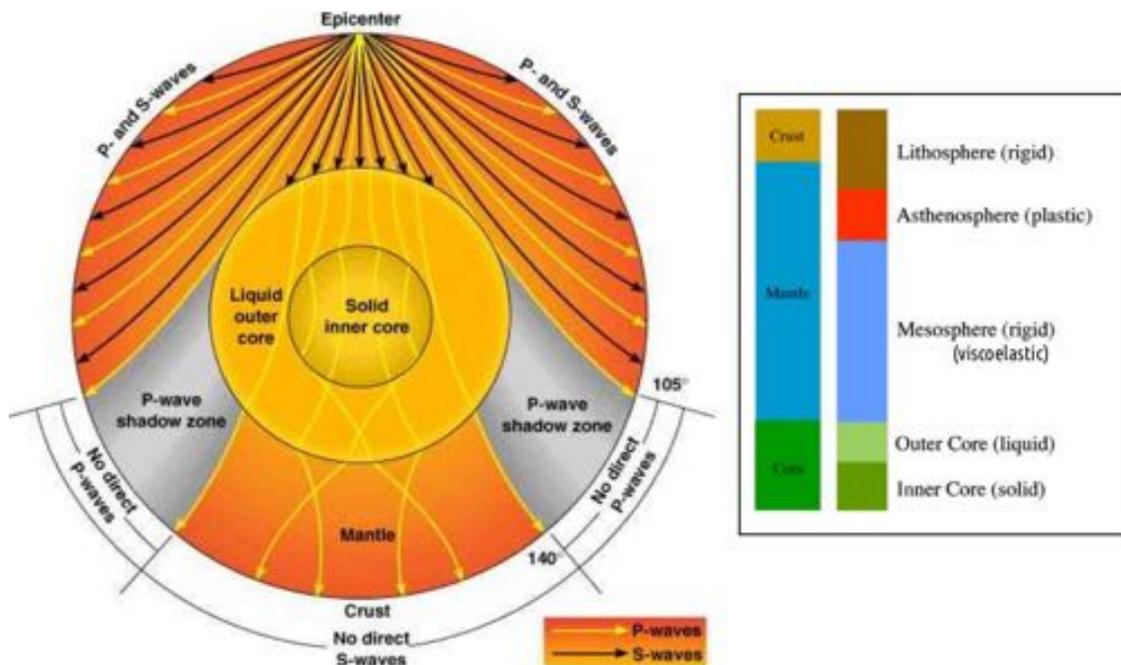


FIGURE 2. L'intérieur de la terre selon :

(a) la sismologie (<http://www.artinaid.com/2013/04/earthquakes/>)

(b) la composition et les propriétés physiques

(http://tvnight.com/geo/JohnVolos/Public/Portal/EARTH_MECHAN/structure_of_the_earth.htm)

ARCHÉTYPES

Goethe était parmi les premiers chercheurs à étudier la nature d'un point de vue scientifique; il a reconnu que l'expression extérieure de la nature n'était que la forme visible de processus archétypaux. Étant donné que les ouvrages scientifiques de *Goethe* ont été commentés en détail par *Steiner* (1988, 1992), *Ballivet* (1995) et *Ebach* (2005), nous n'en donnerons ici qu'un bref aperçu. *Goethe* a pratiqué une approche scientifique phénoménologique qui comprenait une perception intuitive – se demandant comment le

phénomène se décrirait lui-même s'il possédait la parole (*Spiegelberg, 1982*). La phénoménologie est une discipline active plutôt que passive, la nature étant évolutive plutôt que statique, et implique ce que Goethe nommait un processus de métamorphose ou de transformation. Pour la biologie évolutive du développement («évo-dévo»), on parle de nos jours de topologie dynamique, par opposition à une topologie statique (*Riegner, 2013*). Goethe préconisait l'archétype comme étant la forme essentielle ou le processus primordial de la chose (« Ur-Phänomen »), où « Ur » porte la connotation de primordial, fondamental, élémentaire, archétypal. L'Ur-phénomène représente donc « le phénomène profond », le noyau essentiel qui fait de la chose ce qu'elle est et ce qu'elle devient.

Riegner (2013) a étendu l'idée d'archétype pour inclure toute une série d'archétypes emboîtés (ou nichés). Un des exemples qu'il donne est celui de l'archétype du triangle qui fait partie de l'ordre supérieur des polygones, qui, lui, comprend les archétypes des triangles, des trapézoïdes et des hexagones. D'autre part, le triangle rectangle archétypal est d'un ordre inférieur et se situe en dessous du triangle archétypal lui-même. Il est à noter que, alors qu'un triangle individuel est statique et visible à l'œil, le triangle archétypal est une configuration essentielle qui sous-tend tous les triangles. Un autre exemple : le chat (Fig. 3) qui est emboîté à l'intérieur du carnivore, qui, à son tour, est emboîté à l'intérieur du mammifère. Encore une fois, un chat individuel est visible à l'œil, alors que le chat archétypal est la configuration essentielle qui produit le chat, qui, lui, est emboîté à l'intérieur de l'archétype carnivore.

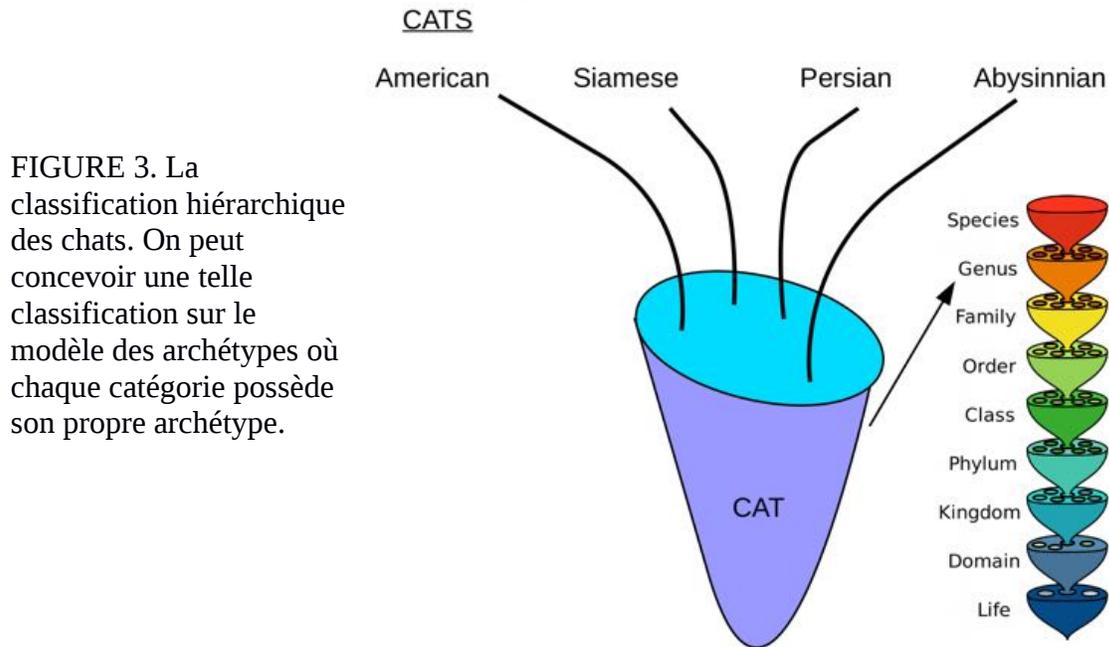


FIGURE 3. La classification hiérarchique des chats. On peut concevoir une telle classification sur le modèle des archétypes où chaque catégorie possède son propre archétype.

Et pourtant, un chat visible ne représente qu'un seul moment de tout son cycle de vie, qui est un processus dynamique. Dans le présent article, l'idée d'archétypes emboîtés (ou nichés) sera étendue pour inclure la dimension du temps qui décrit sur l'un des axes les catégories statiques telles que l'espèce, le genre, la famille, etc., et sur l'autre axe le temps, qui se divise en époques (ex : cénozoïque, mésozoïque, paléozoïque) dont on a

déterminé les dates respectives en utilisant la géochronologie (Fig. 4). Lorsqu'on introduit l'élément du temps, une question surgit : quand est apparu l'élément primordial? La première apparition d'un élément se révèle à la perception sensorielle dans les fossiles et est par le fait même un élément statique. Il est important de noter que le long de ces deux axes, les choses représentées sont déterminées par la perception sensorielle ou par l'extension de la perception sensorielle, et derrière ces choses se trouvent les archétypes goethéens. Pour pouvoir envisager ce qui se cache derrière le cycle de vie de la première plante à fleurs ou du premier chat, il faut déployer les facultés d'imagination et d'intuition. À l'époque de Goethe, la connaissance de ce que les fossiles pouvaient révéler sur la succession des époques n'en était qu'à ses débuts; il est donc pertinent d'explorer l'archétype de la plante, le domaine dans lequel Goethe a le mieux développé la notion d'archétype.

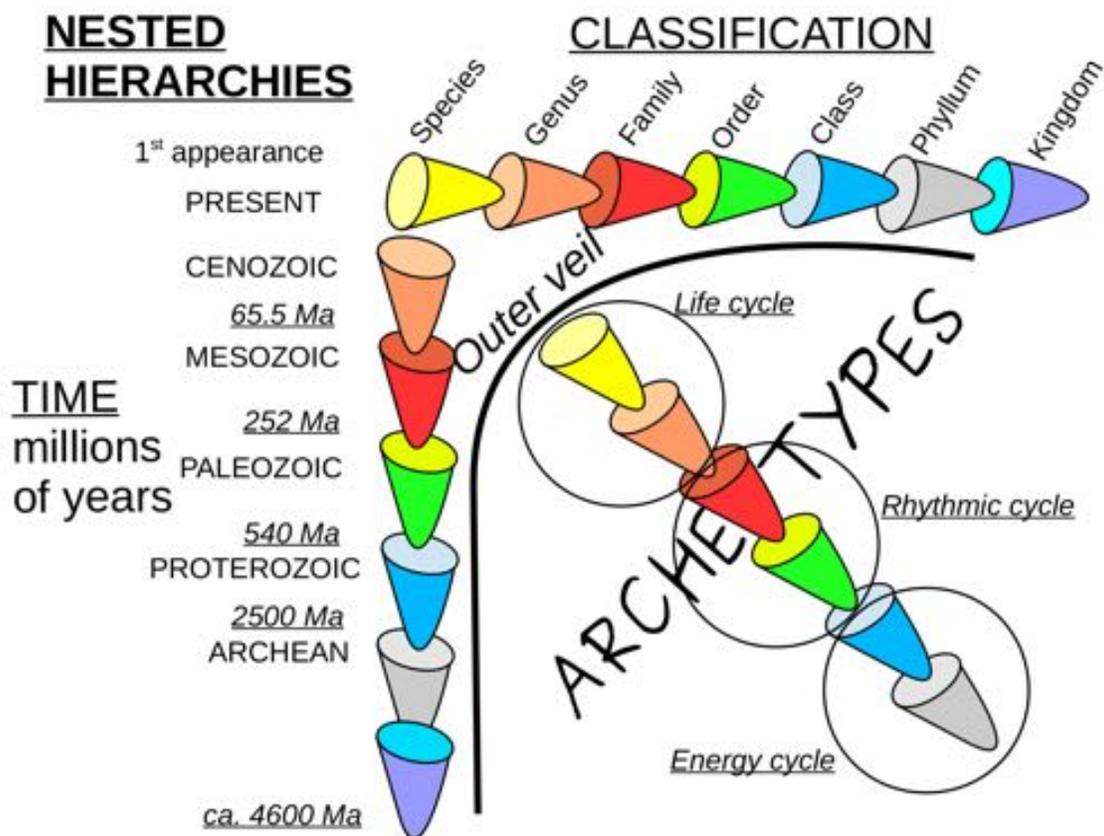


FIGURE 4. Les hiérarchies emboîtées (nichées) des plantes et des animaux : classification, chronologie, archétypes

Les archétypes des plantes

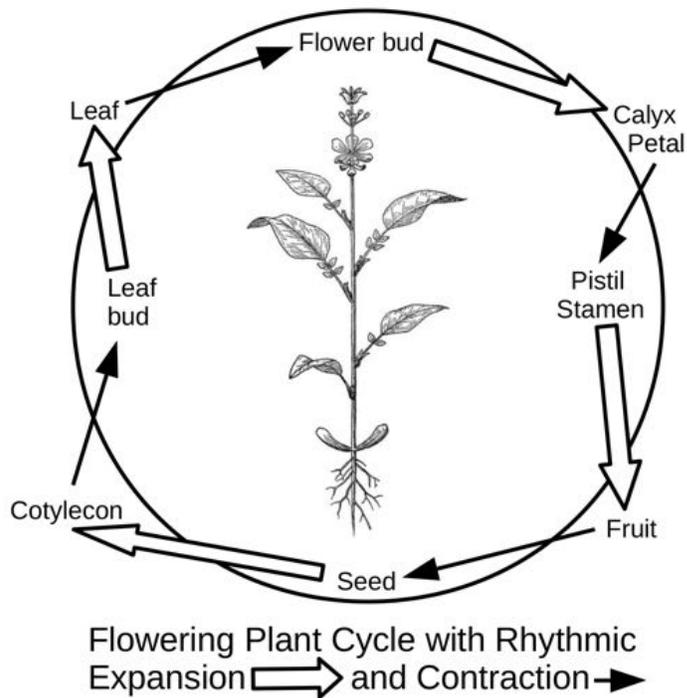
Goethe (2009) a surtout appliqué l'idée de l'archétype dans le domaine des plantes, identifiant la feuille comme étant l'archétype dynamique (Table 2, Fig. 5), qui se métamorphose à partir de la graine, à travers la tige, la feuille, la fleur, l'étamine et le pistil pour enfin arriver de nouveau à la graine (= le cycle de vie de la plante tel que décrit dans nos termes actuels). D'après Goethe, cette métamorphose implique deux forces motrices: (1) l'intensification, une condition impliquant un mouvement incessant

LEVEL	PLANTS	EARTH	TRANSFORMATIVE PROCESS: archetype	LAYER	MEANING
SURFACE <i>1ST VEIL</i> Sense-perceptible	Range of plants	Sedimentary Metamorphic Igneous	Weathering	Earth's surface	BEAUTY WONDER
OUTER <i>2ND VEIL</i>	<i>Leaf</i>	<i>Crystal</i>	Crystallization Metamorphism Solid-state diffusion Melting	LITHOSPHERE (Crust+ upper mantle) ASTHENOSPHERE (Partially melted upper mantle)	MOTION
	<i>Chloroplast</i> <i>Chlorophyll</i> Photosynthesis <i>Cyanobacteria</i>	<i>Metamorphic facies series</i> <i>Magma</i> <i>Heat</i>	Plate tectonics		
MIDDLE <i>3RD VEIL</i> Rhythms	Water Air	<i>Heat</i> <i>Radioactivity</i> <i>Boson exchange</i>	Mantle convection Mantle plumes Ring vortices	MESOSPHERE (lower mantle)	RENEWAL
INNER Energies	Solar radiation: Heat, Light: <i>Photon exchange</i>	<i>Photon exchange</i> <i>Graviton exchange</i>	Geodynamo: Electromagnetism Gravity field	CORE: OUTER INNER	LOVE

Grey backgrounds represent the three veils
 Arrows point upwards
Archetypal points in italics
Archetypal processes in bold type

TABLE 2. Comparaison des « voiles » chez les plantes et la terre.

FIGURE 5. Le cycle de vie des plantes à fleurs indiquant l'évolution directionnelle et l'expansion et contraction. La plante archétypale de Goethe se trouve au centre.



ascendant vers la perfection, vers l'expression la plus parfaite du potentiel inhérent contenu dans l'Ur-phénomène. Ce processus est le résultat du « raffinement progressif du suc », c.-à-d., dans le langage actuel de la biologie « évo-dévo », le modèle ABCDE mû par l'esprit intérieur (*Dornelus and Dornelus*, 2005); (2) la polarité, un principe directionnel qui s'exprime par des pulsations d'expansion et de contraction à mesure que la plante pousse (*Steiner*, 1992, *Dornelas et Dornelas*, 2005; *Goethe*, 2009). Goethe a reconnu qu'il aurait très bien pu choisir comme point de départ n'importe laquelle des autres étapes de la transformation : la graine, la tige, la fleur, etc., affirmant que : « nous pouvons dire aussi bien que l'étamine est un pétale contracté, que le pétale est une étamine dans un état d'expansion; que le sépale est une feuille de la tige qui atteint un certain raffinement, ou que la feuille est un sépale dans un état d'expansion dû à l'influx de sucs moins raffinés » (*Goethe*, 1790, No. 120). Néanmoins, *Goethe* (1790, No. 119) a également affirmé que : « les organes des plantes à feuilles et des plantes à fleurs, quoiqu'ils paraissent être différents, tirent tous leur origine d'un seul et unique organe, à savoir, la feuille ».

Dans ce contexte, il est essentiel de faire la distinction entre la feuille en tant qu'objet et la feuille comme faisant partie d'un processus archétypal, dans lequel la feuille n'est qu'une seule étape d'un processus de métamorphose ou d'un cycle. L'absence d'une telle distinction crée des malentendus et porte à donner un classement topologique statique au détriment d'une approche qui cherche des processus topologiques dynamiques et évolutifs. Une des manières qui peut potentiellement identifier le processus archétypal dynamique est d'ajouter le préfix « évo ». Les fluctuations de la feuille archétypale sont générées par des forces qui se trouvent à la fois à l'extérieur et à l'intérieur de la plante, et demandent une adaptation mutuelle de la part de la plante et de l'environnement. C'est ainsi que, malgré le fait que la plante archétypale (« évo-plante ») soit une idée qui ne se laisse pas figer, *Goethe* (2009), se rendant compte de combien l'image visuelle est importante pour la compréhension, a commandé une série d'aquarelles pour faire suite à son livre *La Métamorphose des Plantes*. En effet, *Goethe* aurait dit : « nous devrions parler moins et dessiner davantage » (*Gordon L. Miller* dans son livre *Introduction to Goethe*, 2009). L'avènement de la photographie « timelapse » et de l'ordinateur ont rendu possible d'enregistrer la croissance de la plante avec beaucoup plus de précision (*Li et al.*, 2013), mais encore une fois il faut comprendre qu'ainsi on n'enregistre que des moments statiques fugaces d'un seul spécimen dans l'interaction des forces internes et externes. Cette interaction est résumée succinctement par *Miller* dans son introduction à *Goethe* (2009) par les termes *Proteus in potentia* (le noyau fondamental de forces formatrices qui possède un riche potentiel créateur), *Proteus actus* (la réalisation de ce potentiel en une gamme diversifiée de formes organiques), et *Proteus actus adaptatu* (les structures et qualités réelles qui sont pourtant sujettes aux conditions externes changeantes). Pour la biologie évo-dévo contemporaine, cette interaction s'exprime dans le modèle ABCDE. L'origine de la configuration des corps des végétaux et des animaux reste généralement inconnue (*Gould*, 2002). *Goethe*, lui, attribuait cette configuration à l'esprit.

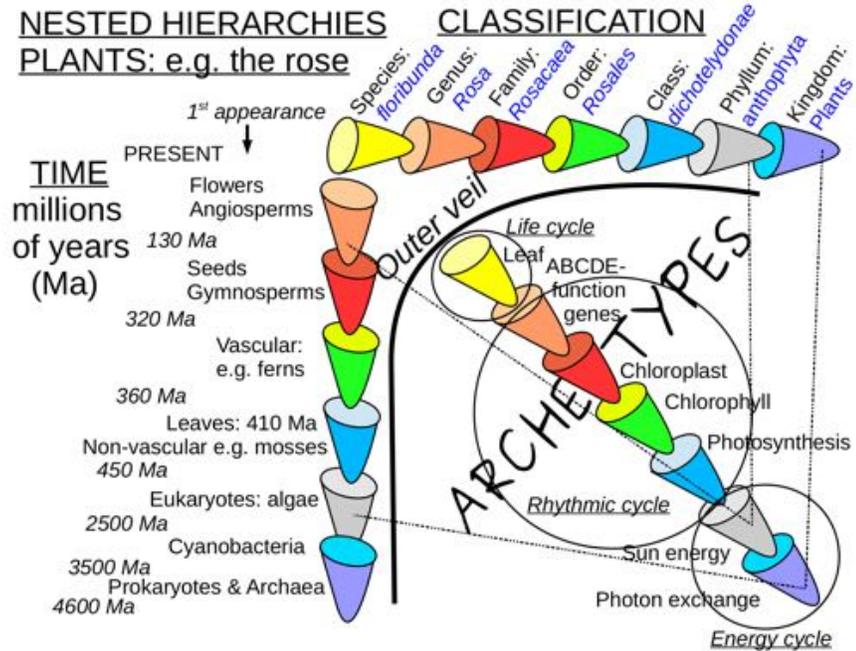


FIGURE 6. Les hiérarchies emboîtées (nichées) des plantes (ex. la rose).

Les plantes terrestres les plus anciennes datent d'il y a 450 millions d'années; les fleurs sont apparues il y a 130 millions d'années et les feuilles il y a plus ou moins 410 millions d'années, au cours de la période appelée le dévonien inférieur (Fig. 6) (Lawton-Rauh et al., 2000; Labandeira, 2007). Alors, on peut se demander quels étaient les cycles de vie, c.-à-d. les archétypes, des plantes à fleurs et les plantes à feuilles les plus anciennes. Peut-on les découvrir en étudiant les plantes à fleurs actuelles, ou s'agit-il d'organismes dont les forces internes et les conditions environnementales étaient fort différentes? Pour trouver des réponses à ces questions, nous devons faire appel à nos forces d'imagination et d'intuition. Pour Goethe, les réponses se trouvent dans l'âme et l'esprit de la plante. Alors, qu'y avait-il avant l'avènement des plantes à feuilles sur la terre? Or, il y a un billion ou deux billions d'années, on pense que des cyanobactéries photosynthétiques libres se sont introduites dans d'anciennes cellules eucaryotiques. Dans certaines de ces cellules, quelques-uns des gènes ont été transférés dans le noyau de l'hôte, résultant dans la formation de chloroplastes. C'est là où eau et dioxyde de carbone sont transformés en sucres par l'énergie solaire – photons – et libèrent par le fait même de l'oxygène; c'est la photosynthèse (Nakayama and Archibald, 2012). Les cyanobactéries auraient fait leur apparition à l'ère archéenne, il y a 3,2 ou 3,3 milliards d'années (Falcón et al., 2010), et elles existent encore aujourd'hui. Il y a une multitude de cyanobactéries vivantes (Kashtan et al., 2014), dont chacune possède son cycle de vie derrière lequel on trouve le modèle génétique ABC et l'esprit de la cyanobactérie individuelle. C'est ainsi que dans une hiérarchie emboîtée, la cyanobactérie individuelle, la chlorophylle et le chloroplaste sont tous les trois des archétypes dans ce sens qu'ils représentent des étapes du cycle de vie (Table 2). Le cycle de vie des cyanobactéries actuelles pourrait offrir une configuration qui permettrait de comprendre les cyanobactéries les plus anciennes; mais qu'est-ce qui leur a donné le moyen de découvrir la photosynthèse? L'âme et l'esprit? Les cyanobactéries ont une utilité essentielle comme engrais naturel, comme supplément

alimentaire, et promettent de jouer un rôle important comme biocarburant dans le recyclage du dioxyde de carbone.

Les archétypes des animaux

Goethe (1995), dans sa recherche pour identifier un archétype pour les animaux, a postulé que les vertébrés pouvaient en effet représenter l'archétype en question. Des recherches récentes sur les mammifères et les oiseaux dans le sens des indications de Goethe ont été publiées par *Schad* (1977, 2012) et *Riegner* (1998, 2008). Comme exemple du cycle de vie des animaux, nous montrons dans Fig. 7 le cycle de vie du papillon, et les étapes indiquées avec le préfix « évo » pourraient être vues comme des archétypes. Un exemple chronologique dans le cycle de l'animal est illustré pour les chats dans Fig. 8. Les fossiles les plus anciens de grands félins ont de 4 à 6 millions d'années (*Tseng et al.*, 2013). Alors, que pouvons-nous imaginer comme étant l'environnement d'âme et d'esprit de ces anciens félins? À un niveau encore plus élevé, on chercherait à découvrir idéalement un organisme qui soit à l'origine des plantes *et* des animaux. La bactérie paraît être un tel organisme. Nous ne savons pas avec certitude si les cyanobactéries ont eu leur origine sur la terre ou si elles ont été apportées sur des météorites rocheuses.

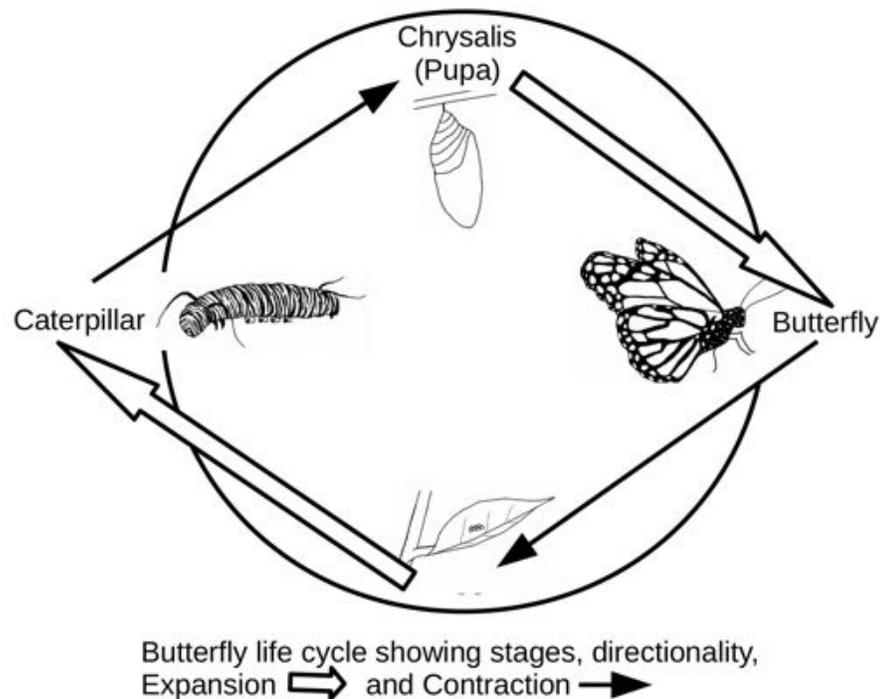


FIGURE 7. Le cycle de vie des papillons.

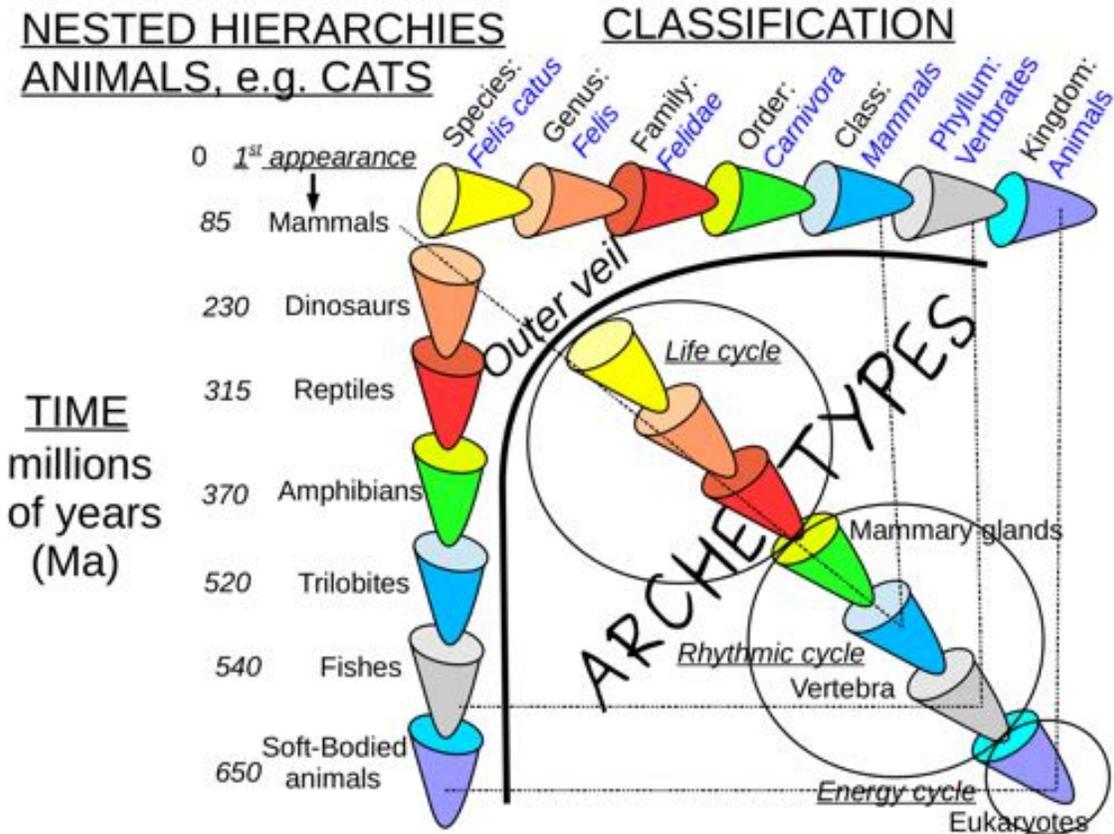


FIGURE 8. Les hiérarchies emboîtées (nichées) des animaux (ex. le chat).

LES VOILES TERRESTRES

R. Steiner (1912) s'est servi de la notion goethéenne d'archétype pour parler des couches de la terre, qui représentent des voiles (Table 1). Le voile extérieur est le monde physique accessible aux sens : la vue, l'ouïe, le toucher, etc. Derrière ce voile vivent les Esprits de la nature, identifiés par Steiner (1912) comme : terre (forme physique), liquide (métamorphose/transformation), air (lumière), et chaleur. Ces Esprits de la nature constituent le deuxième voile, derrière lequel se trouvent les Esprits des Périodes qui organisent dans le temps l'alternance rythmique et la répétition des événements. Les Esprits des Périodes forment le troisième voile, derrière lequel se trouve l'Esprit de la Planète qui place la terre dans le cosmos. On peut pressentir sur la surface terrestre ces différents voiles cachés comme étant les forces de la nature, les lois de la nature, et le sens de la nature (Steiner, 1912).

1. Sous le PREMIER voile (la surface terrestre) se trouvent la lithosphère et l'asthénosphère (voir l'appendice #2).

La surface terrestre est couverte de roches ou de sol dérivé des roches par l'intervention du climat, de la topographie, d'organismes, et aussi par le temps. Goethe a postulé que le granit pouvait représenter l'archétype de toutes les pierres, car il croyait

que le granit sous-tendait tout et était la première pierre à avoir été cristallisée à partir d'un liquide primordial. (Kuhn, 2009). Pourtant, Steiner (1988) affirme : « En réalité, Goethe n'a jamais prétendu que le granit se transforme en autre chose. Ce qui est devenu granit est accompli, fini, et n'a plus la force intérieure de se transformer en autre chose. Ce que Goethe cherchait c'était l'idée, le principe qui constitue le granit avant qu'il ne devienne granit, et cette idée est la même qui sous-tend également toutes les autres formations. Par conséquent, quand Goethe parle de la transition d'une sorte de roche en une autre, il ne veut pas dire une transformation de fait, mais plutôt le développement d'une idée objective qui se revêt de formes individuelles, se formant ici en granit, là en ardoise, etc., tout cela à partir d'elle-même ».

Examinons d'abord cet énoncé voulant que le granit soit une substance achevée, finie, n'ayant plus la force motrice intérieure nécessaire pour se transformer en quelque chose d'autre. Dans sa synthèse du travail de Goethe sur la géologie, Ballivet (1995) affirme qu'il reconnaît trois catégories de roche : le granit, la roche stratifiée, et la roche transitionnelle. De nos jours, on utilise la terminologie suivante : ignée, sédimentaire, et métamorphique (Fig. 9). Qui plus est, Goethe a identifié le granit et la roche stratifiée comme représentant des polarités, disant qu'ils n'avaient pas été formés à des époques successives (Ballivet, 1995). Lorsqu'on place ces catégories de formations rocheuses dans leur cycle moderne, qui comprend ici la roche en fusion (magma), on voit que toutes les quatre ont des polarités comprenant l'alternance, la contraction/expansion directionnelle – donc des polarités du premier ordre (Fig. 9). Le granit est donc une sorte de formation rocheuse ignée qui représente une étape du cycle de la roche (Fig. 9). Étant donnée la courte durée de vie de l'être humain (max. 120 ans) comparée aux millions d'années des processus géologiques, il est parfaitement compréhensible que Goethe ait cru que le granit était un produit final plutôt qu'une étape dans le cycle des roches. Dans le graphique montrant et l'axe classification et l'axe chronologique, le granit n'est qu'une seule parmi les roches ignées plutoniques qui remontent aux origines de la terre (Fig. 10).

Sur cette polarité de premier ordre, on surimpose un deuxième ordre – de polarité, d'expansion et de contraction (Fig. 9). À mesure que les magmas se refroidissent, les minéraux se cristallisent, ou de manière continue (la substitution graduelle des éléments) ou de manière discontinue (comme des minéraux qui se forment dans une variation de température limitée (Bowen, 1956). La série discontinue donne naissance à une diminution de volume par pulsations à mesure que chaque minéral se cristallise (Fig. 9). Les roches sédimentaires sont pour la plupart dérivées de roches ignées, de roches métamorphiques et d'autres roches sédimentaires, par des processus d'usure météorologique et chimique et par l'érosion causée par l'eau, la mer, la glace et le vent; tous ces processus éveillent le potentiel interne des minéraux à se transformer en d'autres minéraux. L'usure météorologique produit généralement de la glaise (des couches cristallines de phyllosilicates d'aluminium hydrique), et des oxydes (le quartz, l'hématite, la goethite), ce processus implique surtout l'hydratation des minéraux pour produire une augmentation de volume par pulsions dans la même séquence que celle de la cristallisation à partir du magma, c.-à-d., de la transformation de l'olivine en quartz (Fig. 9). Les minéraux de la glaise et de l'oxyde sont déposés comme roches clastiques telles que le grès et le schiste. Les océans contribuent aussi aux dépôts lorsque : (1) le calcium se lie au dioxyde de carbone pour produire le calcaire, qui est créé également par

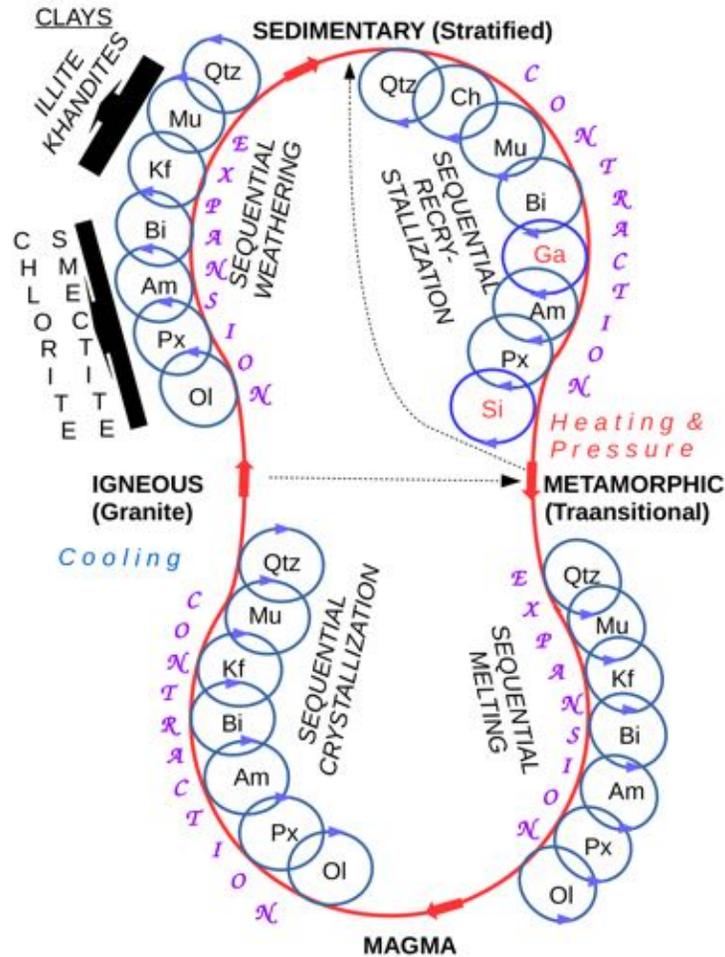


FIGURE 9. Le cycle des roches indiquant : les étapes de 1^{er} et de 2^e ordre (flèches rouges et bleues) et les changements actifs de volume au niveau de la forme. Les étapes du 1^{er} ordre passent par l'état de refroidissement à partir du magma à travers l'ignée jusqu'au sédimentaire (ligne rouge), et par le réchauffement-pression à partir du sédimentaire, à travers le métamorphique, jusqu'au magma; ces processus impliquent des états d'expansion et de contraction en alternance (la terminologie de Goethe est indiquée entre parenthèses). Les étapes du 2^e ordre montrent la cristallisation séquentielle de différents matériaux ignés à partir du magma : usure séquentielle de différents matériaux jusqu'à l'état de glaise; recristallisation séquentielle jusqu'à l'état de minéraux métamorphiques, et la fonte séquentielle de différents minéraux. La croissance de minéraux individuels est indiquée par des cercles bleus dirigés dans le sens des aiguilles d'une montre, ou dans le sens contraire, à l'intérieur ou à l'extérieur du cycle principal (rouge), selon que le processus implique de l'expansion ou de la contraction. Notez la symétrie au niveau de la contraction et de l'expansion, et l'apparition de différents minéraux (les roches communes sont indiquées dans le schéma : les carbonates impliquent d'autres minéraux qui n'apparaissent pas ici). Les lignes pointillées indiquent des raccourcis à l'intérieur du cycle. Il est à noter que le quartz survit durant tout le 1^{er} cycle. Ol = olivine, Px = pyroxène, Am = amphibole, Bi = biotite, Kf = feldspath potassique, Mu = muscovite, Qtz = quartz, Ga = grenat, Si = sillimanite.

l'accumulation des restes des squelettes d'organismes vivants; et (2) par l'évaporation de l'eau de mer pour produire des évaporites, telles que le sel et le gypse. Les roches métamorphiques sont formées par la transformation de roches sédimentaires et ignées lorsque la température ou la pression augmente sans pourtant les faire fondre (Fig. 9). Le métamorphisme progressif implique une diminution pulsionnelle de volume à mesure que des espèces minérales individuelles se cristallisent sur différentes échelles de température et de pression. (Fig. 9). L'injection de magma provoque une augmentation de température dans les roches adjacentes, ce qui résulte en la création de roches métamorphiques cornéennes. Une augmentation de la température et de la pression en même temps provoque la diffusion à l'état solide – processus archétypal qui commence généralement lorsque la température atteint la moitié du point de fonte du minéral sur l'échelle de Kelvin. Cette transformation peut inclure un changement de phase où il y a transformation de la structure du cristal sans qu'il y ait un changement de sa composition. Par contre, la néo-cristallisation est la création de nouveaux minéraux par réaction chimique et implique une très lente diffusion à l'état solide. S'il y a pression différentielle, les nouveaux minéraux s'alignent pour produire un clivage (schiste) ou une foliation (gneiss). On a divisé l'espace pression-température en faciès métamorphiques en utilisant des minéraux-clés qui coexistent, et qui se transforment selon les changements de température et de pression, pour créer la série des faciès métamorphiques (Table 2). À des températures encore plus élevées, les roches métamorphiques se mettent à fondre pour retrouver leur état de roches ignées dans le cycle (Fig. 9).

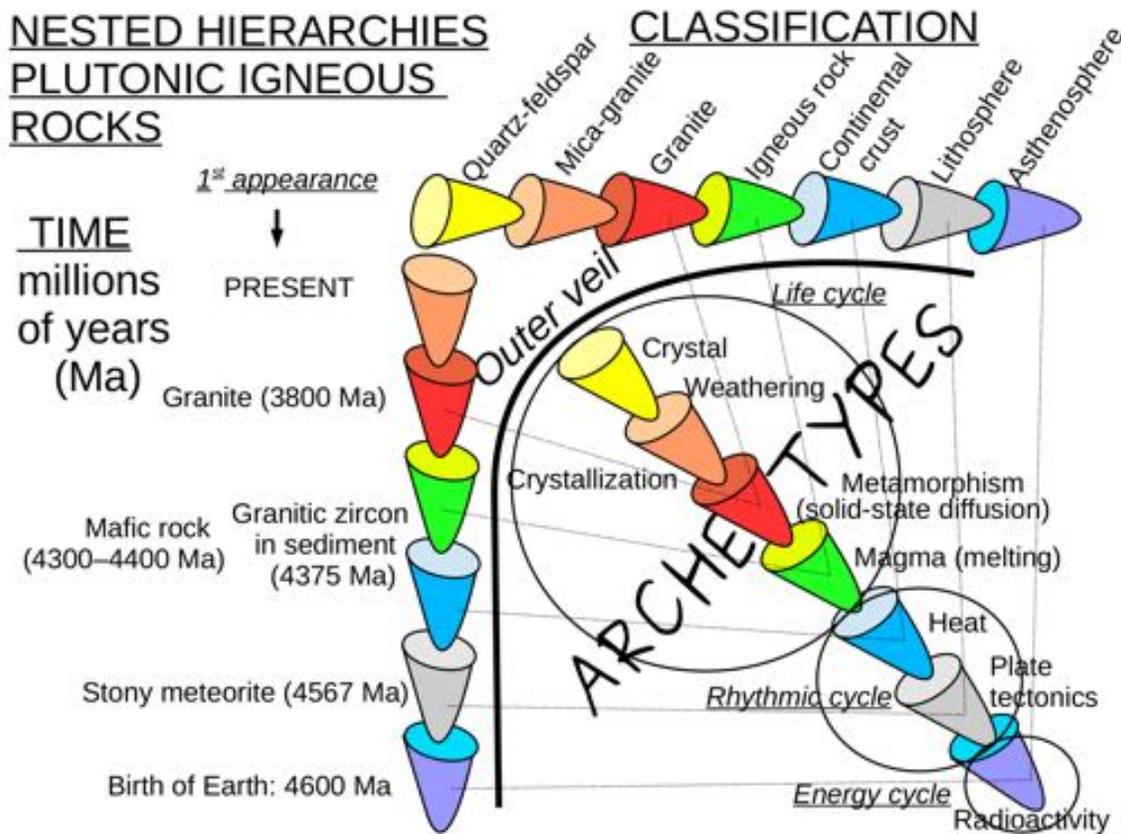


FIGURE 10. Les hiérarchies emboîtées (nichées) des roches ignées plutoniques.

Voyons maintenant, à la lumière des connaissances des sciences de la terre modernes, si le granit représente réellement la roche la plus ancienne, celle qui est à la base de tout, celle qui s'est cristallisée à partir d'un liquide primordial. Les roches les plus anciennes que l'on trouve sur la terre sont des météorites rocheuses (chondrites) composées principalement de minéraux silicatés (pyroxène, olivine et plagioclase) et de Fe-Ni métalliques et de minéraux sulfurés (Javoy et al., 2010). Bien que les chondrites révèlent une composition qui ressemble à celle de la masse terrestre, qui consiste principalement en O, Mg, Si et Fe, des études récentes ont montré que le premier manteau, qui est maintenant situé près de la frontière manteau/noyau, contenait de 60 à 70% moins de K, U, et Th, et une composition isotopique superchondritique de Nd et Hf (Boyet and Carlson, 2006). On considère maintenant que les météorites rocheuses les plus anciens datent d'il y a 4,567 milliards d'années, approximativement l'âge de la terre et de notre système solaire (Amelin et Krot, 2007). Les granits les plus anciens dont on a pu déterminer l'âge auraient 3.8 milliards d'années (Condie, 2010). Pourtant, la plus ancienne zirconie dérivée du granit trouvée dans de la roche sédimentaire aurait 4.375 milliards d'années (Valley et al., 2014). Les roches mafiques-ultramafiques les plus anciennes dont on a pu déterminer l'âge auraient de 4.3 à 4.4 milliards d'années (Condie, 2010), ce qui chevauche l'époque du granit le plus ancien. Comme les granits les plus anciens ont leur origine dans leur séparation (fractionnement) du magma mafique, ils se sont formés à la même époque. Avec le temps, la séparation du granit s'est accumulée pour former les continents, ce qui veut dire que le postulat de Goethe qui affirmait que le granit était à la base de tout correspondait parfaitement à son expérience sur la terre. On sait maintenant par contre que la croûte continentale felsique repose sur une couche basaltique (composée de pyroxène et de plagioclases) et forme la croûte océanique. Celle-ci, à son tour, couvre le manteau supérieur qui est composé principalement de péridotite – une couche ultramafique composée d'olivine et de pyroxène (Pidwirny, 2013). Donc, comme les superchondritiques ont la même composition fondamentale que la terre elle-même, elles représentent probablement le liquide primal dont la surface solide de la terre s'est cristallisée. Si un amalgame de météorites rocheuses avait formé la terre, cela aurait provoqué une fonte générale.

Par analogie avec la feuille comme archétype de la plante, quelle est donc la configuration essentielle pour les roches? Des grains de cristal, qu'ils soient intacts ou abrasés, sont communs à toutes les sortes de roches sauf les minéraloïdes tels que le verre volcanique et l'opale, qui deviennent cristallins avec le temps. Les cristaux les plus communs sont les silicates, qui présentent une vaste gamme de formes que l'on a classées par familles (pyroxène, amphibole, mica, feldspath) et qui montrent différents degrés de composition. Les cristaux de quartz résistent à l'usure chimique, et en se faisant abraser par l'eau, le vent et la glace, se trouvent sous forme de quartz abrasé dans les roches sédimentaires. Les cristaux de glaise se forment par l'usure du temps, alors que les cristaux métamorphiques se forment à l'intérieur de roches qui subissent une augmentation de température et de pression. Il existe beaucoup de formes cristallines primaires qui peuvent être transformées en d'autres formes par l'usure météorologique, par métamorphisme et par la fonte, qui représentent des processus archétypaux (Fig. 9 et 10; Tables 2 et 3). C'est ainsi que l'on peut comparer le cristal à la feuille, dans ce sens qu'il représente l'archétype du processus évolutif de cristallisation.

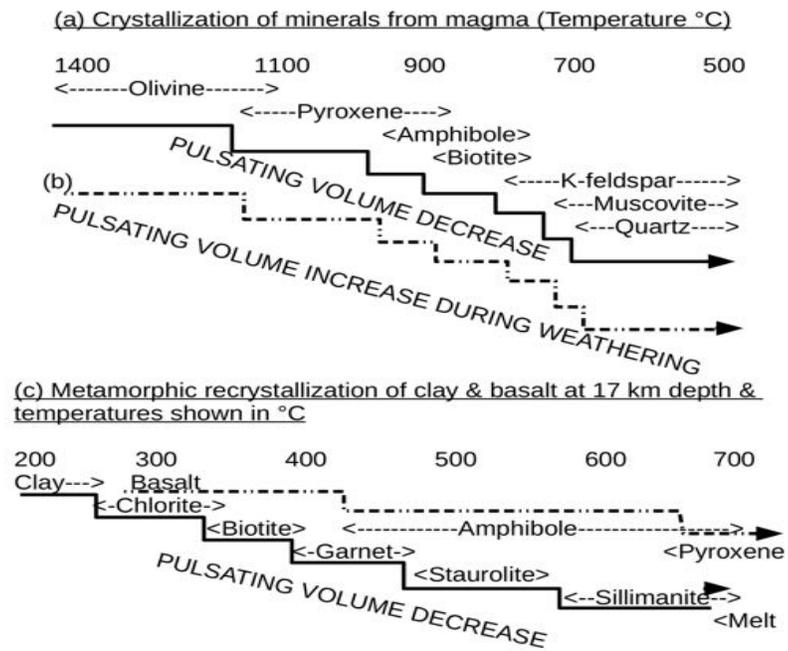


TABLE 3. Les changements de volume s'expriment en pulsations : (a) la cristallisation des roches ignées à partir d'un magma; (b) l'usure de différents minéraux; (c) recristallisation métamorphique de la glaise et du basalte.

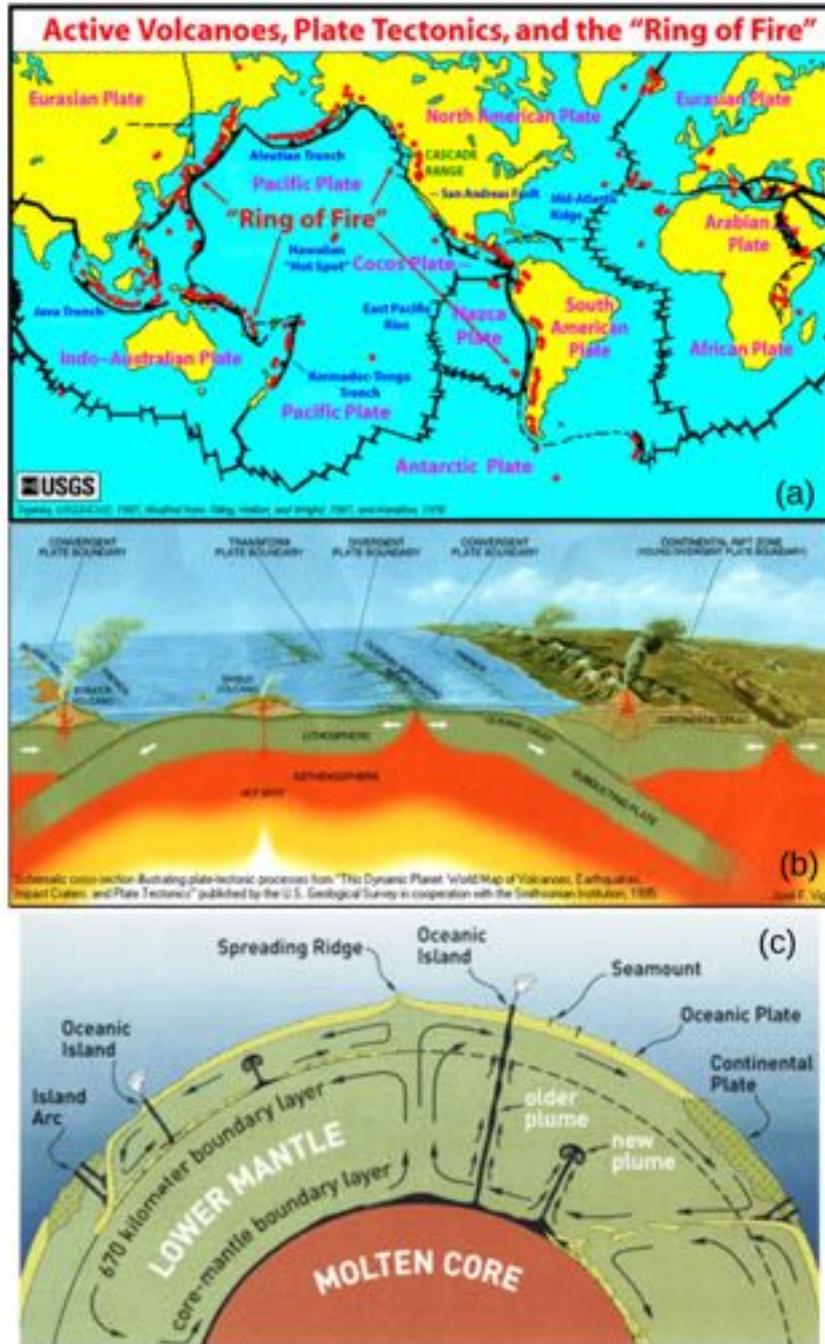


FIGURE 11.

Les tectoniques des plaques et les volcans : (a) carte (USGS, 1997); et (b) coupe transversale (USGS, 1995); (c) Coupe transversale de la terre indiquant les plaques de surface, le manteau supérieur et le manteau inférieur, le noyau extérieur, les couches frontalières à 670 km (manteaux supérieur/inférieur), et à 2900 km (noyau/manteau), ainsi que plusieurs endroits que l'on postule comme étant la région où on trouve les panaches mantelliques. Sur le côté gauche on voit la convection à deux couches, sur le côté droit, la convection du manteau en entier

(remerciements à *Stan Hart*) selon
<http://www.who.edu/NobleMetals/Fproject2.htm>.

La création de magma par le processus de fonte a un lien étroit avec la tectonique des plaques – un processus archétypal (Fig. 11). En premier lieu, le rifting dilue la lithosphère, causant un soulèvement du manteau où la diminution de pression provoque la fonte. En deuxième lieu, la subduction de la lithosphère dans le manteau introduit de la chaleur dans la lithosphère, provoquant la fonte de celle-ci – le résultat se traduit par une activité ignée au-dessus de la plaque en subduction : p. ex. la « Ceinture de Feu » autour de l’océan Pacifique. Et finalement, en troisième lieu, les panaches du magma s’élevant des profondeurs (voir une description plus détaillée ci-dessous).

Steiner a appelé la lithosphère le Règne des Esprits de la Nature (1912), composé de plusieurs rangs/éléments : solide/terre, fluide/eau, vapeur/air, et chaleur/feu. Ces rangs d’Esprits de la Nature produisent les Forces de la nature, que l’on peut relier aux différents processus qui ont lieu entre les roches ignées, sédimentaires et métamorphiques (Fig. 9). Ces forces de la nature sont les archétypes. La lithosphère fournit le fondement solide pour la plupart des plantes et des animaux, et fournit aussi les conditions fondamentales pour la vie sur la terre (agriculture, nourriture, etc. (Table 2). La surface de la Terre est un endroit de **beauté** qui inspire un sentiment d’émerveillement devant la complexité des configurations de la nature.

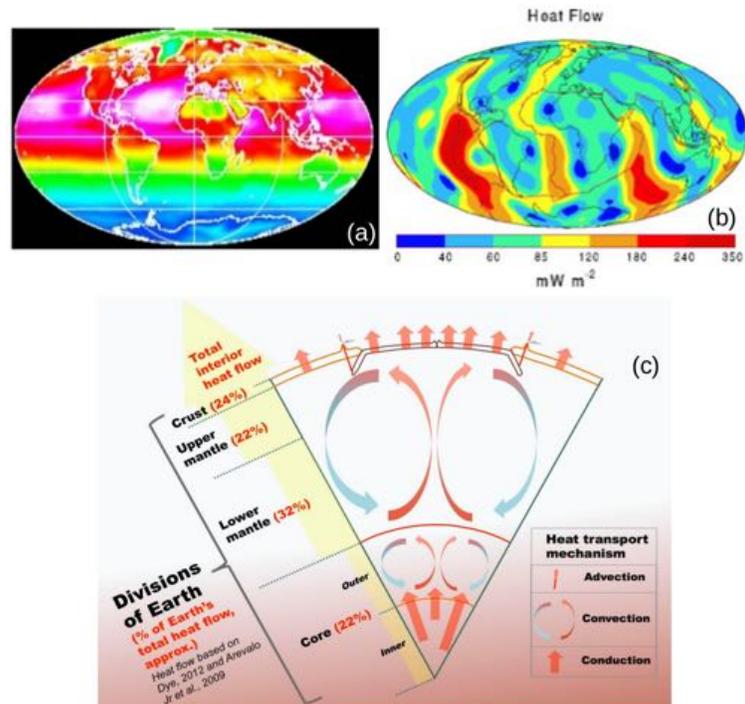


FIGURE 12. (a) La radiation moyenne nette à la surface de la Terre : (juillet 1983-1990, Pidwirny, 2013); (b) le flux thermique sur la surface de la Terre est le plus élevé sur les dorsales médio-océaniques (KamLAND, 2006, 2011); et (c) les principaux éléments qui contribuent au total du flux calorifique vers la surface de la Terre, et les principaux mécanismes de transfert de chaleur à l’intérieur de la terre (Bkilli, 2013).

https://en.wikipedia.org/wiki/Earth's_internal_heat_budget#/media/File:Heat_flow_of_the_inner_earth.jpg based on Dye, 2012, Arevalo et al., 2009.

2. Sous le DEUXIÈME voile se trouve la Mésosphère (Fig. 2) (voir l'appendice #3)

Bien que la mésosphère (manteau inférieur) donne l'impression d'être solide due au fait qu'elle transmet à la fois des ondes sismiques P et S, elle est probablement en réalité viscoélastique, car sur des périodes très étendues, on semble y détecter l'activité de cellules de convection (Figs. 2 et 11c) (Ogawa, 2008), ce phénomène, qui, avec la conduction, aide à refroidir la terre (Fig. 11c). Les températures à la surface de la Terre sont pour la plupart produites par la radiation solaire, avec une petite contribution de forces qui proviennent de l'intérieur de la terre

(Fig. 12). La production de chaleur par décomposition radioactive, favorisée par l'échange de particules boson, représente un archétype et se trouve partout à l'intérieur de la terre (Fig. 12c). Le refroidissement de la terre est favorisé également par les panaches mantelliques, qui ont leur origine dans des « cimetières des plaques », c.-à-d. l'accumulation de lithosphère subduite, à une profondeur de 650 km, et également à la frontière entre le manteau et le noyau (Fig. 11c). Quelques-uns des panaches montent à la surface pour produire des chaînes volcaniques (Hawaii: Figs. 11b et c); les panaches mantelliques classiques ont la forme d'un champignon produite par un vortex (anneau tourbillonnaire). Des courants descendants qui forment des champignons inversés font contrepoids aux panaches qui remontent à partir du manteau (Fig. 13). La convection, les panaches mantelliques et les anneaux tourbillonnaires représentent tous des processus archétypaux (Table 2).

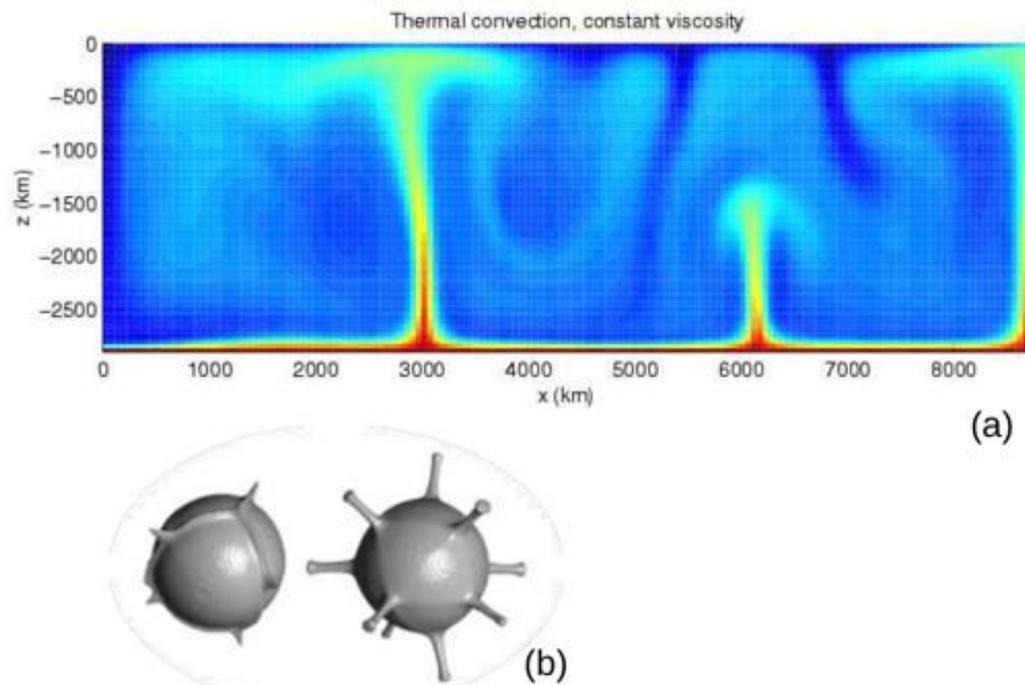


FIGURE 13. La dynamique des manteaux (a) à 2-dimensions (selon <http://user.uni-frankfurt.de/~schmelin/what-is-convection.html#Englishversion>); et (b) les panaches mantelliques qui montent à partir de la frontière manteau/noyau à 3 dimensions (selon Futterer et al., 2013).

La mésosphère de la terre est la région astrale, demeure des êtres identifiés par Rudolf Steiner comme les Esprits des Périodes (Steiner, 1912), qui engendrent les lois de la nature. Comme exemples de leur activité, on peut nommer la rotation rythmique du jour

et de la nuit et la rotation des saisons. Au cours des derniers siècles, on a identifié d'autres lois, telles que : les cycles Milankovich (*Milankovitch*, 1941), qui sont une combinaison de précession (la rotation de l'axe de la terre tous les 26,000 ans); la rotation de l'orbite elliptique (dont l'effet, en conjonction avec la précession, produit un laps de temps de 21,000 années entre les périodes astronomiques); l'obliquité (l'oscillation de l'angle de l'axe de la terre sur un cycle de 41,000 années); et le forçage solaire. Le renversement rythmique à l'intérieur de la mésosphère, la convection et les panaches fournissent un renouvellement régulier de la lithosphère, un processus que l'on pourrait comparer au métabolisme chez l'être humain.

3. Sous le TROISIÈME voile se trouve le Noyau (Fig. 2) (voir l'appendice #3)

Le noyau de la Terre se trouve sous la mésosphère. Bien que le noyau intérieur et le noyau extérieur se ressemblent quant à leurs compositions (nickel/fer), le noyau intérieur est solide alors que le noyau extérieur est liquide (on détermine cet état des choses d'après la présence ou non de transmission d'ondes sismiques de cisaillement (Fig. 2). Par imagination et intuition, on en est venu à penser que des cellules de convection dans le noyau extérieur produisent une géodynamo d'où émane le champ magnétique de la terre (Fig. 14a). Le géodynamo génère l'ionosphère et la magnétosphère (Fig. 14b et c), qui protègent les organismes vivant sur la surface de la Terre de la radiation cosmique et solaire (comprenant les rayons X et ultraviolets). Le noyau intérieur constitue le centre de la masse de la terre et produit la pesanteur, qui maintient la cohésion de la terre et son atmosphère et règle également la tectonique des plaques. La géodynamo, la pesanteur et les champs d'énergie magnétiques constituent des processus archétypaux du noyau. Les champs magnétiques et gravitationnels impliquent l'échange entre protons et gravitons, que l'on peut considérer comme étant des archétypes de l'âme et l'esprit de la terre, ou encore comme une série de hiérarchies archétypales emboîtées (Fig. 15, Table 2).

L'oxygène, l'hydrogène et le carbone de l'atmosphère sont libérés par des minéraux dans la terre grâce à des réactions qui produisent les constituants O₂, H₂O et CO₂ de l'air que nous respirons et l'eau que nous buvons, fournissant ainsi quelques-unes des conditions fondamentales pour l'existence de la vie sur notre planète. En plus, l'ozone créé par l'interaction de la radiation ultraviolette avec l'oxygène fournit une protection supplémentaire pour la vie sur terre. L'équilibre entre les champs extra-terrestres et les champs terrestres représente un des éléments qui assure un environnement favorable à la vie, et les êtres humains sont de plus en plus capables de perturber cet équilibre. D'autres facteurs peuvent aussi jouer un rôle : une zone habitable galactique et circumstellaire, une planète terrestre de la bonne taille possédant une magnétosphère et des tectoniques des plaques. (*Ward and Brownlee*, 2000).

Les quatre forces fondamentales : pesanteur, électromagnétique, nucléaire forte et nucléaire faible, impliquent toutes les quatre l'échange de particules (Appendice #3). En empruntant le langage de Steiner, on pourrait les considérer comme étant des êtres élémentaires. Ces particules ont eu leur origine à l'ère d'inflation primordiale, et pourraient être envisagées comme étant « l'Impulsion christique ». Steiner a appelé le noyau de la Terre « Esprit de la Planète » (1912), qui coordonne les rapports entre les corps planétaires du cosmos et qui donne son *sens* à la nature. Quel est ce « *sens* »? La

force de pesanteur et les champs magnétiques de la terre enveloppent la planète comme expression de L'AMOUR que la terre vivante ressent pour tout ce qui vit sur sa surface.

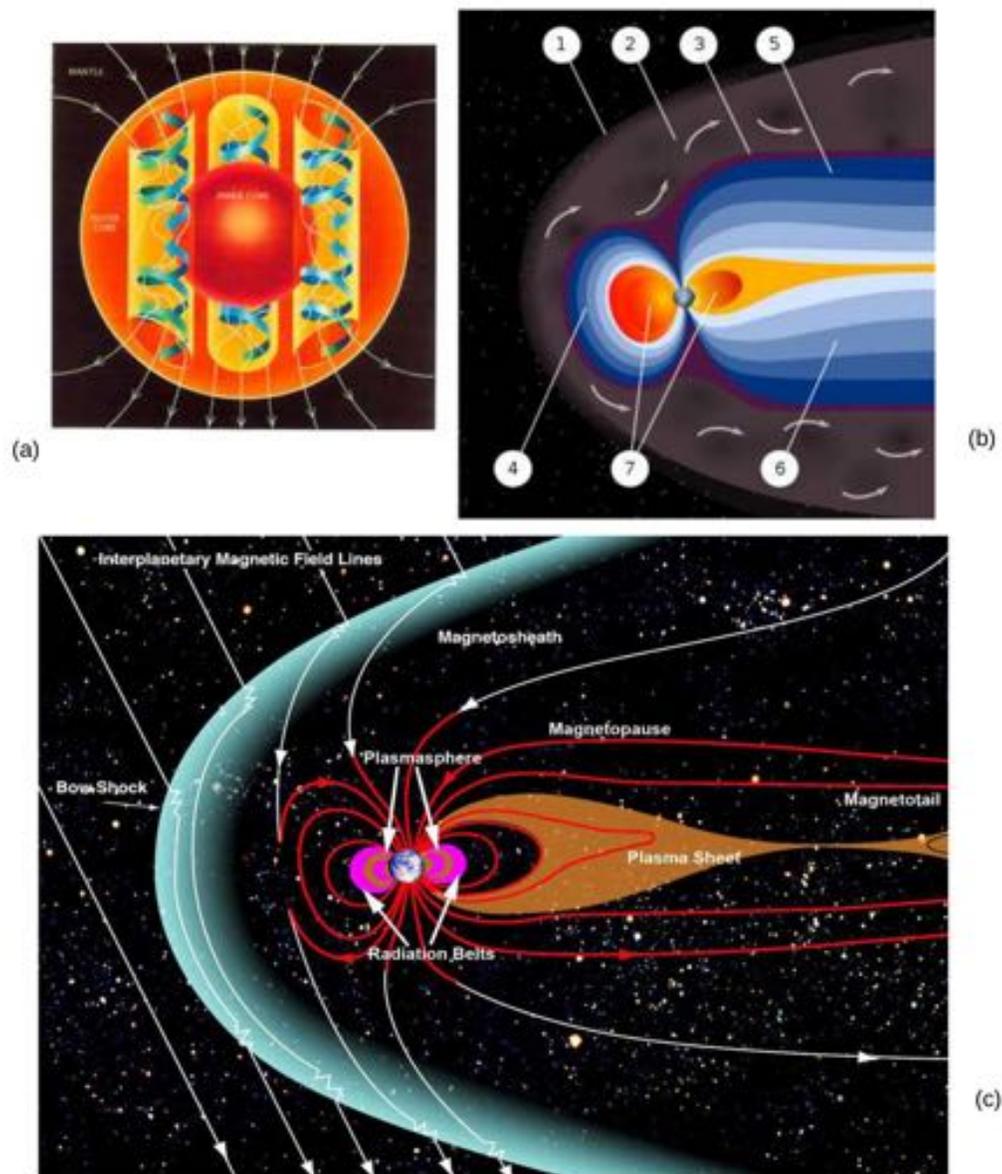


FIGURE 14. (a) La géodynamo terrestre génère un champ magnétique (USGS, 2013) produisant une magnétosphère qui fait dévier la radiation solaire et les rayons cosmiques.

(b) 1 = arc de choc; 2 = magnétogaine; 3 = magnétopause; 4 = magnétosphère; 5 = Northern tail lobe; 6 = Southern tail lobe; 7 = plasmasphère (Frédéric MICHEL – Magnetosphere_Levels.jpg; http://en.wikipedia.org/wiki/Magnetosphere#mediaviewer/File:Magnetosphere_Levels.svg);

(c): Roberts Artal, 2013 et NASA - <http://astrobob.areavoices.com/tag/earth/>).

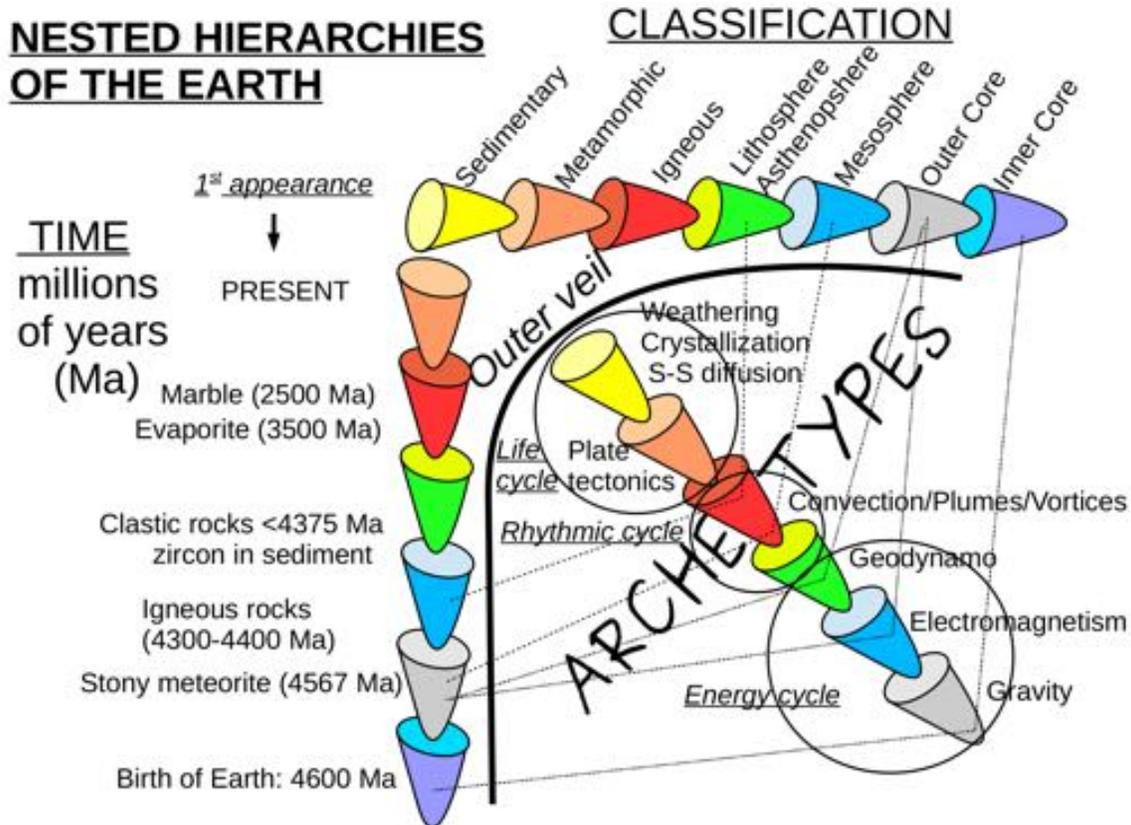


FIGURE 15. Les hiérarchies emboîtées (nichées) de la terre.

GAÏA

Les notions exposées dans le présent article suggèrent que la terre est vivante (voir *Hutton*, 1785 et *Lovelock*, 1972). L'hypothèse Gaïa a été décrite par *Lovelock* (1972) comme « ... une entité complexe qui comprend la biosphère, l'atmosphère, les océans et le sol – le tout constituant un système cybernétique (« feedback system ») qui s'efforce d'atteindre un environnement physique et chimique optimal pour soutenir la vie sur cette planète ». *Lovelock* (1979) a caractérisé la vie comme étant en gros une diminution de l'entropie, donc une augmentation dans le sens de l'ordre. Les définitions biologiques de la vie en identifient généralement les caractéristiques comme étant : l'homéostasie, l'organisation, le métabolisme, la croissance, l'adaptation, la réaction aux stimuli, et la reproduction. Toutes ces caractéristiques sont présentes dans la terre. Le présent article étend l'hypothèse Gaïa pour englober la terre dans sa totalité en appliquant les résultats de la recherche de la science de l'esprit à celles des sciences de la terre modernes. Cette définition élargie de Gaïa augmente les difficultés quant aux distinctions à faire entre la vie organique, animée, et l'inorganique, la matière sans vie. Cette difficulté a été soulevée pour la première fois par *Wöhler* (1828), qui, en produisant de l'urée « organique » à partir de cyanate d'ammonium « inorganique », a suggéré qu'il existe une force vitale aussi bien dans l'inorganique que dans ce qui est organique.

LES IMPLICATIONS

Les êtres humains sont en train de troubler de plus en plus les conditions de vie de notre planète : le trou dans la couche d'ozone, le réchauffement climatique, les pluies acides, l'urbanisation, et les extinctions massives (*Myers and Knoll, 2001*), sont toutes provoquées par l'activité humaine. Devant ces constatations, on a identifié récemment ce qu'on appelle « l'époque anthropogénique ». Le début de cette ère serait en rapport avec la prolifération de l'agriculture et le choc de l'Ancien Monde avec le Nouveau Monde, ce qui a provoqué une homogénéisation des biotes, qui étaient distinctes les unes des autres avant ce temps, et qui semble clairement liée à une baisse dans le niveau de dioxyde de carbone atmosphérique survenue en 1610 (*Lewis et Maslin, 2015*). En plus, l'utilisation des hydrocarbonates, qui ont mis des millions d'années à se former (les plus jeunes ayant 5000 ans, les plus anciens, 650 millions d'années), a comme résultats le réchauffement de la planète, l'acidification de l'atmosphère, et des extinctions massives. De manière générale, l'agriculture utilise le sol, qui est formé par l'usure météorologique. Dans les régions tropicales, le sol peut se former à partir de la roche mère dans l'espace de quelques années, alors que dans les régions désertiques ce processus peut prendre des millions d'années. Les sols glaciaux du sud du Canada ont moins de 1000 ans, ce qui correspond à la fin de la dernière glaciation. Étant donné qu'un sol particulier ne développe son profil que sur un laps de temps qui peut varier entre quelques décennies et plusieurs milliers d'années, il faut se demander si nous nous en occupons avec suffisamment de sérieux; il y va de la survie des plantes et des animaux. La question fondamentale : pouvons-nous modifier notre comportement de manière à préserver l'étreinte protectrice de la terre?

LES APPLICATIONS

Pour développer une juste appréciation de la différence entre les sciences naturelles statiques et les sciences naturelles actives, nous encourageons le lecteur à choisir un objet, à en étudier le cycle de vie, à déterminer le moment de son origine et à se demander ce qui se cache derrière ses différents « voiles ». En se laissant guider par la maxime : « Le présent est la clé du passé », il suffit d'examiner les processus actuels pour déterminer les cycles de vie du passé. Pourtant, ceci ne tient pas compte des événements aléatoires comme : (1) les catastrophes (impacts météoritiques); ou (2) le fait que la terre évolue à travers ses propres cycles de vie dont les étapes peuvent ne pas être évidentes à l'heure actuelle, mais que l'on peut déjà observer sur d'autres planètes (par exemple un début d'atmosphère anoxique).

Remerciements

Je tiens à remercier chaleureusement Maggie Keppie, qui m'a fait connaître l'anthroposophie, a dirigé mon attention vers des textes pertinents, a relu le projet de manuscrit. Je remercie également Jennifer Greene de m'avoir accepté comme membre de la Section des Sciences naturelles de la Société anthroposophique en Amérique du Nord, d'avoir partagé avec moi ses recherches sur la nature de l'eau qui m'ont amené à entreprendre un travail de comparaison entre l'eau et les roches, et aussi d'avoir relu le texte. Je tiens aussi à exprimer ma reconnaissance envers le comité organisateur du congrès **À la recherche de notre humanité**, tenu en 2016 à Ottawa, de m'avoir invité à présenter ce travail et organiser la publication, car la présentation a donné lieu à des

conversations pertinentes. Je suis particulièrement reconnaissant à Eric Philips-Oxford qui a traduit le manuscrit en français.

Références (toutes les références sont celles de l'auteur, et sont donc en langue anglaise)

- Amelin, Y., et Krot, A. 2007. Pb isotopic age of the Allende chondrules. *Meteoritics & Planetary Science* 42 (7/8): 1043–1463.
- Arevalo Jr, R., McDonough, W. F., and Luong, M. (2009). The K/U ratio of the silicate Earth: Insights into mantle composition, structure and thermal evolution. *Earth and Planetary Science Letters*, 278(3), 361–369.
- Ballivet, C. 1995. An overview of Goethe's geological writings. *Archetype*, Science Group, Anthroposophical Society in Great Britain, p.38-55.
- Bowen, N.L. 1956. *The Evolution of the Igneous Rocks*. Canada: Dover. pp. 60–62.
- Boyet, M., and Carlson, R.W. 2006. A new geochemical model for the Earth's mantle inferred from ^{146}Sm – ^{142}Nd systematics. *Earth and Planetary Science Letters* 250: 254 – 268.
- Condie, K.C. 2010. *Earth as an evolving planetary system*. Academic Press, 430 p.
- Dornelus, M.J., and Dornelus, O. 2005. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v. 17/4, p. 335-343.
- Dye, S. T. 2012. Geoneutrinos and the radioactive power of the Earth. *Reviews of Geophysics*, 50(3).
- Ebach, M.C. 2005. Anschauung and the Archetype: The Role of Goethe's Delicate Empiricism in Comparative Biology. *Janus Head*, 8(1), p. 254-270.
- Falcón, L., Magallón, S., and Castillo, A. 2010. Dating the cyanobacterial ancestor of the chloroplast. *The ISME Journal*, v. 4, p. 777–783.
- Futterer, B., Krebs, A., Plesa, A.-C., Zaussinger, F., Hollerbach, R., Breuer, D., and Egbers, C. 2013. Sheet-like and plume-like thermal flow in a spherical convection experiment performed under microgravity. *Journal of Fluid Mechanics*, v. 735, p. 647-683, Cambridge University Press, doi: 10.1017/jfm.2013.507.
- Goethe, J.W. von. 1778. On granite. *HA* 13, p. 258-303.
- Goethe, J.W. von. 1790. *Versuch die Metamorphose der Pflanzen zu erklären*. Gotha, Ettlinger.
- Goethe, J.W. von. 1995. *Scientific studies*. (D. Miller, Ed. & Trans.). New Jersey: Princeton University Press.
- Goethe, J.W. von. 2009. *The metamorphosis of plants*. MIT Press, 156 p.
- Gould, S.J. 2002. *The Structure of Evolutionary Theory*. Belknap Press, Cambridge.
- Gutenberg, B., 1913. Über die Konstitution des Erdinnern, erschlossen aus Erdbebenbeobachtungen. *Phys. Zeitschr.* 14, 1217–1218.
- Hutton, J. 1785. Abstract of a dissertation read in the Royal Society of Edinburgh, upon the seventh of March, and fourth of April, MDCCLXXXV, Concerning the System of the Earth, Its Duration, and Stability. Edinburgh. 30 p.
- Javoy, M, and 10 others. 2010. The chemical composition of the Earth: Enstatite chondrite models. *Earth and Planetary Science Letters*, v. 293, p. 259–268
- Jeffries, H. 1924. *The Earth, Its Origin, History and Physical Constitution*, Cambridge University Press. 278 p.

- Kashtan, N and 12 others. 2014. Single-Cell Genomics Reveals Hundreds of Coexisting Subpopulations in Wild *Prochlorococcus*. *Science*, v. 344 (6182), p. 416-420, DOI: 10.1126/science.1248575.
- Kuhn, B. 2009. *Autobiography and Natural Science in the Age of Romanticism: Rousseau, Goethe, Thoreau*. Ashgate Publishing.
- Labandeira, C. 2007. The origin of herbivory on land: initial patterns of plant tissue consumption by arthropods. *Insect Science*, v. 14, p. 259-275.
- Lawton-Rauh A., Alvarez-Buylla, E.R., and Purugganan, M.D. 2000. "Molecular evolution of flower development". *Trends in Ecology and Evolution*. v. 15 (4), p. 144–149. doi:10.1016/S0169-5347(99)01816-9. PMID 10717683.
- Lewis, L.A., and Maslin, M.A. 2015. Defining the Anthropocene. *Nature*, v. 519, p. 171-180. doi:10.1038/nature14258.
- Li, Y., Fan, X., Mitra, N.J., Charmovitz, D., Cohen-Or, D., Chen, B., and Visu, S. 2013. Analyzing Growing Plants from 4D Point Cloud Data. <http://web.siat.ac.cn/~vcc/publications/2013/Planalyze/>
- Lovelock, J.E. 1972. Gaia as seen through the atmosphere. *Atmospheric Environment* 6 (8): 579–580. doi:10.1016/0004-6981(72)90076-5
- Lovelock, J.E. 1979. *GAIA – A New Look at Life on Earth*. Oxford University Press.
- Milankovich, M. 1941. *Canon of Insolation and the Ice-Age Problem*. Israel Program for Scientific Translations. Jerusalem (1969).
- Myers, N., and Knoll, A.H. 2001. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2001 May 8; 98(10): 5389–5392. doi: 10.1073/pnas.091092498
- Nakayama, T., and Archibald, J. M. 2012. Evolving a photosynthetic organelle. *BMC Biology* 10 (1): 35. doi:10.1186/1741-7007-10-35.
- Ogawa, M. 2008. Mantle convection: a review. *Fluid Dynamics Research*, v. 40, p. 379 – 398.
- Oldham, R. D. 1906. The Constitution of the Interior of the Earth as Revealed by Earthquakes. *Quarterly Journal of the Geological Society of London* 62, 456-472.
- Oskin, E., 2014. Rare diamond confirms that Earth's mantle holds an ocean's worth of water. *Scientific American*.
- Pidwirny, M. 2013. *Encyclopedia of Earth*. <http://www.eoearth.org/view/article/152458/>
- Riegner, M. F. 1998. Horns, hooves, spots, and stripes: Form and pattern in mammals. In D. Seamon and A. Zajonc (Eds.), *Goethe's way of science: A phenomenology of nature*, pp. 177–212. Albany, NY: SUNY Press, Albany.
- Riegner, M. F. 2008. Parallel evolution of plumage pattern and coloration in birds: Implications for defining avian morphospace. *Condor*, v. 110, p. 599–614.
- Riegner, M.F. 2013. Ancestor of the New Archetypal Biology: Goethe's Dynamic Typology as a Model for Contemporary Evolutionary Developmental Biology, *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, v. 44 (4), p. 735-744. doi:10.1016/j.shpsc.2013.05.019.
- Schad, W. 1977. *Man and mammals: Toward a biology of form*. Garden City, NY: Waldorf Press.
- Schad, W. 2012. *Säugetiere und mensch: Ihre gestaltbiologie in raum und zeit*, 2 bände. Stuttgart: Verlag Freies Geistesleben.
- Spiegelberg, H. 1982. *The Phenomenological Movement: An Historical Introduction*, 3rd ed. (The Hague: Martinus Nijhoff).

- Steiner, R. 1905 revised in 1918. Knowledge of Higher Worlds. GA 10.
- Steiner, R. 1906, 16 April. The Interior of the Earth and Volcanic Eruptions.
- Steiner, R. 1906, June. Earthquakes, Volcanoes and Human Will. S-1431.
- Steiner, R. 1907, May 25. The nine-fold constitution of Man p.30-31, [GA99].
Translation of “Die Theosophie des Rosenkreuzers”.
- Steiner, R. 1911. What Has Geology to Say About the Origin of the World? GA 60.
- Steiner, R. 1912. The Spiritual Beings in the Heavenly Bodies and in the Kingdoms of Nature. Lectures 1 and 2.
- Steiner, R. 1918. Ancient Myths: Their Meaning and Connection with Evolution. S-3463, Lecture III.
- Steiner, J. 1924a, 13 January. A Michael Lecture, In Festivals and their meaning, v. IV, Michaelmas, The significance of the Impulse of Michael.
- Steiner, R. 1988. Goethean Science, Mercury Press, Spring Valley, N. Y., 1988, 277 p., translated from the German by William Lindeman.
- Steiner, R. 1992. Goethe's world view. Mercury Press, Spring Valley, N. Y., translated from the German by William Lindeman.163 p.
- Tseng, Z.J., Wang, X., Slater, G.J., Takeuchi, G.T., Li, Q., Liu, J., Xie, G. 2013. Himalayan fossils of the oldest known pantherine establish ancient origin of big cats. Proceedings of the Royal Society B. Biological Sciences, 81: 20132686. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2013.2686>.
- USGS (US Geological Survey). 1995. http://web.ics.purdue.edu/~nowack/geos105/lect10-dir/lecture10_files/image051.jpg
- USGS (US Geological Survey). 1997. Active volcanoes, plate tectonics, and the “Ring of Fire”. http://oceanexplorer.noaa.gov/explorations/05fire/background/volcanism/media/tectonics_world_map_600.jpg
- USGS (US Geological Survey). 2013. How does the Earth's Core generate a magnetic field?” www.usgs.gov/faq/?q=categories/9782/2738.
- Valley, J.W., and 10 co-authors. 2014. Hadean age for a post-magma-ocean zircon confirmed by atom-probe tomography. Nature Geoscience, v. 7, p. 219–223, doi:10.1038/ngeo2075.
- Ward, P. D., and Brownlee, D. 2000. Rare Earth: Why Complex Life is Uncommon in the Universe. Copernicus Books, Springer Verlag.
- Weichert, E. and Geiger, L. 1910. Bestimmung des Weges der Erdbebenwellen im Erdinnern. Physikalische Zeitschrift 11, 294-311.
- Wöhler, F. 1828. Ueber künstliche Bildung des Harnstoffs. Annalen der Physik und Chemie, v. 88 (2), p. 253–256.

Appendice #1:

Les sous-divisions de la Terre selon Steiner (16 avril 1906, 12 juin 1906, 1907) (Fig. 16)

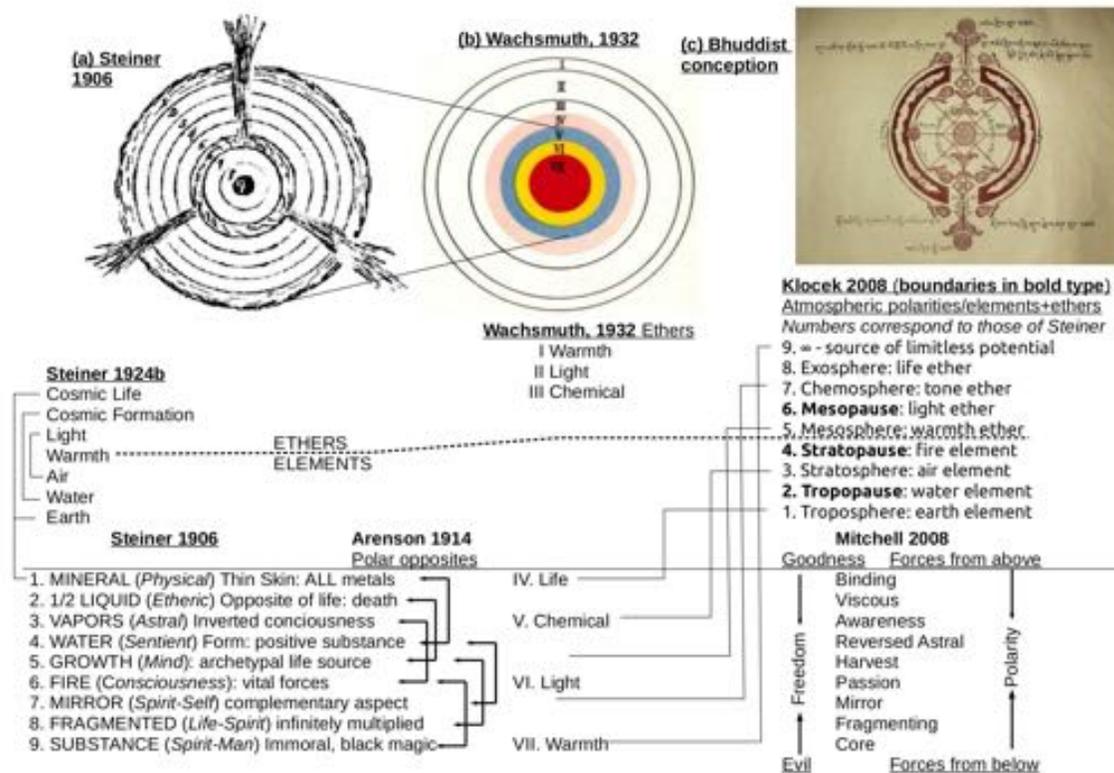


FIGURE 16. Comparaison entre la conception de Steiner de l'intérieur de la terre et celle des bouddhistes (selon http://4.bp.blogspot.com/-Df7bK2-71ig/TjoBsthR62I/AAAAAAAAAqw/ZKd_y8f7dKk/s1600/Tibetan%2Bsymbol%2Bof%2BAgharta.jpg) et sur un travail ultérieur basé sur une approche métaphorique analogue.

- (1) La **couche minérale** (*corps physique*) contient tous les métaux qui se trouvent dans les corps physiques de tout ce qui vit à la surface. Cette croûte forme comme une peau autour de l'être vivant de la Terre. Elle n'a que quelques km de profondeur.
- 2) La **deuxième couche** (*corps éthérique*) ne devient compréhensible que si nous arrivons à concevoir une substance qui est tout le contraire de ce qu'on connaît. Elle est vie négative, le contraire de la vie. Toute vie y est éteinte. Une plante ou un animal qui plongerait serait immédiatement annihilé, complètement dissous. Cette deuxième enveloppe – à demi liquide – qui enveloppe la Terre est en vérité une sphère de mort.
- 3) La **troisième couche** (*corps astral*) est un cercle de conscience inversée. Toutes les peines y paraissent comme étant de la joie. Et toutes les joies y sont vécues comme des souffrances. Sa substance, composée de vapeurs, est liée à nos sentiments comme la deuxième couche est liée à la vie ... La transformation des sentiments.
- 4) La **quatrième couche** (*âme de sensibilité*) est connue comme étant la terre d'eau, la terre d'âme, ou la terre de forme. Elle est dotée d'une vertu remarquable. Représentez-

vous un cube, et puis imaginez ce cube inversé en ce qui concerne sa substance. Là où il y avait de la substance, maintenant il n'y a rien : l'espace que le cube occupait serait maintenant un vide et sa substance, sa forme substantielle, se trouverait étendue autour. D'où le nom « terre de forme ». Ici, dans ce tourbillon de formes, au lieu d'un vide négatif, nous avons la création d'une substance positive.

5) La **cinquième couche** (*âme d'entendement*) est connue comme étant la terre de croissance ou la terre fructifère. Elle contient la source archétypale de toute vie terrestre. Sa substance consiste en énergies bourgeonnantes, fourmillantes.

6) La **sixième couche**, la Terre-feu (*âme de conscience*) est composée de volonté pure, de forces vitales élémentaires, de mouvement incessant. Elle est traversée par des impulsions et des passions – un véritable puits de forces de volonté. Si l'on exerçait de la pression sur cette substance, elle offrirait de la résistance.

7) La **septième couche** (*Soi-esprit*) est le miroir de la Terre. Elle ressemble à un prisme qui décompose tout ce qui se reflète en lui pour en révéler l'aspect complémentaire.

Si on la regardait à travers une émeraude, elle paraîtrait rouge.

8) En la **huitième couche** (*Esprit de vie*) tout apparaît fragmenté, morcelé, mais en même temps reproduit à l'infinité. En observant une plante ou un cristal et en se concentrant sur cette couche, on verrait l'objet multiplié à l'infinité.

9) Le **noyau** (*Homme-esprit*) est doté d'une substance composée d'activité morale. Mais cette moralité est le contraire de celui que l'on réalise sur terre. Son essence, sa force inhérente, est la séparation, la discorde, la haine. C'est ici que dans son Enfer, Dante trouve Caïn, le fratricide. Cette substance est le contraire de tout ce qui chez l'être humain est bon et digne. Lorsque les êtres humains s'efforcent de réaliser une véritable fraternité sur terre, ils affaiblissent le pouvoir de cette sphère. C'est le pouvoir de l'amour qui la transformera, pourvu qu'il puisse spiritualiser le corps même de la Terre. Cette **neuvième couche** représente dans sa substance l'origine de ce qui apparaît sur terre comme la magie noire, à savoir, la magie enracinée dans l'égoïsme.

Les chakras les auras du corps humain (Steiner, 1905; Table 1)

On décrit le corps humain comme étant entouré d'un champ ou aura biomagnétique en forme d'anneau dont les pôles Nord et sud correspondent au sommet du crâne et à la plante des pieds. Steiner (1905) identifie six chakras : sur le front/entre les yeux; près du larynx; dans la région du cœur; dans ce qu'on appelle le creux du ventre; et deux autres situés dans l'abdomen. D'autres cultures parlent plutôt de sept connections biophysiques neuro-électriques fondamentales situées le long de la colonne dorsale (dans une disposition allant de bas en haut) : racine, rate/sacrum, plexus solaire, cœur, gorge, sourcils/troisième œil, sommet de la tête (Budig, 2012). Les opinions sur les vertus des chakras varient selon les cultures.

Le chakra racine est décrit comme étant l'accumulateur de l'énergie terrestre, stabilisatrice, vitale, dont les propriétés favorisent la force, la solidité, la volonté : toutes ces vertus étant reliées aux forces de la nature. Le chakra du sacrum est réputé être le centre corporel de l'énergie polaire, sensuelle et sexuelle, et serait lié à l'énergie solaire et lunaire et à l'eau. Il enverrait également de l'énergie vers le chakra racine.

Le chakra du Plexus solaire serait le centre de la volonté et de l'identité personnelle (le moi), et serait lié à l'énergie mentale agressive et le feu, et existe en lien étroit avec les sentiments et les émotions. C'est à cet endroit que l'énergie astrale pénètre dans le champ éthérique. Selon Steiner (1905), ce chakra permet d'acquérir la connaissance des talents

et capacités des âmes, et de saisir le rôle des animaux, des plantes, des pierres, des métaux et des phénomènes atmosphériques.

Le chakra du cœur est vu comme étant le centre de l'amour, de l'affection pure, de la préoccupation pour les autres, et il est lié à tous les aspects de la vie. Il est en affinité avec le sens de l'être, de l'amour, et d'une conscience supérieure. Steiner (1905) affirme que c'est ce chakra qui permet d'accéder à une conscience suprasensible des sentiments et dispositions d'autres âmes et à l'observation de certaines forces cachées chez les animaux et les plantes.

Le chakra de la gorge est considéré comme étant le centre des communications verbales et du partage de la nourriture; il est relié à la voix, à la créativité et à la thyroïde. Steiner affirme qu'avec ce chakra, on peut observer de manière clairvoyante les pensées et la mentalité d'autres êtres et approfondir les véritables lois des phénomènes naturels.

Le chakra du front s'apparente à la force intellectuelle, aux représentations mentales, à l'acuité de la perception, aux facultés de visualisation, concentration et mémoire. Le développement de ce chakra permet au moi supérieur d'entrer en rapport avec des esprits supérieurs.

Le chakra du sommet de la tête a rapport avec la révélation spirituelle, la divine communion, la conscience cosmique et l'illumination.

Appendice #2:

Les sous-divisions de la Terre selon les sciences de la nature du 21^e siècle.

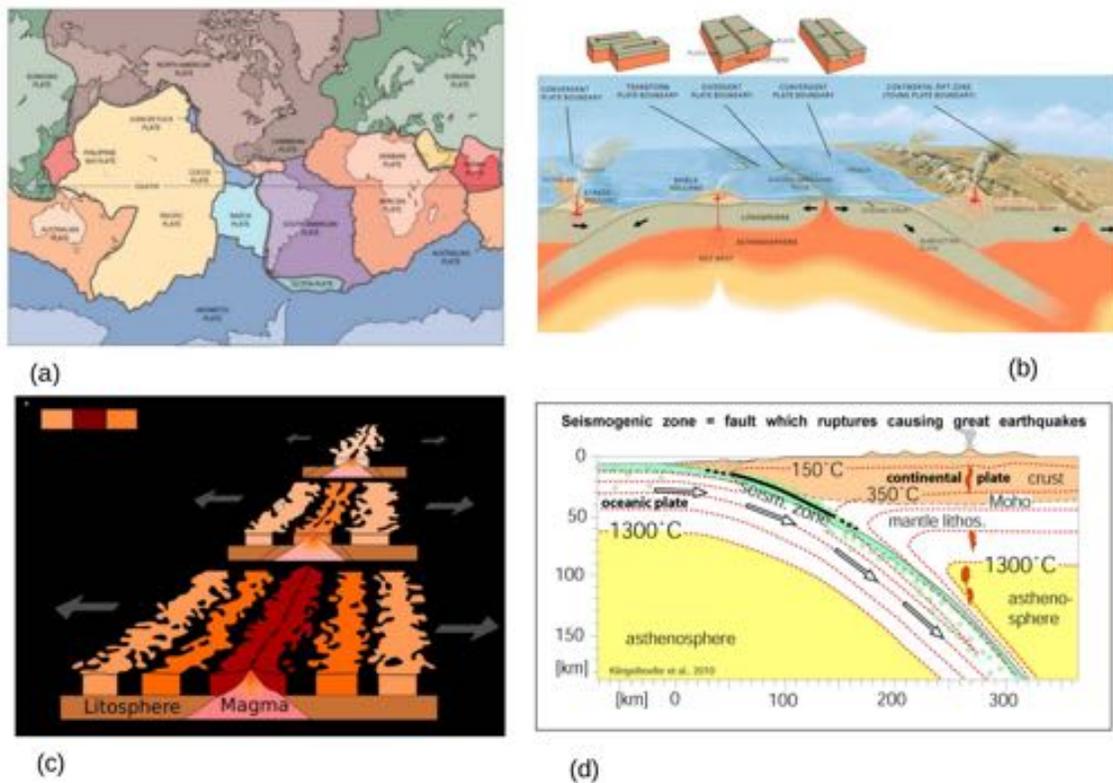


FIGURE 17. (a) Les plaques lithosphériques sur la terre (selon <http://pubs.usgs.gov/gip/dynamic/slabs.html>);

(b)

http://en.wikipedia.org/wiki/Plate_tectonics#mediaviewer/File:Tectonic_plate_boundaries.png;

(c) <http://pubs.usgs.gov/publications/graphics/Fig7.gif>

(d) selon *Klingelhofer et al.*, JGR, Jan. 2010.

Depuis les 100 dernières années, la recherche séismologique en est venue à la conception actuelle de l'intérieur de la Terre (Fig. 2), qui comprend plusieurs couches physiques distinctes, définies selon les découvertes de la séismologie :

1. **La lithosphère et l'asthénosphère** (Croûte et manteau supérieur : épaisseur de 60 à 220 km) est solide et se trouve au-dessus d'une couche partiellement fondue de faible vitesse (Fig. 14c). La lithosphère est composée de : (1) la croûte (épaisseur entre 0 et 70 km), constituée d'une large gamme de silicates (Al, Fe, Ca, Na, K, Mg, etc.) et dont la croûte continentale génère 30% de la chaleur radioactive de la terre; (2) le manteau supérieur, composé de péridotite (silicates de Fe-Mg). La lithosphère se divise en sept ou huit plaques majeures et beaucoup de petites plaques (Fig. 17a) qui sont constituées d'une croûte océanique assez dense et d'une croûte continentale moins dense qui se trouve par-dessus le manteau supérieur. Les frontières entre les

plaques sont soit : (a) divergentes, où on voit l'émergence de nouvelle lithosphère à partir de dorsales médio-océaniques quand l'expansion des fonds océaniques produit des pistes magnétiques là où il y a inversions géomagnétiques (Figs. 17b and c); ou (b) convergentes, où une plaque plonge ou bien est subduite dans le manteau en dessous, ce qui produit des volcans lorsque la plaque subduite atteint une profondeur de +/- 100 km (Fig. 17b et d); ou (c) rejetées dans des bassins de décrochement, où les plaques se déplacent latéralement les unes à côté des autres (Fig. 17b). Le mouvement des plaques est activé par : (i) la pesanteur, produisant leur éloignement des dorsales médio-océaniques sur la couche légèrement descendante à faible vitesse; (ii) ou la succion dans les zones de subduction (Keppie 2015). Ce processus est facilité par une conversion en minéraux plus denses selon la profondeur (p. ex. amphibole en pyroxène dans l'amphibolite et l'éclogite; ou encore (iii) la friction entre la convection mantellique et la base de la lithosphère (Fig. 11c); et (iv) des forces reliées à la rotation de la Terre (Neith, 2011). La déshydratation des sédiments subduits et de la croûte océanique a comme résultat la génération de magma dans la cale mantellique au-dessus (Fig. 17d) qui est rejeté sous forme de chaînes volcaniques, comme « L'anneau de feu » entourant l'Océan Pacifique. Le processus de subduction recycle à la fois la lithosphère océanique et le bord extérieur de la plaque continentale lithosphérique (Keppie et al., 2009). Là où le mouvement entre les plaques en subduction et celles qui remontent se voit temporairement bloqué, un échappement subit crée d'intenses tremblements de terre à des profondeurs allant de 10 à 50 km et atteignant des températures de 150 à 350 degrés Celsius. (Fig. 15d) (Klingelhoefer et al., 2010).

2. **Le manteau inférieur** (qui s'étend depuis la base de la lithosphère jusqu'à une profondeur de 2,900 km) est composé de péridotite (silicates Fe-Mg) avec deux changements de densité (ou de phase) : (1) à une profondeur de 410 km où l'olivine devient spinelle), et (2) à une profondeur de 660 km, où le spinelle se change en pérovskite (Si^{IV} en Si^{VI}). Ce dernier représente la séparation entre le manteau supérieur et le manteau inférieur. Les cellules de convection dans le manteau (Tanimoto and Lay, 2000) sont conçues : ou comme impliquant l'asthénosphère en entier; ou bien comme des cellules de convection séparées dans les manteaux supérieur et inférieur (Fig. 11c). La convection dans le manteau recycle la lithosphère subduite, qui peut s'accumuler dans des cimetières de plaques soit à la discontinuité des 660 km, soit à la frontière du manteau avec le noyau. La fonte de ces accumulations produit des courants ascendants et des panaches (Fig. 11c). Les courants ascendants apparaissent comme des dorsales médio-océaniques au-dessus desquelles on trouve un flux de chaleur intense. La plupart des dorsales se trouvent sous la mer et n'en brisent la surface que très rarement, p. ex l'Islande. D'autre part, les panaches produisent des volcans isolés ou des chaînes volcaniques à mesure que les plaques de la lithosphère se déplacent par-dessus le panache, p. ex l'archipel Hawaïen.
3. **Le noyau** est composé de deux parties, un noyau intérieur liquide et un noyau extérieur solide. Le noyau intérieur (à une profondeur de 2,900 à 5155 km) est constitué de Fe-Ni-S en état liquide avec des cellules de convection et produit une dynamo (Fig. 14a). Les cellules de convection (tourbillons) sont composées de particules chargées d'électricité qui créent le champ magnétique de la terre (Fig. 14a) (Christensen, 2011,

Geodynamo: USGS, 2013). L'orientation des tourbillons est déterminée par la Force de Coriolis et la convection est activée par le flux calorique du noyau intérieur. Des inversions périodiques des champs magnétiques ont été enregistrées dans le fond océanique et ont été schématisées par *Glatzmaier et Roberts (1995)*. Le noyau intérieur (à une profondeur de 5,155 à 6371 km) est composé principalement de Fe-Ni en alliage, avec de faibles quantités d'or, de platine et d'éléments sidérophiles. On pense que le noyau intérieur est de nature cristalline, ayant une structure hexagonale ou cubique qui pourrait être alignée (*Lythgoe et al., 2014*).

Appendice #3:

Forces, Champs, Énergie et particules élémentaires

La Terre est la source de deux des forces fondamentales de l'univers : *la pesanteur et l'électromagnétisme*, qui produisent des champs dont la force varie inversement à la distance. Ces deux forces fondamentales agissent sur des distances infinies et sont vécues par tous les organismes vivants. L'électromagnétisme est puissant – il exerce de l'attraction et de la répulsion, alors que la pesanteur n'exerce que de l'attraction. Les deux autres forces fondamentales sont la force nucléaire forte et la force nucléaire faible. Celles-ci agissent à l'échelle atomique. Toutes les quatre forces impliquent l'échange d'une ou plusieurs particules.

La force de **la pesanteur** implique l'échange du *graviton*, et bien qu'on n'ait pas encore observé directement le graviton, on pense que des événements violents qui ont lieu dans l'univers produisent des ondes gravitationnelles (des ondulations dans la trame espace-temps) – la coalescence d'étoiles, les trous noirs, les pulsars, et les événements produits par les supernovae dans la Voie lactée et dans les galaxies extérieures. On en est actuellement à tenter d'observer des ondes gravitationnelles (<http://www.ego-gw.it/virgodescription>). Le graviton n'a aucune masse lorsqu'il est au repos. La pesanteur crée de la convection dans le noyau extérieur, dans l'asthénosphère, dans les océans et dans la troposphère, et produit la traction lithosphérique des plaques. La lithosphère subduite peut être extrudée jusqu'à la surface, ou bien peut s'accumuler dans des cimetières de plaques à une profondeur de +/- 6609 km et aussi à la frontière du manteau avec le noyau (*Spasojevic et al., 2010*). La fonte de ces accumulations semble être à l'origine des panaches mantelliques et des dorsales médio-océaniques. Ce processus renouvelle la surface de la Terre en donnant naissance à une nouvelle lithosphère par activité volcanique. L'atmosphère de la terre est maintenue en place par la pesanteur, dont l'intensité dépend de la taille de la terre. La vapeur d'eau de la troposphère règle les températures de surface en absorbant de l'énergie solaire et de la radiation thermique provenant de la surface de la Terre. L'air de la partie inférieure de l'atmosphère est protégé contre les rayons nuisibles et possède la composition nécessaire pour permettre la vie sur terre. Nous percevons les différences de température grâce à notre sens de la chaleur, et nous détectons la vapeur d'eau par notre respiration. L'ozone de la stratosphère absorbe les rayons ultraviolets nuisibles et fournit ainsi les conditions favorables à l'existence de la vie sur la surface de la Terre (*ESA, 2012*). Des particules chargées provenant de la terre (de la mésosphère et de la thermosphère) modèrent les radiations extra-terrestres; en particulier, c'est l'ionosphère qui bloque les rayons X et les rayons ultraviolets extrêmes (Fig. 18). La force de la pesanteur est centrée dans le noyau intérieur de la terre, où l'on trouve les plus fortes densités. Mais toutes les formes de

matière qui se trouvent sous la surface de la Terre augmentent la force gravitationnelle que l'on vit sur la surface. La force gravitationnelle diminue selon l'altitude. Pour l'être humain, elle est à l'origine du sens de l'équilibre.

La force **électromagnétique** implique à la fois l'attraction et la répulsion des charges électriques qui maintiennent l'unité des atomes et des molécules. Le rôle que jouent les trois autres forces fondamentales est relativement négligeable en comparaison avec la force électrique. Les forces magnétiques et électriques impliquent l'échange de photons entre deux particules chargées – p. ex. le quantum élémentaire d'énergie de lumière ou d'autres rayons électromagnétiques. La portée infinie de la force électromagnétique est due à la masse zéro du photon en repos. La convection au niveau du noyau extérieur produit le champ magnétique, qui diminue inversement au carré de sa distance de la frontière noyau-manteau. La magnétosphère fait dévier la plupart des effets du vent solaire et des rayons cosmiques, protégeant ainsi l'atmosphère supérieure contre l'érosion et par le fait même protégeant la terre et toutes les formes de vie contre les particules chargées. Quelques espèces animales se servent du champ magnétique de la terre pour s'orienter et pour naviguer; et on a montré très récemment que la rétine de l'œil humain peut aussi être sensible au champ magnétique (*Foley et al.*, 2011).

Bien que la **force nucléaire forte** soit la plus forte des quatre forces fondamentales, sa portée est limitée au noyau atomique. Les gluons sont les particules d'échange pour la force de couleur entre les quarks. La force nucléaire forte lie ensemble : (a) les protons et neutrons qui forment le noyau de l'atome; et (b) les quarks entre eux, formant ainsi les protons, les neutrons, et d'autres particules hadrons. Lorsque cette énergie liante est libérée, elle crée la force nucléaire. Sans la force nucléaire forte, la vie n'existerait pas.

La **force nucléaire faible** possède elle aussi une portée limitée (0.1% du diamètre d'un proton), et elle facilite la décomposition des particules nucléaires pour former les noyaux lourds et pour créer la formation et la fusion du deutérium qui fait que le soleil brûle. La force nucléaire faible implique l'échange entre W et Z, des vecteurs bosons intermédiaires. La décomposition radioactive se fait dans toutes les couches de la terre, et existe depuis l'origine de la terre, il y a 4.54 billions d'années (Grant, 1996). La chaleur créée par la décomposition radioactive est libérée par les processus de convection, de conduction et d'advection : approx. 24% à partir de la croûte, 54% à partir du manteau, et 22% à partir du noyau (Fig. 11). La grande majorité de la décomposition radioactive se produit dans l'uranium (32%), dans le thorium (32%), et dans le potassium (16%), et crée plus ou moins la moitié de toute la chaleur qui se dégage de la terre (*KanLAND*, 2011). On pense que l'autre moitié provient de la chaleur primordiale résiduelle qui migre jusqu'à la surface de la Terre (*Turcotte et Schubert*, 2002). Le flux calorifique est le plus fort là où la matière mantellique monte jusqu'à la surface au-dessus des dorsales médio-océaniques et des panaches (Fig. 12b). La chaleur générée par la terre ne constitue que 0.03% de l'énergie que l'on rencontre sur la surface de la Terre – la plus grande partie est fournie par le soleil (*Archer*, 2012) (Fig. 11). La totalité de la chaleur, celle provenant de l'intérieur de la terre et celle fournie par les rayons solaires, est perçue grâce à notre sens de la chaleur. L'origine des éléments radioactifs se serait produite en même temps que la création de l'univers – le Big Bang (*Peebles et al.*, 1994). Mais, selon Stephan Hawking (2010), dans le postulat « *no boundary* », l'histoire de l'univers dans un temps reculé

imaginaire est analogue à la surface de la Terre : elle est limitée quant à sa superficie, mais n'a pas de frontière, et il n'y a pas d'événements « singuliers » tels le Big Bang. Selon le modèle « *no boundary* », on envisage l'univers comme ayant été en expansion à partir d'un « pôle Nord », jusqu'à atteindre un « équateur », à quel point il commence à se rapetisser de nouveau jusqu'à un « pôle Sud ». Ensuite, ce cycle se répète. À ses débuts, l'expansion produisait surtout de l'hydrogène et de l'hélium qui se sont par la suite condensés pour créer des supernovae; ceux-ci ont subi un effondrement gravitationnel, ce qui a provoqué la fusion d'éléments plus légers pour produire des éléments lourds tels que les isotopes (nickel, fer, cobalt, manganèse, chrome, vanadium, titanium); et encore d'autres éléments (silicone, soufre, chlore, argon, sodium, potassium, calcium et scandium). Ces derniers ont été par la suite incorporés dans la composition du système solaire et de la terre. L'expansion initiale aurait également créé la force nucléaire forte et la force nucléaire faible.

Références pour les appendices (toutes les références sont celles de l'auteur, et sont donc en langue anglaise)

- Archer, D. 2012. *Global Warming: Understanding the Forecast*, Wiley Press.
- Arenson, A. 1914. *The interior of the earth*. Lecture:
<http://www.rsarchive.org/RelAuthors/ArensonA/InterioroftheEarth.php>.
- Budig, K. 2012. *The Women's Health Big Book of Yoga: The Essential Guide to Complete Mind/Body Fitness*.
- Christensen, U.R. 2011. Geodynamo models: Tools for understanding properties of Earth's magnetic field. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 187, 157–169.
- Cosmicopia, 2012. <http://helios.gsfc.nasa.gov/magnet.html>.
- ESA. 2012.
http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/Earth_s_magnetic_field_provide_s_vital_protection.
- Foley, G.E., Gegeer, R.J., and Reppert, S.M. 2011. Human cryptochrome exhibits light-dependent magnetosensitivity. *Nature Communications*, v. 2, p. 356-359. DOI: 10.1038/ncomms1364.
- Glatzmaier, G. A. and Roberts, P. H. 1995. A three-dimensional self-consistent computer simulation of a geomagnetic field reversal. *Nature* 377 (6546): 203–209.
- Grant, N. 1996. Radioactivity in the history of the Earth. *Newsletter Articles Supplement*, no. 2, p. 12-30.
- Hawking, S. 2010. *The illustrated brief history of time*. Bantam Dell, NY, 248 p.
- KamLAND. 2006. First Measurement of Geoneutrinos at KamLAND. *Research/News*:
<http://www2.lbl.gov/Science-Articles/Archive/NSD-KamLAND-geoneutrinos.html>
- KamLAND collaborators. 2011. Partial radiogenic heat generation model for earth revealed by geoneutrino measurements. *Nature Geoscience*, v. 4, p. 647-651.
- Keppie, D.F., Currie, C.A., and Warren, C. 2009. Subduction erosion modes: Comparing finite element numerical models with the geological record. *Earth and Planetary Science Letters*, v. 287, p. 241–254.
- Keppie, D.F. 2015. How the closure of paleo-Tethys and Tethys oceans controlled the early breakup of Pangaea. *Geology*. doi:10.1130/G36268.1.
- Klingelhoefer, Gutscher, et al. 2010. Limits of the seismogenic zone in the epicentral region of the 26 December 2004 great Sumatra-Andaman earthquake: Results from

- seismic refraction and wide-angle reflection surveys and thermal modeling. *Journal of Geophysical Research*, v. 115, B01304, doi:10.1029/2009JB006569, 2010.
- Klocek, D. 2008. As above, so below. In *The Inner Life of the Earth, Exploring the Mysteries of Nature, Subnature, and Supranature*, P.V. O'Leary (ed.), Steiner Press, p. 39-68.
- Lythgoe, K.H., Deuss, A., Rudge, J.F., and Neufeld, J.A. 2014. Earth's inner core: Innermost inner core or hemispherical variations? *Earth and Planetary Science Letters*, v. 385, p.181–189.
- Mitchell, D.S. 2008. Evil: our dance partner through life. In *The Inner Life of the Earth, Exploring the Mysteries of Nature, Subnature, and Supranature*, P.V. O'Leary (ed.), Steiner Press, p. 1-38.
- NASA. 2014. <http://astrobob.areavoices.com/tag/earth/> Naydler, J. (ed.) 1996. *Goethe on Science*. Floris Books, 141 p.
- Neith, K. April 15, 2011. Caltech researchers use GPS data to model effects of tidal loads on Earth's surface. Caltech. Retrieved August 15, 2012.
- Peebles, P.J.E., Schramm, D.N., Turner, E.L. & R.G. Kron 1994, "The Evolution of the Universe", *Scientific American*, 271, 29 - 33.
- Roberts Artal, L. 2013. Guest Post: Solar Storms and the Earth's Protective Shield. *European Geophysical Union*.
<http://blogs.egu.eu/network/geosphere/2013/03/15/guest-post-solar-storms-and-the-earths-protective-shield-laura-roberts-artal/>
- Spasojevic, S., Gurnis, M., and Sutherland, R. 2010. Mantle upwellings above slab graveyards linked to the global geoid lows. *Nature Geoscience* 3 (6): 435. doi:10.1038/NGEO855.
- Steiner, R. 1883. *Einleitung zu Goethes Naturwissenschaftliche Schriften*. ISBN 3-7274-5180-7.
- Steiner, R. 1906, 4 September. Lecture 14: Rosicrucian training – the interior of the earth – earthquakes and volcanoes, Schmidt Number: S-1376.
- Steiner, R. 1909. *The Principle of Spiritual Economy*, GA 111, 11/6/1909.
- Steiner, R. 1911, 28 December. Good and Evil: creation and death, in *Evil*, Rudolf Steiner Press, 1997.
- Steiner, R. 1924b, 14 and 21 March. Lessons 5 and 6, *Esoteric Lessons for the First Class of the Free School for Spiritual Science at the Goetheanum*.
- Tanimoto, T., and Lay, T. 2000. Mantle dynamics and seismic tomography. *Proceedings National Academy of Science, USA*. v. 97/#23, p. 12409–12410, doi: 10.1073/pnas.210382197.
- Turcotte, D.L., and Schubert. G. 2002. Cambridge University Press, 456p.
- USGS (US Geological Survey). 2007. <http://sciencelearn.org.nz/Contexts/Icy-Ecosystems/Sci-Media/Images/Crustal-plates>
- Wachsmuth, G. 1932. *The etheric formative forces in the cosmos, earth and man*. The Anthroposophical Publication Co., London and New York, v. 1, 244 p.