

# ORIGINE DE LA VIE ET DE L'HOMME

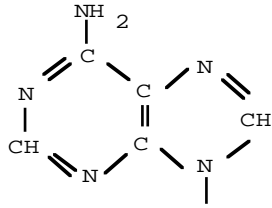


Louis Gacôgne

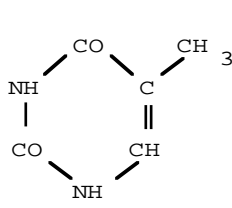
1999

## PREAMBULE (Définitions dans le sens ascendant)

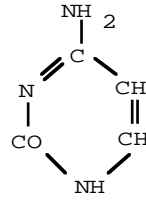
**Nucléotide** : molécule élémentaire au sein de l'ADN, il y en a quatre :



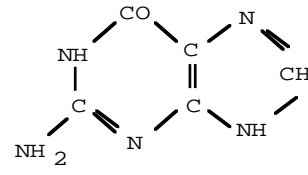
Adénine



Thymine



Cytosine



Guanine

Dans le double brin de l'ADN ces molécules sont toujours A vis-à-vis de T ainsi que C avec G.

**Acide aminé (codons)** : triplet formé avec 3 molécules A, T, C, G, mais plusieurs groupements sont équivalents. Il y a donc 64 nucléotides, mais certains ayant les mêmes propriétés chimiques, il n'y a en fait que 20 acides aminés communs à tous les êtres vivants (les 3 codons notés // jouent le rôle de séparateurs) :

Première lettre	Seconde lettre				Troisième lettre
	T	C	A	G	
T	PHÉnylalanine	SERine	TYRosine	CYStéine	T
	...	...	...	...	C
	LEUcine	...	//	//	A
C	...	...	//	TRYptophane	G
	...	PROline	HISTidine	ARGginine	T
	...	...	...	...	C
	...	...	GLUtamique acide	...	A
	...	...	...	...	G
A	ISOLencine	THRéonine	ASPargine	SER	T
	...	...	...	...	C
	...	...	LYSine	ARG	A
G	METHionine	...	...	...	G
	VALine	ALANine	ASP	GLYcine	T
	...	...	...	...	C
	...	...	GLU	...	A
...	...	...	...	G	

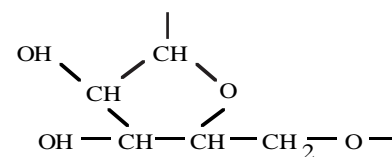
Une certaine régularité a conduit à nommer y = T ou C la pyrimide et r = A ou G la purine. Les premiers acides aminés ont été synthétisés pour la première fois par Miller en 1953, puis des chaînes comme le ribose en 1978 puis l'adénosine triphosphate (ATP), le combustible interne aux cellules utilisé par tous les êtres vivants.

La méthionine ATG débute le codage de toutes les protéines, TAA, TAG et TGA sont des séparateurs de gènes au sein de l'ADN et indiquent la fin d'un processus de réplication dans les ribosomes.

**Biopolymères** : molécules géantes (macro-molécule) en séquence, glucides, lipides, protides (polypeptides + protéines)...

**Protéine** : chaîne (d'au moins 100, sinon ce sont des "polypeptides" non coagulant à la chaleur) acides aminés (de l'ordre de  $10^{-8}m$ ), il y en a environ 80000 dont par exemple l'hémoglobine, (l'hémoglobine est aux animaux ce que la chlorophylle est aux végétaux), l'insuline (la première décryptée en 1949), les anticorps, la kératine ... Chaque acide carboxylique - COOH d'un acide aminé ayant une liaison avec "l'amine" - NH<sub>2</sub> du suivant. Parmi les macro-molécules en chaîne, celles qui ont des doubles liaisons, possèdent ainsi des électrons pouvant former un courant électrique le long de la chaîne, c'est le cas des protéines, pigments et vitamines, mais pas des sucres ni des graisses. Les protéines sont fabriquées dans chaque cellule au sein des mitochondries, elle débutent par un signal de début et se terminent par un "peptide signal" qui est l'adresse de leur destination qui sera détruite une fois arrivé.

**ADN** : protéine composée d'une double hélice, les nucléotides sont des radicaux (A en face de T, C en face de G) accrochés au désoxyribose. Chaque tour de spire de rayon  $10^{-9}m$  en contient 10 paires. L'acide phosphorique étant PO<sub>3</sub>OH avec également deux liaisons libres, l'adénosine triphosphate est formée par la formule Adénine - Ribose - Ac. phosphorique - Ac. phosphorique - Ac. phosphorique - H. C'est lui qui libère de l'énergie en rompant la dernière liaison, constituant ainsi l'adénosine diphosphate.



Formule du ribose à 2 liaisons

**ARN** : molécule à simple brin formée avec A, U, G, C, (U = uracyle), accrochés à un support formé de ribose, plus fragile que l'ADN. L'ARN de "transfert" est une molécule spécialisée pour chaque acide aminé, grâce à l'enzyme "synthétase" elle va constituer l'ARN "messenger", de durée de vie réduite, capable de copier une partie d'ADN pour le transmettre aux ribosomes : l'ARN ribosomique.

**Ribosome** L'ARN constitue avec des protéines diverses les "ribosomes", qui grâce à l'ADN qui s'ouvre en deux (pour se reconstituer avec son complémentaire, A avec T, C avec G), sont des machines à reproduire des protéines. Il y a 10 000 à 50 000 ribosomes par cellules. L'ARN est une enzyme.

**Mitochondries** : stocks d'ATP et de petits fragments circulaires d'ADN spécialisés pour la synthèse quelques protéines (une douzaine chez l'homme), réparties dans la cellule, hors du noyau. L'ADN mitochondrial mute plus facilement que celui du noyau et n'est transmis que par la mère.

**Enzyme** : protéine servant à réguler la fabrication de protéines au sein des ribosomes, ce sont des catalyseurs au sens de la chimie. Comme toutes les macro-molécules, elles sont enroulées sur elle-mêmes en hélice. Des éléments éloignés de cette chaîne se trouvent ainsi à proximité favorisant certaines réactions chimiques. De nombreuses macro-molécules sont autocatalytiques, si une telle molécule se constitue fortuitement, d'autres pourront se former plus rapidement grâce à elle. La reproduction est donc un concept chimique avant d'être biologique.

**Chromosome** : longue chaîne ADN en double brin, et repliée en batonnet (la chaîne déroulée ferait 3cm) entourée d'autres protéines (l'histone) et subdivisée en 50 000 à 100 000 gènes soit 3.10<sup>6</sup> nucléotides A, T, C, G dont 5% sont élucidés (le chromosome, découvert en 1953, est visible au microscope électronique).

Les bactéries possèdent 1 chromosome, la mouche 8, le petit pois 14, le radis 18, le maïs 20, la souris 40, l'homme 46, le chimpanzé 48 et le chien 78.

**Gène** : plus petite molécule susceptible d'être répliquée ou plus généralement de synthétiser une protéine particulière. Un gène est une suite contenant jusqu'à 1000 nucléotides.

**Cariotype** : organisation en chromosomes, nombre et diploïdie ou non (groupement par paires), il n'y a pas de rapport clair avec le phénotype. L'homme ayant 46 chromosomes, possède environ 10<sup>6</sup> gènes soit 10<sup>9</sup> acides aminés d'où 3.10<sup>9</sup> nucléotides ou bases.

**Allèles** : variantes pour un gène.

**Diploïdie** : (majorité des espèces) fait d'avoir des paires comme XY (hétérozygote) pour l'homme, produisant des gamètes haploïdes pour moitié avec X, l'autre moitié avec Y, et XX (homozygote) pour la femme. Chez certaines espèces (nasonia hyménoptère) la femelle est diploïde, le mâle haploïde.

**Récessivité-Dominance**, en diploïdie, un gène est récessif ou dominant. Par exemple des parents de groupes sanguins A resp. B ont les gènes AO, resp. BO et produisent un enfant du groupe récessif OO avec une probabilité 0.25 (transmission mendélienne). Si 3 allèles à dominances  $\mathbf{A} > A > a$  de fréquences respectives p, q, r telles que  $p+q+r=1$  sont possibles en un même locus, les génotypes locaux seront  $\mathbf{AA}, \mathbf{AA}, \mathbf{Aa}$  où  $\mathbf{A}$  domine avec la fréquence  $p^2+2pq+2pr$ ,  $\mathbf{AA}, \mathbf{Aa}$  où  $\mathbf{A}$  domine avec  $q^2+2qr$  et  $\mathbf{aa}$  de fréquence  $r^2$ . C'est le cas des groupes A, B, O mais aussi du pelage du lapin : Coloré > himalayen > albinos.

**Homozygotie, hétérozygotie** : gènes identiques ou non aux locus correspondants des paires. La convergence vers l'homozygotie est d'autant plus rapide que l'effectif d'une population est faible.

**Génotype** : organisation d'une chaîne chromosomique, des chromosomes très voisins comme ceux du chimpanzé et de l'homme entraînent des phénotypes relativement voisins.

**Génome** : ensemble des gènes présents dans chaque cellule d'un individu d'une espèce. Les différences sur le génome entre les hommes actuels portent sur 2% de l'ensemble, cette différence entre l'homme actuel et le néanderthal est de 7%, et entre l'homme et le chimpanzé de 15%.

**Phénotype** : structure extérieure de l'être vivant, sa morphologie et son potentiel de compétences sont déterminés par le génotype. Le phénotype est la description d'une espèce.

**Virus** : être reproductible mais parasite (taille 10<sup>-7</sup>m) formé d'une chaîne ADN ou même ARN ne pouvant avoir que 5000 nucléotides (moyenne 3000 gènes environ), entouré d'une coque.

**Bactérie** : cellule animale sans noyau, ayant 1 seul chromosome d'environ 3 000 000 de gènes (taille 10<sup>-6</sup>m). La biomasse des bactéries est probablement supérieure à celle du reste du monde vivant, de même que la biomasse des insectes est nettement supérieure à celle des autres animaux.

**Bactéries anaréobies** : sans besoin en oxygène, elles peuvent vivre jusqu'à 3km de profondeur dans les roches.

**Procariotes** : cellules sans subdivisions : les bactéries et certaines algues bleues (dès 3,6 G années).

**Cellule** : plus petite unité de vie, contenant toutes les informations pour sa reproduction grâce aux chromosomes de son noyau (taille environ 10<sup>-5</sup>m).

**Eucariotes** : cellules avec subdivisions contenant des mitochondries et des chloroplastes chez les végétaux (2 G années).

**Protiste** : être unicellulaire, exemple la paramécie (ciliée), ou l'algue chlamydomonas.

**Métazoaires** : animaux pluricellulaires, l'homme possède environ 6.10<sup>13</sup> cellules mais héberge 10<sup>14</sup> organismes unicellulaires dans son intestin.

**Autotrophes** : êtres vivants transformant l'énergie lumineuse en énergie chimique (les plantes).

**Hétérotrophes** (animaux et champignons) : êtres vivants ne fabriquant pas leurs aliments.

**Litho-autotrophes** bactéries souterraines puisant leur énergie dans les roches. Les archaeobactéries sont anaérobies, certaines se nourrissent de soufre, d'autres prolifèrent à plus de 100°, d'autres au fond des océans, certaines résistent aux rayons  $\gamma$ ...

## L'EVOLUTION

**Evolution darwinienne** : (fin du XIX<sup>e</sup> siècle) par croisements, la population d'une espèce se renouvelle et des mutations accidentelles de très faibles probabilités peuvent modifier dans un sens ou dans l'autre les aptitudes d'un individu et par suite favoriser ou non la possibilité qu'il aura de se reproduire. Un individu muté dans le sens d'une plus grande performance (suivant certains critères, ne serait-ce que la longévité) aura alors plus de chance de se reproduire et donc de transmettre à sa descendance son nouveau code. C'est la fameuse théorie darwinienne de la sélection naturelle.

**Le néo-darwinisme** (début du XX<sup>e</sup> siècle) c'est le stade de la connaissance, une fois acquis le mécanisme de la sélection naturelle et les lois de Mendel sur l'hérédité.

**Lamarckisme** transmission des caractères acquis, cette position sous-entendant un but à l'évolution, s'applique plus aux évolutions culturelles qu'à l'évolution naturelle.

**Le saltationisme** ou théorie des équilibres ponctués, (Gould, fin du XX<sup>e</sup> siècle), prétend que l'évolution n'est pas régulière mais se fait relativement rapidement au cours de transitions de quelques millions d'années voire quelques centaines de milliers, suivies de phases plus longues où il n'y a peu ou pas d'évolution.

**Le neutralisme** (Kimura) la plupart des mutations n'ont aucune incidence et le hasard permet donc d'apprécier l'horloge chromosomique avec l'hypothèse de la régularité des taux de mutations.

**Opérateurs génétiques** Les transitions entre générations se font par «opérateurs génétiques» c'est à dire des «fonctions aléatoires». L'opérateur le plus simple est la mutation, un gène est remplacé par un autre aléatoirement choisi, par exemple au chromosome ABCBBAC → ABEBBAC. Des mutations bien particulières peuvent se produire, ainsi la transposition : deux gènes aléatoirement choisis sont permutés ABCEBACD → ABAEBCCD, ou l'inversion : une coupure est choisie et les deux parties sont permutées ABCBDEA → DEAABCB, l'inversion partielle : un segment du chromosome est inversée ABCDEFDCD → ABCDCDFED etc. Dans la réalité, une mutation peut aussi n'affecter qu'un seul nucléotide et donc éventuellement ne rien changer, ou bien elle peut être l'ajout ou le retrait d'un nucléotide perturbant ainsi toute la chaîne.

Le cross-over à deux sites ou "croisement": deux parents engendrent deux enfants en échangeant une partie choisie aléatoirement : AABEDABC, DACBCDAE → AACBCABC, DABEDDAE.

Déletion : absence d'une partie du génome (qui peut rester viable chez les diploïdes hétérozygotes).

Duplication : redondance d'une partie du génome.

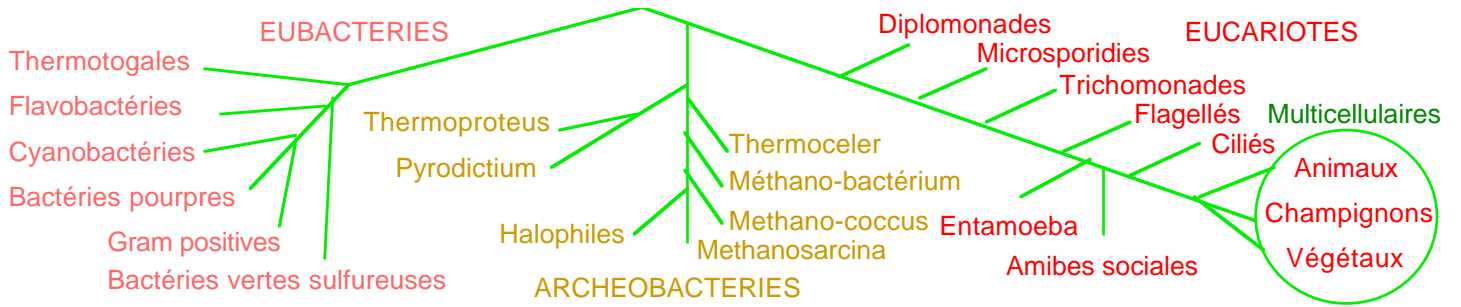
Translocation : un segment de chromosome va sur un autre chromosome.

Aneuploïdie : modification de nombre de chromosomes.

Euploïdie : modification normale liée à l'espèce (les hyménoptères sont haploïdes pour le mâle, diploïdes pour la femelle, les ranidés sont triploïdes, un des lots chromosomiques est éliminé lors de la méiose. Chez les tétraploïdes chaque gamète est diploïde, certains fraisiers sont octoploïdes, des fougères sont 84-ploïdes.

**Reproduction** La reproduction qui caractérise la vie se fait essentiellement par mitose ou scission d'une cellule en deux et essaimage (bactéries, végétaux, quelques invertébrés), ou dans le cas de la diploïdie, par méiose ou production de deux gamètes n'ayant que la moitié du génome chacun, la fécondation ultérieure de deux gamètes produites (sauf autofécondation chez quelques espèces) par des individus différents (généralement marqués par deux "sexes" chez des végétaux et la plupart des animaux) conduit à des individus originaux et non des répliques de leurs parents. Cette technique élaborée au départ par des bactéries a considérablement accéléré l'évolution.

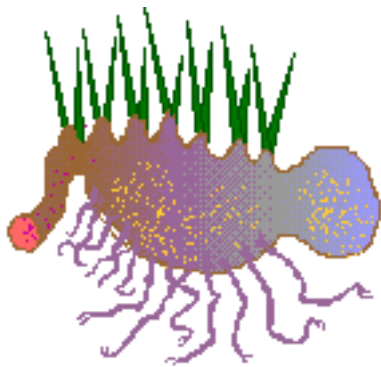
**Les règnes du vivant** On distingue désormais 5 règnes, les monères ou cellules procariotes (sans noyau), les protistes (une cellule avec noyau), les végétaux, les champignons et les animaux. Mais ce n'est que le schéma actuel, un arbre plus détaillé suivant les proximités génomiques serait :



**Embranchements** Chaque règne peut être divisé en embranchements puis en classes, ordres, familles, genres et espèces. Les embranchements animaux principaux sont les éponges, coraux, annélidés, mollusques, échinodermes, arthropodes et vertébrés. Chaque embranchement correspond à une architecture générale de l'anatomie.

**Espèces** l'espèce est définie comme un plus grand ensemble endogame d'êtres vivants.

Au cambrien, l'évolution a exploré des formes de vie extravagantes dont plusieurs embranchements ont complètement disparu depuis, ainsi :



L'Hallucigenia comporte une queue ou trompe, 6 petits tentacules, 7 tentacules fourchus, 7 paires d'épines. On ne peut même pas connaître l'avant et l'arrière ni le haut et le bas de cette créature.



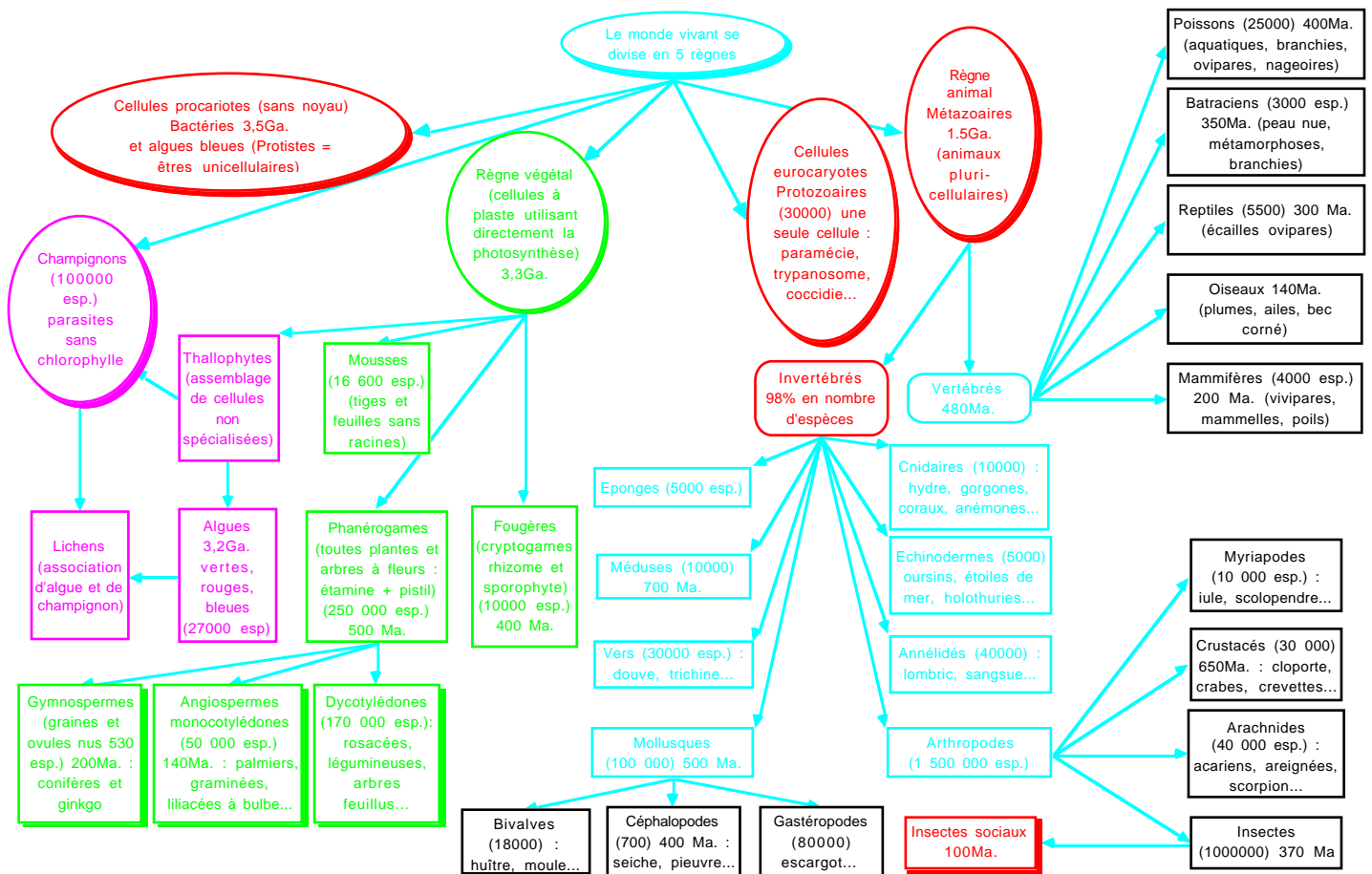
L'Opabinia, possède une trompe annelée et munie d'une dentition, et 5 yeux. Ces deux animaux du cambrien mesurent quelques centimètres.

Eres	date début en M années			
Précambrien			Etres unicellulaires	
	Ediacarien	580		
Primaire	Cambrien	570	Diversification des êtres multicellulaires	Plantes gymnospermes
	Ordovicien	500	Premiers poissons cartilagineux	(à graines nues)
	Silurien	435	Extinction vers -440	
	Dévonien	410	Poissons osseux et extinctions vers -365	
	Carbonifère	360	Amphibiens	Premières plantes à fleurs
Secondaire	Permien	295	Reptiles	(angiospermes)
	Trias	245	Elimination de 96% des espèces marines	
	Jurassique	205	Premiers oiseaux et mammifères	Continent pangée
	Crétacé	135	Elimination des dinosaures	
Tertiaire	Paléocène	65	Expansion des mammifères	
	Eocène	53	Premiers primates	L'Amérique du sud
	Oligocène	34		se détache de l'Afrique
	Miocène	23		L'Inde s'accroche à l'Asie
	Pliocène	5	Premiers hominidés	Faille du rift, accrochage à Panama
Quaternaire	Pléistocène	2	Homo erectus en Asie	
	Holocène		Extinction des espèces d'hominidés sauf une	-15000 remontée des océans

## LES DEBUTS CHAOTIQUES DE LA VIE

La vie date d'environ 3,8 milliards d'années, c'est à dire à peu près en même temps que la solidification de la terre, et a abouti progressivement à la diversification et à la complexification des espèces. Les bactéries existent seules pendant 1,8 milliards d'années, soit la moitié de l'histoire de la vie. C'est grâce à elles que l'atmosphère devient oxygénée, permettant ensuite la phase ultérieure des végétaux.

Les premiers animaux pluricellulaires sont âgés de seulement 670 millions d'années, ce qui fait que la vie monocellulaire a pu durer 4 à 5 fois plus longtemps que la vie pluri-cellulaire. Le cambrien voit les premières méduses (590 Ma) et les premiers arthropodes (550 Ma).



L'évolution n'est en rien régulière, on sait maintenant qu'elle se fait dans toutes les directions possibles durant des phases où la taille des organismes aurait plutôt tendance à augmenter, suivies d'extinctions en masse. Ces extinctions font partie intégrante de l'évolution, c'est même elles qui permettent lors de courtes périodes (quelques millions d'années) suivant les destructions, à la vie d'explorer de nouvelles architectures et de nouvelles fonctionnalités. Le moteur de l'évolution serait donc alimenté par des changements d'environnement climatiques et géologiques avec par exemple des espèces prises au piège d'une île. Une bonne adaptation stoppe l'évolution et peut rendre l'espèce vulnérable, alors que l'instabilité provoque l'extinction ou l'évolution.

Les grandes périodes de diversification de la vie sont celle de l'édicarien (-580 à -550 Ma) où une forme de vie multicellulaire ayant provoqué l'extinction de 75% des espèces unicellulaires a été à son tour suivie par l'"explosion" du cambrien, tous les espaces écologiques recevant des formes de vie adaptées. Celle-ci s'est réalisée au cours de peut-être moins de 10 Ma, une grande diversification est donc apparue, suivie il y a 500 Ma de la troisième grande extinction. Une autre décimation a lieu il y a 440 Ma, puis, le début de la colonisation des continents s'est effectuée vers -400 Ma, puis en -365 Ma, nouvelles éliminations. La quatrième grande élimination se situe il y a 225 Ma à la fin du permien, où 96% des espèces marines furent perdues (notamment les trilobites), après que le moteur de l'évolution ait fourni 450 nouvelles familles d'animaux, à peu près comme au cambrien. Cette extinction provoquée par une baisse des océans correspondant au super-continent "pangée" et une éventuelle désoxygénation de l'atmosphère fut suivie d'une autre à la fin du trias il y a 210 Ma.

La dernière grande extinction, peut être provoquée par la collision d'un astéroïde entraînant une opacité de l'atmosphère est celle, massive, des dinosauriens et d'autres espèces à la fin de l'ère secondaire (il y a 65 Ma), et c'est ensuite que se diversifient abondamment les mammifères.

La vie sur terre est caractérisée par des phénomènes de symbiose, de complémentarité entre végétaux et animaux, entre proies et prédateurs... par le parasitisme, par des cycles reliant la matière inerte comme l'oxygène de l'air.

## LES PREMIERS ANTHROPOIDES

Rythmé par de grandes ou petites périodes glaciaires, en réduisant les terres habitables, la lutte pour l'espace vital s'intensifie et contribue à l'évolution en avivant la compétition pour la vie? C'est ainsi vers 52 Ma apparaissent les premiers Primates avec les Lémuriens.

Les premiers Anthropoïdes de l'Oligocène

vont se différencier en américains) et au x (Chimpanzés, Hominidés). C'est

premier vrai lignés en

Asie et lignés

Outang, il y a 12

différentes zones

l'ouest, le

obligation africaine

Gorilles

En et 11

n'existe En

la partie communes entre communes aux remaniements

Si l'on regarde 8 Ma, on s'aperçoit que les

du Nord-Est du Cameroun les Pré-Gorilles à l'Ouest des Pré-Australopithèques (lignée aboutissant à l'homme moderne) à l'Est, dans la

vallée du rift. On peut noter le rôle important du Sahara qui par son expansion empêche l'extension des grands singes. L'étendue la plus méridionale du Sahara a abouti à l'isolement complet des grands singes et des Australopithèques. Cette "zonation" explique la répartition des mutations entre chaque groupes. Ces trois sous-espèces pouvaient encore se croiser, mais l'isolement géographique des pré-Gorilles par rapport aux pré-Australopithèques a empêché ces croisements.

Avec un isolement géographique, reproductif et génétique grandissant ces trois sous-espèces deviennent de véritables espèces vers -5 Ma. Chaque groupe possède alors un lot de mutations spécifiques. (6 pour les Chimpanzés et les Gorilles, 4 pour les Australopithèques.)

## LES PREMIERS HOMINIDES

Actuellement l'ancêtre des Hominidés n'a pas été trouvé, d'après les études génétiques celui-ci devrait être daté de 5 Ma. Toutefois on a retrouvé des fragments fossiles proche de la forme actuelle. Ceux-ci sont datés de 7,5 Ma et appartiennent à l'Oréopithèque. D'après plusieurs études les premiers Hominidés bipèdes apparaîtraient entre 10 et 7 Ma mais les premières traces fossiles sont datés d'il y a 6 Ma.

Des traces de pas dans des cendres volcaniques datées de 3,7 Ma dans la savane Est-Africaine, attestent de cette bipédie, elle peut être par ailleurs prouvée par la disposition des canaux de l'oreille interne. La bipédie est d'ailleurs maintenant la caractéristique des hominidés. Le passage à la bipédie permet le portage de la nourriture, et donc au mâle d'en ramener à la femelle se consacrant d'avantage à sa progéniture. Par voie de conséquence, cela



terres habitables, l'évolution en que

Platyrrhiniens (les singes en Catarhiniens qui correspondent Cynomorphes et aux Anthropomorphes Gorilles, Orangs-outangs, Gibbons et avec le Proconsul ou Dryopithèque qu'apparaît le anthropoïde (-20 à -10 Ma). Celui-ci va donner 2 différentes. Une partie des Proconsuls va migrer donner les Ramapithèques. Ceux-ci vont donner 2 différentes la première va évoluer en Orang- a 12 Ma, la seconde donnera les Gigantopithèques. Outangs ont seulement 4 mutations particulières, du patrimoine génétique commun à l'autre lignée issue Proconsul.

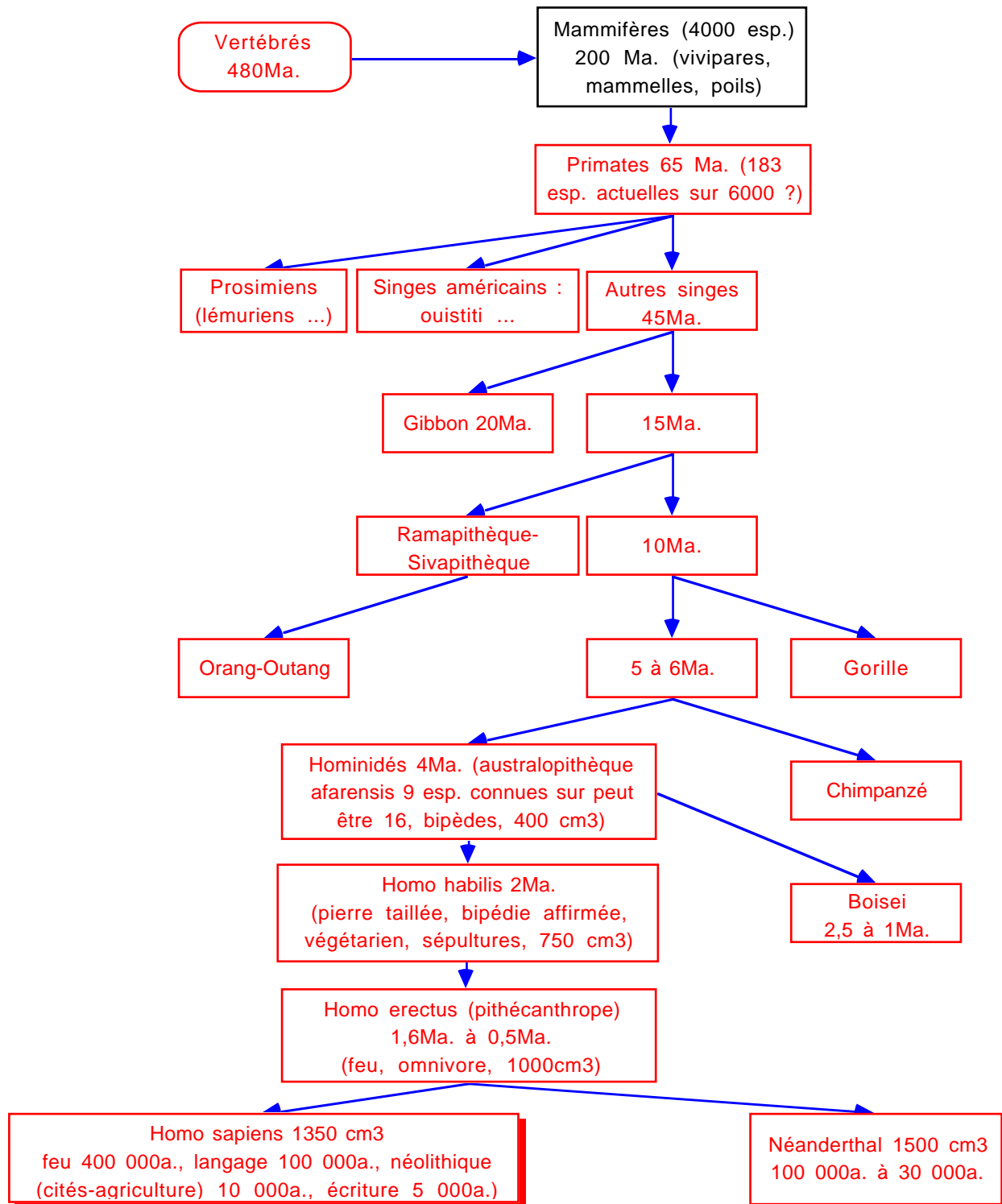
Ma, la faille du rift, provoqua dans l'est africain, une sèche, contraignant les espèces à évoluer, alors qu'à maintien de la forêt humide n'apporte pas cette La bipédie fut alors un avantage à l'est. La lignée du Proconsul va donner un ancêtre commun aux (Pan gorilla), Chimpanzés (Pan troglodytes) et Hommes. effet ces 3 groupes ont 7 mutations particulières en commun chromosomes non mutés identiques. Pour l'instant il pas de fossiles connus de cet ancêtre.

observant le patrimoine génétique des Gorilles, Chimpanzés et Hommes, on s'aperçoit qu'en plus de commune aux 3 groupes, il y a 2 mutations Gorilles et Chimpanzés et 3 autres mutations Chimpanzés et aux Hommes. Il n'y a pas de communs entre Gorilles et Hommes.

la répartition de ces 3 groupes en Afrique, il y a Pré-Chimpanzés ont la plus forte extension qui va jusqu'au Sud du lac Victoria. Cette répartition sépare

les Pré-Chimpanzés à l'Ouest des Pré-Australopithèques (lignée aboutissant à l'homme moderne) à l'Est, dans la vallée du rift. On peut noter le rôle important du Sahara qui par son expansion empêche l'extension des grands singes. L'étendue la plus méridionale du Sahara a abouti à l'isolement complet des grands singes et des Australopithèques. Cette "zonation" explique la répartition des mutations entre chaque groupes. Ces trois sous-espèces pouvaient encore se croiser, mais l'isolement géographique des pré-Gorilles par rapport aux pré-Australopithèques a empêché ces croisements.

peut accroître sa fécondité. Les hominidés (peut être répartis en une dizaine d'espèces) présentent un dimorphisme sexuel, les hommes ayant environ 1,50m et les femmes 1,20m.



Grâce à la découverte de Lucie, un squelette de femme daté de 3,1 Ma., on a pu étudier précisément la posture de ces Hominidés, et en déduire leurs comportements. Lucie ne mesurait qu'un mètre et sa capacité crânienne n'était que de 400 cm<sup>3</sup>. L'absence de Cap de Broca, montrée par les empreintes du cerveau sur le crâne, et la morphologie du larynx, indiquent une incapacité au langage articulé.

Ces premiers Hominidés sont les Australopithèques, afarensis pour les individus trouvés dans des couches de 5 à 3 Ma, africanus pour ceux datés de 3 à 2,5 Ma. Pour tous les Australopithèques, on peut noter l'absence d'outils. Le bassin adapté à la bipédie diffère des bassins simiesques beaucoup plus verticaux. De plus, au niveau cranien, le trou occipital migre pour être dans le prolongement de la colonne vertébrale, facilitant ainsi un port de la tête, droit sans effort. Dans les couches plus récentes que 2,5 Ma on peut retrouver des éclats de tailles en grand nombre et des outils parmi les restes d'ossements et de campements. On retrouve ainsi des Chopping-tools, qui sont des galets aménagés.



## LES PREMIERS HOMMES

Il y a 2 Ma apparaissent les Homo habilis que l'on va retrouver jusqu'à 1,3 Ma. Ces individus d'environ 1,20m à 1,40m, avec un cerveau de 600 cm<sup>3</sup> à 800 cm<sup>3</sup> ont la possibilité d'avoir un langage articulé, on peut désormais parler d'Homme (Homo). Il y a cohabitation de ces premiers Homo avec les derniers Australopithèques (robustes), qui sont beaucoup plus massifs (1,40m) que les premiers spécimens, et dont la capacité crânienne a augmenté (500 cm<sup>3</sup>). On pense que c'est la bipédie qui a pu permettre l'augmentation du cerveau, mais que le cerveau, grand consommateur d'oxygène, entraîne un régime plus riche, notamment carnivore.

C'est avec l'Homo erectus, qui apparaît il y a 1,7 Ma, que l'Homme va coloniser l'Afrique en totalité ainsi que le Sud-Est asiatique avec le Pithécantrope découvert à Java il y a 1,2 Ma et avec le Sinanthrope (homme de Pékin) trouvé en Chine (cerveau de 900 cm<sup>3</sup> et une grande taille jusqu'à 2m).



Il y a 1 Ma, les derniers hominidés disparaissent, sauf une espèce, la nôtre, omnivore, industrielle et donc plus adaptable. Les premières traces d'Hommes mis à jour en Europe sont datés de 950 000 ans dans la grotte du Vallonet à Roquebrune Cap-Martin. On y a découvert uniquement des traces de campement (Outils tels des Choppers, c'est à dire des galets aménagés) mais pas d'ossements humains. Ceux-ci seront mis à jour dans des couches plus récentes (450 000 ans) à Tautavel (Roussillon).

On a pu dater précisément les différents sols d'habitats de la grotte de Tautavel et montrer également les variations climatiques. En effet, les sédiments (la terre de la grotte) vont de 700 000 ans à 100 000 ans. Ainsi il y a 550 000 ans le climat devait être sec et sous l'influence de vents importants car le sol est constitué de sable calibré provenant de la plaine voisine. Les pollens indiquent également que seuls 15 % des végétaux étaient des arbres.

Des restes humains datant de 450 000 ans vont permettre de reconstituer l'Homme de Tautavel :

Le front est fuyant, il y a des bourrelets sus orbitaires, une absence de menton. Ce sont des caractères typiques des Homo erectus. On peut noter également un important dimorphisme sexuel, un nez bas et des orbites rectangulaires et écartées. La taille est de 1,60m à 1,70m, la capacité crânienne est de 1100

cm<sup>3</sup>, enfin la position basse du larynx et l'agrandissement du pharynx s'accroît, la possibilité du langage s'accroît. Mais l'époque du langage (entre -400000 et -40000) reste encore extrêmement imprécise.

Les campements sont organisés en atelier, il y a donc répartition des tâches. On ne trouve pas traces de foyers dans les couches plus anciennes que 400 000 ans, le feu pourrait avoir été utilisé plus tôt, mais c'est une des caractéristiques de l'homo sapiens. Les outils sont variés et caractéristiques de la période Acheuléenne (600 000 à 80 000 ans). On retrouve ainsi des Choppers, Bifaces, Denticulés et Pointes. En étudiant la roche composant ces outils on peut remarquer que les sites de prélèvements sont au maximum distants de 30 km (Distance effectuée en une demi-journée). Cette époque est marquée par un net accroissement du nombre d'outils.

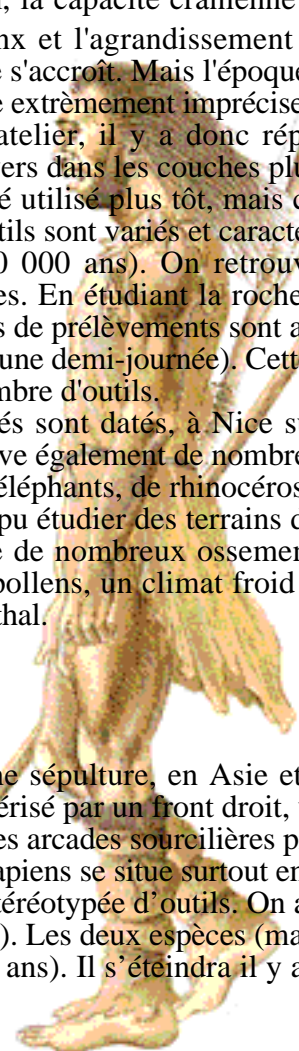
Les premières traces de foyers aménagés sont datés, à Nice sur le site de Terra Amata, de 380 000 ans, on y retrouve également de nombreux outils de la culture Acheuléenne, des ossements d'éléphants, de rhinocéros, de cerfs...

Dans la grotte du Lazaret, très proche, on a pu étudier des terrains de 200 000 à 100 000 ans (époque moustérienne). On y retrouve de nombreux ossements de cerfs, bouquetins, éléphants, rhinocéros, loups, bisons montrant, avec les pollens, un climat froid (Période de glaciation Riss). L'Homo erectus devient proche de l'Homme de Néanderthal.

## LES PREMIERS HOMMES MODERNES

C'est à partir d'il y a 100 000 ans que l'homme enterre ses morts avec une sépulture, en Asie et en Europe. L'Homo sapiens néanderthalensis apparaît donc à cette période, il est caractérisé par un front droit, une capacité crânienne de 1200 à 1600 cm<sup>3</sup> et une taille de 1,70 m. Il conserve toutefois des arcades sourcilières proéminentes et l'absence de menton. Il occupe toute l'Europe tandis que l'Homo sapiens sapiens se situe surtout en Asie.

L'Homme de Néanderthal apporte la culture Moustérienne et une industrie stéréotypée d'outils. On a pu montrer qu'il cohabitait parfaitement avec l'Homo sapiens sapiens (Sépultures mixtes). Les deux espèces (mais on ne sait pas encore s'il s'agit de deux espèces distinctes, on pu ainsi cohabiter 60000 ans). Il s'éteindra il y a 30 000 ans avec l'invasion des sapiens en Europe.



La période allant de peut-être -100000 ans à -40000 ans (paléolithique) est marquée par les sépultures et l'art rupestre, deux choses nécessitant la "conscience de soi", elle même nécessitant le langage articulé. Il est vraisemblable que le rire (qui est le propre de l'homme) date aussi de cette époque.

## L'HOMME MODERNE

Parallèlement à l'Homme de Néanderthal va se développer l'Homme moderne, l'Homo sapiens sapiens. On a pu trouver une sépulture d'enfant, tenant dans ses mains des bois de cerfs, qui indique la naissance d'une pensée religieuse (l'Homme de Cavesey). C'est avec l'homme de Cro-Magnon, il y a 35 000 ans qu'apparaît l'Homo sapiens sapiens. L'Homme moderne effectue une sépulture systématique pour ses morts, on a pu trouver de nombreuses parures, comme celle de l'Homme de Grimaldi, qui indiquent la naissance d'une pensée symbolique (en relation avec le développement des lobes frontaux du cerveau).

Les vêtements sont inventés, et permettent ainsi la colonisation de terres hostiles auparavant, tel que le permafrost de Russie. Les outils sont plus perfectionnés (Couteaux par débitages laminaires des pierres, outils en os tels que des bâtons perforés, des aiguilles ...). Les premières entailles pour compter ou rythmer des récits incantatoires apparaissent au moustérien (-35000), puis l'art mobilier apparaît il y a 30 000 ans avec des sculptures, des statuettes (les Vénus datées de 26 000 ans), des peintures murales (Lascaux il y a 16 000 ans).

Après la fin de la dernière période glaciaire (-10000), il y a 8 000 ans les chasseurs disparaissent peu à peu et se sédentarisent. L'agriculture apparaît il y a 6 000 ans simultanément en plusieurs points du globe : Les cultures de blés et d'orges en Méditerranée, le maïs en Amérique centrale. Avec la sédentarisation une explosion démographique a lieu, il y a formation de villages.

le mil en Afrique, le riz en Thaïlande, la sédentarisation une explosion démographique a lieu, il y a formation de villages.

Les outils sont avancés : meules, haches, céramiques et armes de guerre font

Les premiers génocides ont lieu... L'écriture apparaît 2 000 ans apparaît l'âge du Bronze ainsi que les montagnes Bego dans la vallée des merveilles où l'on retrouve de particulier le dieu Taureau et le dieu Orage. L'âge du Fer ne Nous empiétons déjà sur le domaine de l'Histoire, où connaît une croissance exponentielle.

Nous avons donc pu voir l'évolution de l'Homme au cours on constate que celle-ci respecte les phénomènes évolutifs complexification de caractères, etc... On peut noter une mais ceci n'est dû qu'à notre connaissance plus précise des périodes plus anciennes, le nombre de détails connus étant L'Homme est donc très récent par comparaison à l'âge de Milliards d'années d'évolution sur une période de 1 an, du 1er janvier, l'homme n'apparaît que le 31 Décembre à

leurs apparition. vers - 3 000 ans. En - sacrées telles que le mont nombreuses gravures, en débute que vers -900 ans. l'évolution technologique

des derniers millions d'années, tels que l'augmentation de taille, la accélération de cette évolution, périodes récentes par rapport aux plus important...

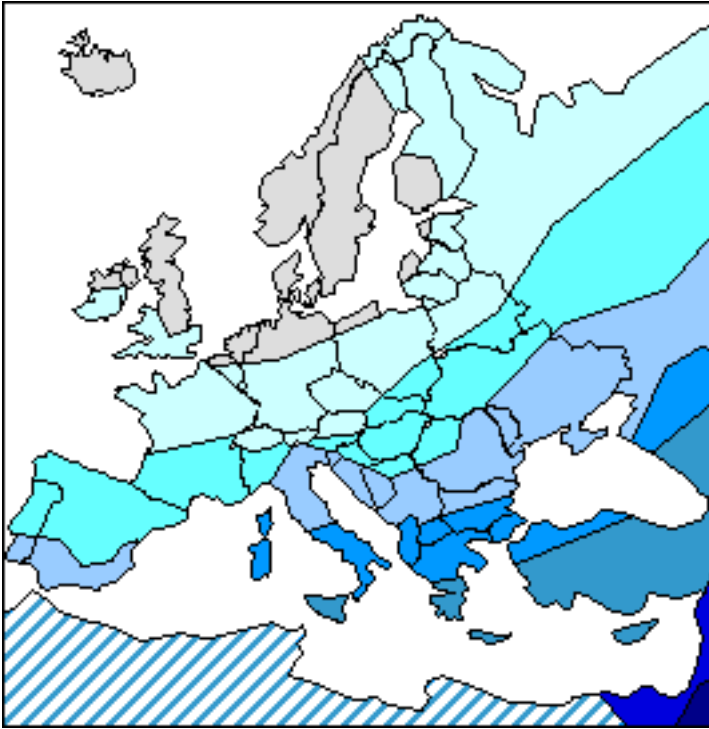
la Terre. Si on ramène les 4,5 la formation de la Terre datée 11 heures du soir.

## ANTHROPOLOGIE DE L'EUROPE

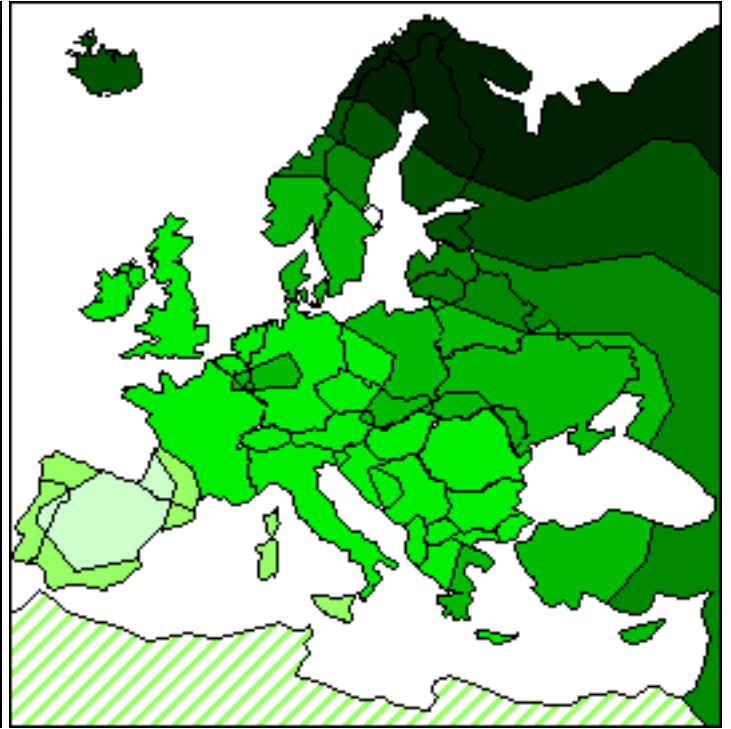
En notant les fréquences d'un certain nombre de en des régions localisées d'Europe, l'analyse suivant consiste à chercher les directions propres (donc des obtenue de façon à pouvoir l'exprimer plus gènes. Bien que très partiels (vis-à-vis du génome moyrn - orient), ces résultats indiqués par des s'interpréter en recoupant des données historiques

gènes sur l e s combinaisons simple ment humain et courbes de et linguistiques.

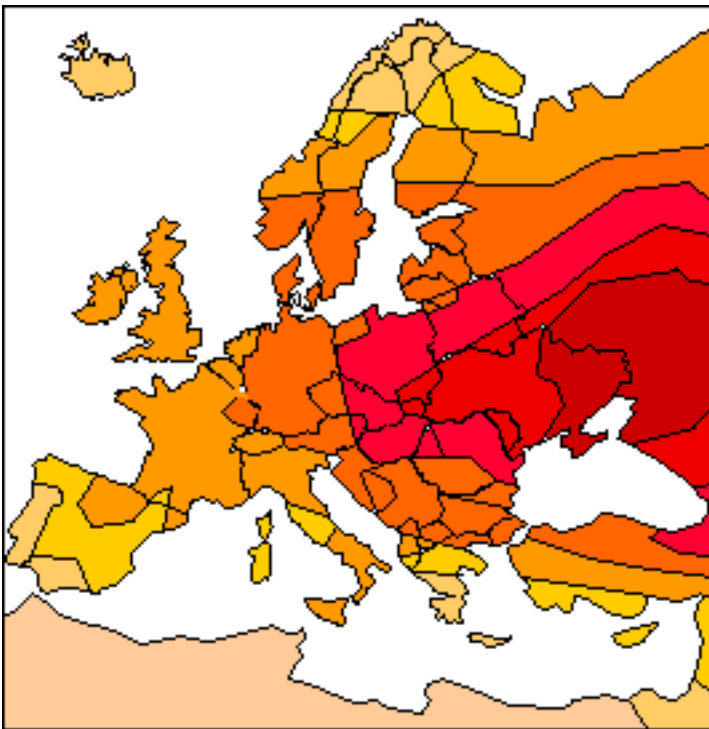
des échantillons populations composantes principales de gènes) de la matrice ainsi suivant ces combinaisons de limités à l'Europe et au niveaux, semblent



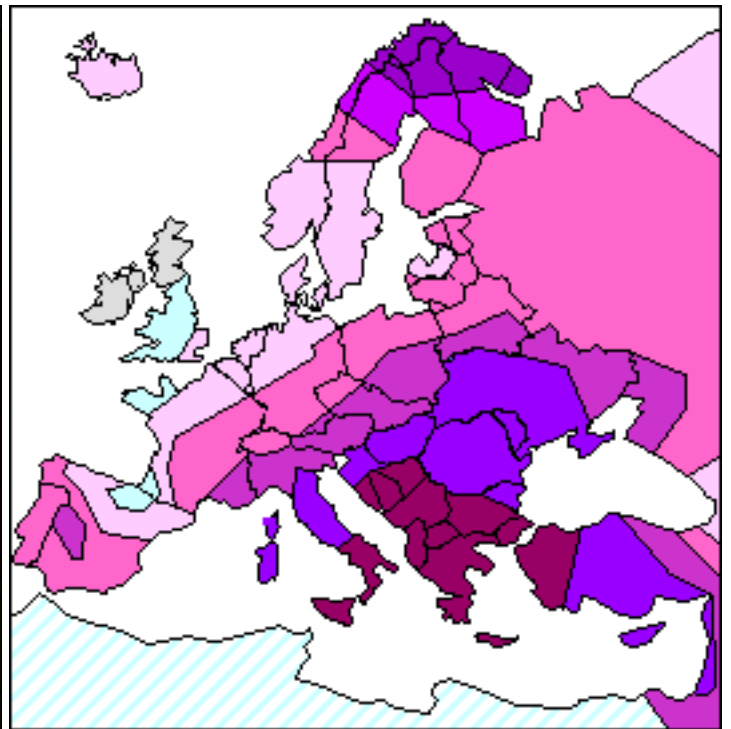
Première composante principale des fréquences de 95 gènes. Elle exprime 28% de la variabilité totale des fréquences. Les courbes de niveaux reflètent de manière fidèle la diffusion géographique de l'agriculture en provenance du moyen-orient au néolithique, c'est à dire après la dernière période glaciaire.



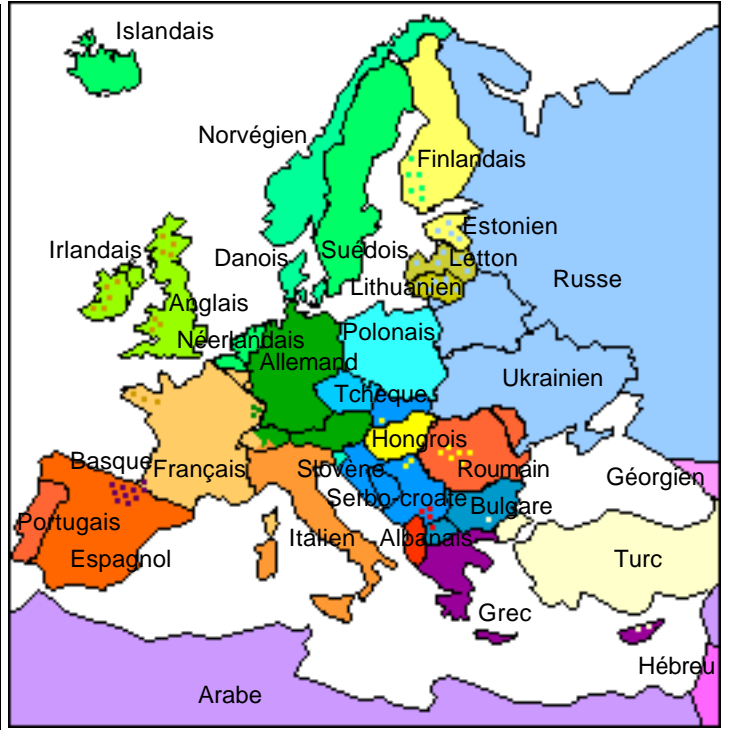
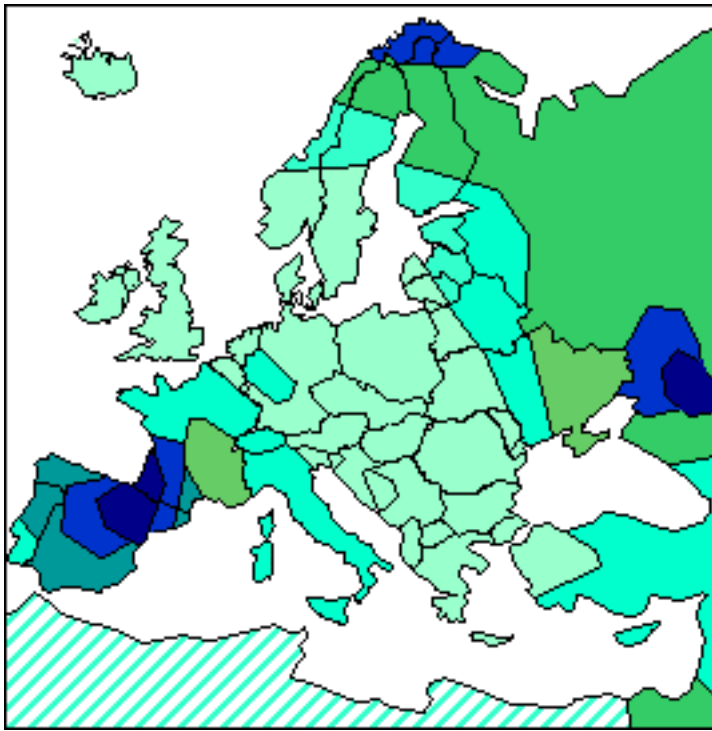
La seconde composante principale (expliquant 22% de la variabilité) représente peut être une adaptation génétique au froid du nord, éventuellement en rapport avec la répartition des langues ouraliennes. Les deux phénomènes étant liés par le fait que des populations ayant migré au nord dans les temps anciens se sont adapté au froid avant de redescendre plus récemment.



La troisième composante principale exprimerait l'expansion des pasteurs nomades indo-européens entre 6000 et 4500 ans grâce à la domestication du cheval.



La quatrième composante présente une forte ressemblance avec l'expansion grecque qui a connu son apogée entre -1000 et -500.

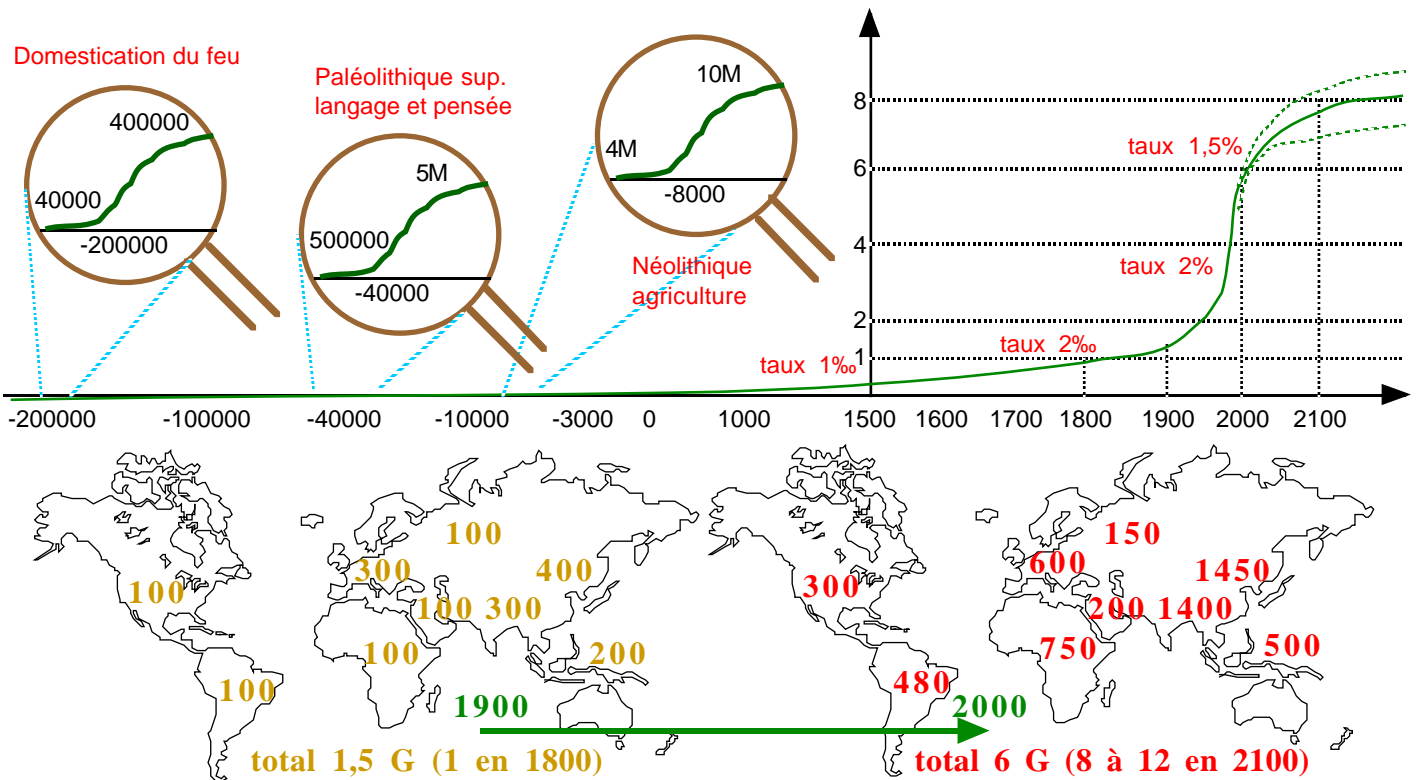


La cinquième composante peut être liée, de manière négative, à l'expansion de l'agriculture en faisant apparaître de quelle façon les populations du paléolithique supérieur ont pu résister à l'avancée des agriculteurs. (Populations résiduelles basque ou du Caucase).

Carte linguistique de l'Europe actuelle, langues indo-européennes (les plus anciennes letton et lithuanien) sauf le basque et des langues ouraliennes (hongrois, finnois, estonien et aussi turc), caucasiennes (géorgien), ou sémitiques (hébreu, arabe).

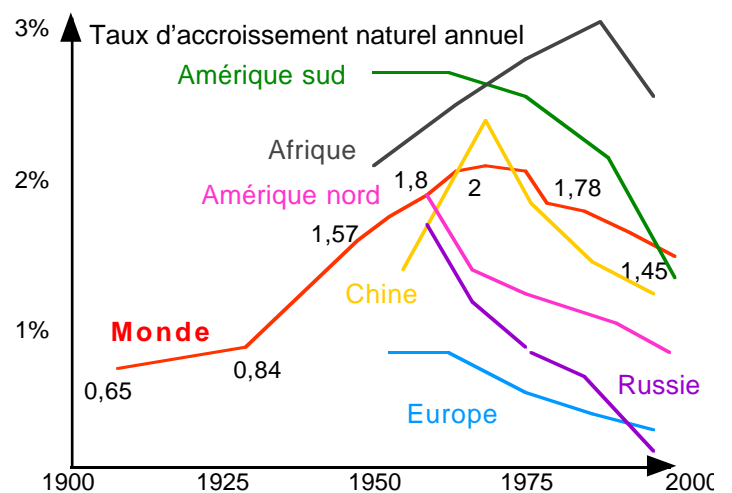
### LA POPULATION MONDIALE

Il est difficile d'évaluer la population humaine, mais on pense que l'homo-sapiens, dernière espèce en date et seule survivante des hominidés, a pris naissance avec un tout petit effectif de quelques milliers. Aux alentours d'il y a 200000 ans avec la domestication du feu, il y aurait eu un saut de 40000 hommes à 400000 hommes en l'espace de quelques dizaines de milliers d'années. L'effectif en -100 000 est estimé à quelques dizaines ou centaines de milliers d'homme de l'Afrique orientale au moyen-orient. Une autre transition, cette fois de 500000 à 5 millions aurait eu lieu aux alentours de -40000 avec les débuts de la communication : le langage, et avec le stockage des aliments. C'est d'ailleurs l'époque du premier peuplement de l'Amérique. En -10 000, époque du néolithique, on aurait entre quelques millions d'hommes et 50M, 100M en -5000 et 200M en -300 à 600M en 1700.



A l'époque historique, en regardant des grandes aires comme l'Amérique du nord, l'Amérique latine, le moyen-orient, l'Afrique, la Russie, qui avaient environ 100 M hab en 1900 et l'Europe, l'Asie centre et sud, l'Asie orientale et l'Asie du sud-est, on pourra constater des taux sans précédent au cours des autres siècles.

Si  $P(t)$  est l'effectif d'une population en  $t$ , et  $P'(t) / P(t)$  son taux d'accroissement naturel, le modèle le plus simple ayant un taux  $P'(t) / P(t) = \rho - k.P(t)$  décroissant suivant l'effectif de la population, entraîne une courbe de population sigmoïdale (en forme de S)  $P(t) = \rho / k(1 + \exp(a - \rho t))$ . Dans les faits, c'est ce qui se produit avec la "transition démographique", c'est à dire l'inflexion de la courbe qui s'est déjà produite pour l'Europe, plus récemment pour certaines régions d'Asie, et est globalement en train de se produire pour l'ensemble du monde. Provoquée par la révolution industrielle (et médicale), cette transition a pu se produire dans le passé (avec des paramètres différents) lors d'autres acquisitions de l'homme. Suivant la date  $a/\rho$  de l'inflexion, la valeur limite  $\rho/k$ , suivant ce modèle se situe entre 8 et 12 milliards d'hommes. Il est trop tôt pour dater avec précision cette inflexion pour l'humanité globale, s'il est commode de retenir la date de 2000, 1975 est peut-être plus juste.



## CONCLUSION

En ce qui concerne la vie et son évolution, il n'y a plus de doute maintenant que l'émergence d'une nouvelle forme (un nouvel embranchement) est favorisée par la destruction d'une autre. Dans les ères géologiques futures, certaines manifestations de la vie comme les vertébrés pourront disparaître au profit des arthropodes, car ils sont beaucoup plus nombreux en nombre d'espèces et surtout mieux armés en potentiel évolutif. On retiendra aussi la grande stabilité des bactéries (seules pendant 1,8 Ga) responsables de la présence d'oxygène dans l'atmosphère, et donc de l'émergence des règnes végétaux et animaux. Un dernier trait à retenir est que la complexité des êtres vivants n'est pas nécessairement croissante, simplement, les mécanismes évolutifs explorent toutes les possibilités, notamment par exemple, le parasitisme est une tendance évolutive très répandue (les parasites sont moins complexes). Quant à l'homme, seul à posséder la conscience, c'est un produit fortuit d'une longue évolution, mais si l'évolution reprenait au stade de la dernière extinction, il se pourrait que cette conscience naisse dans une forme de vie totalement différente, pourquoi pas chez un équivalent des insectes sociaux ? On voit petit à petit le principe anthropique remis en cause.

Dans la période actuelle, l'humanité vit (en l'espace de quelques dizaines d'années seulement) la période critique de sa transition démographique, qui sera pour l'humanité future une origine légitime. Pour les dates positives, on ne peut rien dire, mais pour le passé, il est curieux de constater que dans un rapport très approximatif de 10, on a les différentes étapes :

-4Ga	Débuts de la vie
-400 Ma	Premiers animaux terrestres
-40 Ma	Diversification des mammifères
-4 Ma	Premiers hominidés
-400 000 a	Premiers homo sapiens
-40 000 a	Langage, conscience, sépultures et art rupestre
-4000 a	Agriculture et premières grandes civilisations (-10000 à -2000 mais l'ordre de grandeur reste bon)
-400 a	Renaissance, explorations et ère industrielle (de -500 à -100).

## Bibliographie

Arquès D. A possible code in the genetic code, STACS 1995  
 Buican D. L'évolution et les théories évolutives, Masson 98  
 Bosch-Gimpera P. Les Indo-européens Payot 1961  
 Cavalli-Sforza L.F. Qui sommes nous? Flammarion, 1994  
 Coppens Y. Pré-ambules, Odile Jacob 1988  
 Coppens Y. Le genou de Lucy, O.Jacob 1999  
 Darwin C. Textes choisis, Editions sociales 1965  
 Dawkins R. Le gène égoïste, A.Colin 1990  
 De Lumley H. conférence 1994.  
 De Rosnay J. L'aventure du vivant, Seuil 1996  
 Geipel G. Anthropologie de l'Europe, R.Laffont 1969  
 Gould S.J. La vie est belle, Seuil 1989

Gould S.J. L'éventail du vivant, Seuil 1997  
 Hartl D.L. Génétique des populations, Flammarion 1994  
 Jacquart A. Les hommes et leurs gènes, Flammarion 1994  
 Kruh J. La biologie moléculaire, PUF 1994  
 Langaney A. Les hommes, Armand Colin 1988  
 Leakey R. L'origine de l'humanité, Hachette 1994  
 Leakey R. La sixième extinction, Flammarion 1997  
 Leroy-Gourhan A. Le geste et la parole, Albin Michel 1964  
 Lodé T. Cours de génétique des populations, Ellipses 1998  
 Mohen J.P. Vous avez tous 400000 ans, J.C.Lattès 1991  
 Monod J. Le hasard et la nécessité, Seuil 1970  
 Serre J.L. Génétique des populations, Nathan 1997