

# DES COURS DONNÉS DANS **GRATUITS** les BARS et les CAFÉS



## Session

### Session Hiver-Printemps 2025

Programmation

- Repenser la pauvreté, croiser les savoirs, n'oublier personne !
- Décoloniser la gestion des déchets : ancrage historique et enjeux d'une didactique
- La résilience face aux ténèbres : Les films de Hayao Miyazaki
- Antiféminismes et masculinismes : Anatomie d'une idéologie
- Regard sur l'industrie de l'agrochimie : OGM, pesticides et lobbying
- Club de lecture de "Notre cerveau à tous les niveaux. Du Big Bang à la conscience sociale"

## Prochaines séances

AVR  
22

Club de lecture de « Notre cerveau à tous les niveaux. Du Big Bang à la conscience sociale »

2e rencontre : De la « poussière d'étoile » à la vie : l'évolution qui fait qu'on est ici aujourd'hui

Mardi, 19h, Café La Place Commune

AVR  
29

La résilience face aux ténèbres : Les films de Hayao Miyazaki

Transformation sociale : anticapitalisme, communautés et féminisme

Mardi, 19h, À la librairie La Livrerie

AVR  
30

Regard sur l'industrie de l'agrochimie : OGM, pesticides et lobbying

# CLUB DE LECTURE

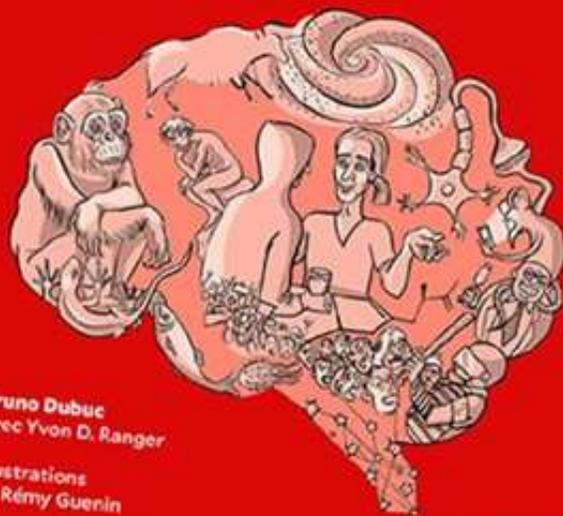
Une rencontre par mois  
pour jaser de chaque  
rencontre du livre !

U<sup>P</sup>OP  
montréal

WWW.UPOPMONTREAL.COM

## NOTRE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

Du Big Bang à la conscience sociale



Bruno Dubuc  
avec Yvon D. Ranger

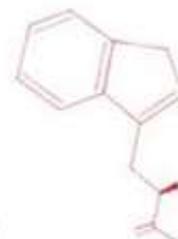
illustrations  
de Rémy Guenin

écosociété

2<sup>e</sup> rencontre > 22 avril 2025

De la « poussière d'étoile »  
à la vie: l'évolution qui fait  
qu'on est ici aujourd'hui

Où l'on constate d'abord que « nous sommes faits de poussières d'étoiles », ce qui nous amènera à considérer le passage de l'évolution cosmique à l'évolution chimique. On pourra alors aborder la grande transition suivante et se demander: « qu'est-ce que la vie? » À partir de là, on verra comment la reproduction et la sélection naturelle ont constitué des moteurs essentiels à notre évolution. Tout comme le passage aux multicellulaires et à la spécialisation cellulaire qui permet d'expliquer l'origine des systèmes nerveux. La complexification de celui-ci chez les vertébrés permettra de raffiner les comportements jusqu'à l'expansion spectaculaire du volume cérébral durant l'homínisation et tout ce que ça va rendre possible chez l'être humain. On terminera en abordant les « niveaux d'organisation » et les « propriétés émergentes », deux concepts fondamentaux pour comprendre tout ça et la suite de notre aventure.



> Voir le site de l'UPop pour  
les détails sur le club de lecture

2002

# LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX!

- Mode d'emploi
- Visite guidée
- Plan du site
- Diffusion
- Présentations
- Nouveautés
- English

Recherche -> site + blogue

[www.lecerveau.mcgill.ca](http://www.lecerveau.mcgill.ca)

## Principes fondamentaux



**Du simple au complexe**  
 → Anatomie des niveaux d'organisation  
 → Fonction des niveaux d'organisation



**Le bricolage de l'évolution**  
 → Notre héritage évolutif



**Le développement de nos facultés**  
 → De l'embryon à la morale



**Le plaisir et la douleur**  
 → La quête du plaisir  
 → Les paradis artificiels  
 → L'évitement de la douleur



**Les détecteurs sensoriels**  
 → La vision



**Le corps en mouvement**  
 → Produire un mouvement volontaire

## Fonctions complexes



**Au coeur de la mémoire**  
 → Les traces de l'apprentissage  
 → Oubli et amnésie



**Que d'émotions**  
 → Peur, anxiété et angoisse  
 → Désir, amour, attachement



**De la pensée au langage**  
 → Communiquer avec des mots



**Dormir, rêver...**  
 → Le cycle éveil - sommeil - rêve  
 → Nos horloges biologiques



**L'émergence de la conscience**  
 → Le sentiment d'être soi

## Dysfonctions



**Les troubles de l'esprit**  
 → Dépression et manico-dépression  
 → Les troubles anxieux  
 → La démence de type Alzheimer

Nouveau! "L'école des profs"

2010

## Le BLOGUE du CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

Accueil du site

Recherche -> blogue

Billets par catégorie

Abonnez-vous!

NOUVELLES RÉCENTES SUR LE CERVEAU

Lundi, 5 septembre 2016

### « La cognition incarnée », séance 1 : Survol historique des sciences cognitives et présentation du cours



Comme promis il y a deux semaines, voici donc un bref aperçu du premier cours sur la « cognition incarnée » que je donnerai mercredi à 18h au local A-1745 du pavillon Hubert-Aquin de l'UQAM. Et

Faire un don

nous permet de continuer

Après nous avoir appuyés pendant plus de dix ans, des resserrements budgétaires ont forcé l'INSMT à interrompre le financement du Cerveau à tous les niveaux le 31 mars 2013.

Malgré tous nos efforts (et malgré la reconnaissance de notre travail par les organismes approchés), nous ne sommes pas parvenus à trouver de nouvelles sources de

## OFFRES DE PRÉSENTATIONS SUR LE CERVEAU

Voici une sélection de conférences que je peux présenter dans votre école.



## Offres de présentations sur le cerveau

Voici une liste de conférences que j'ai données par le passé dans différents lieux et que je peux refaire sur demande. Il s'agit de présentations Power Point de durée variable qui peuvent se poursuivre par une période de questions et d'échanges avec le public.

La décision de mettre en valeur ces présentations et de les diffuser plus largement est venue suite à l'annonce de l'arrêt du financement stable de l'INSMT le 31 mars 2013 (voir la colonne de droite sur la page d'accueil). Il n'y a pas de coût fixe pour les conférences, c'est

## "L'école des profs"

### Cours intensifs de perfectionnement en neurosciences cognitives

(cliquez ici pour les détails)

Fonctions supérieures,  
libre arbitre  
et éducation

Vers une  
cognition



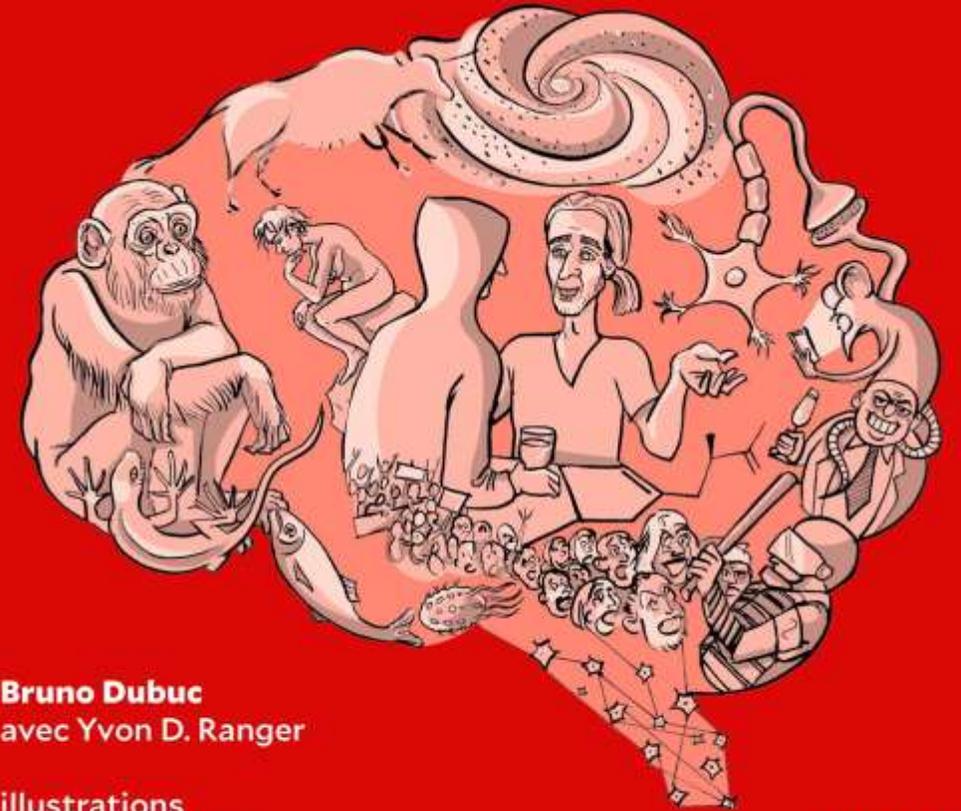
[ACCUEIL](#) [PROGRAMMATION](#) [À PROPOS](#) [ARCHIVES](#) [AUDIO](#) [VIDÉO](#) [PROPOSER UNE ACTIVITÉ](#) [FAIRE UN DON](#) [PARTENAIRES](#)

## Automne 2019 – Hiver 2020

# NOTRE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX. 10 ANS, 10 SÉANCES — SAISON 1

# NOTRE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

Du Big Bang à la conscience sociale



**Bruno Dubuc**  
avec Yvon D. Ranger

illustrations  
de Rémy Guenin

écosociété

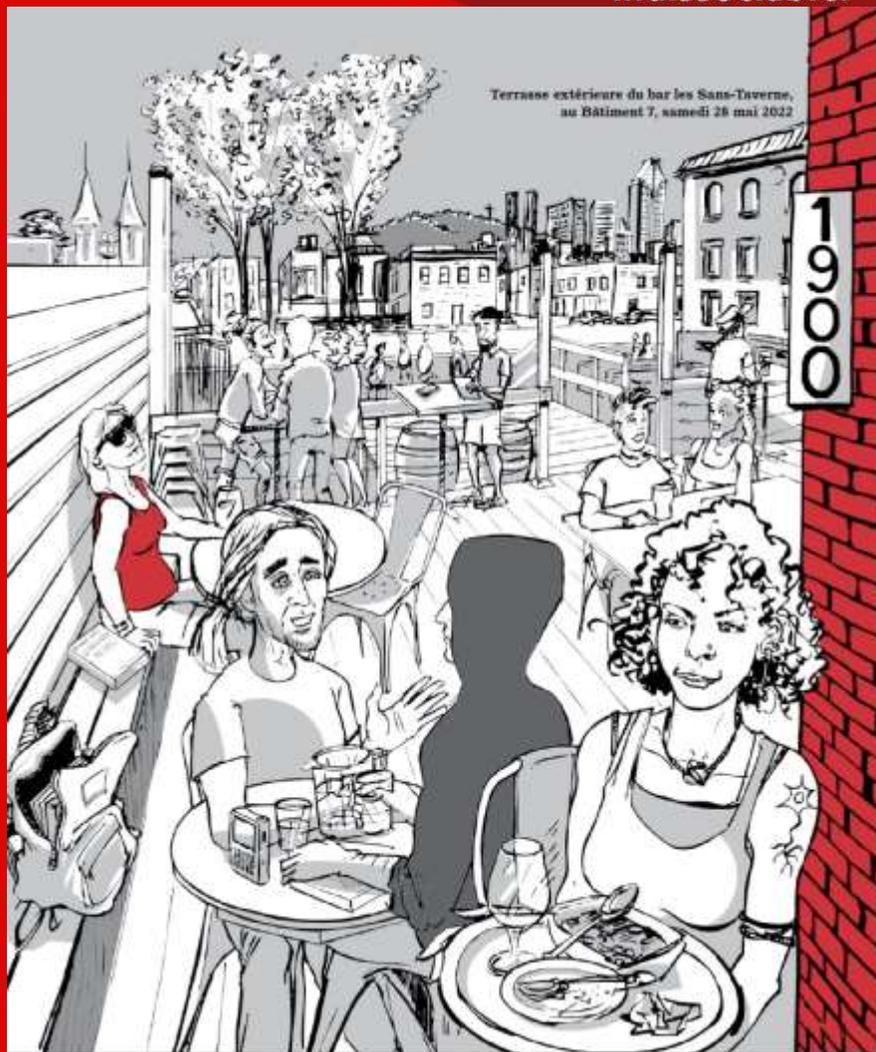
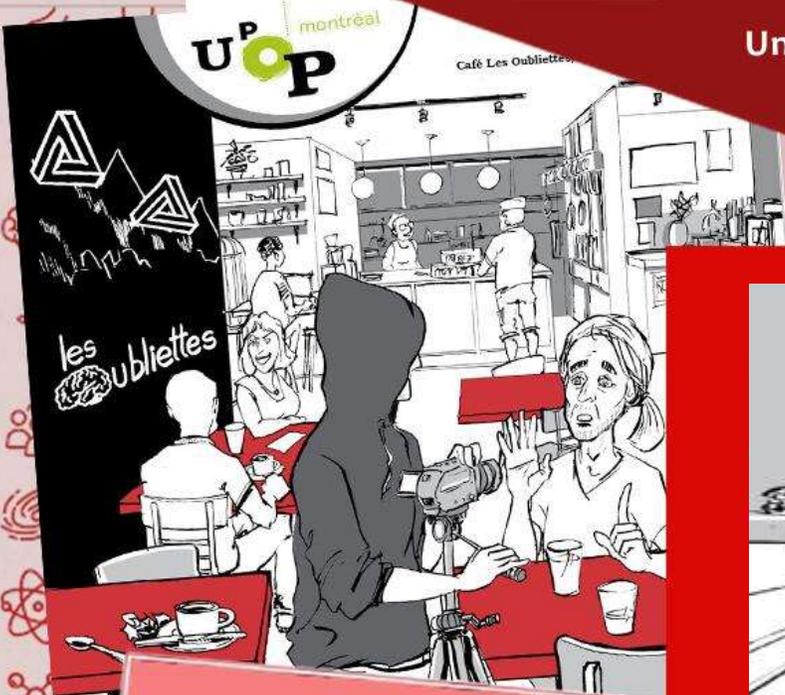
**Lancement**  
**jeudi 3 octobre**  
**19h au bar les** 2024  
**Sans-Taverne**  
**(Bâtiment 7)**

1900 rue Le Ber,  
Pointe-St-Charles,  
Montréal, Québec  
-->Métro Charlevoix,  
puis 15 minutes à pied  
ou autobus 71 ou 57  
<https://sans-taverne.coop>

**En librairie**  
**le 1er octobre**  
**au Québec**

es en +0+0  
aribou 200g  
Synapse stout  
Avis en picket  
Hémisphère blanc  
Circumlocution 19A  
Cœur Volant Anis  
Sève-Veuve 30ml  
PANTE VERRE

Un voyage interdisciplinaire captivant qui fait le pont entre questions scientifiques et enjeux sociopolitiques et montre comment cerveau, corps et environnement forment un système indissociable.



## Prologue Sur la pertinence de ce livre

Où Yvon D. Ranger, faisant le constat que ça ne va pas bien dans le monde et devant l'urgence d'agir, demande à Bruno Dubuc: **Pourquoi est-ce que tu veux écrire un livre?** Celui-ci lui répond habilement par une autre question: **Qu'est-ce qui cause un comportement?** Autrement dit, qu'est-ce qui anime ces êtres humains et qui fait que ça va si mal? Devant l'ampleur des développements que laisse entrevoir une telle question, Ranger s'enquiert de **ce que serait, en gros, les étapes de ce voyage.** S'ensuit une rapide présentation des dites rencontres qui montre **le potentiel de transformation sociale que portent ces idées-là.**



**Bruno Dubuc (BD)** Je suis vraiment content que t'aies accepté mon invitation, Yvon. Quand on a commencé à discuter du projet avec David Murray, mon éditeur chez Écosociété, je lui ai tout de suite suggéré l'idée d'un livre d'entretiens. Pour que quelqu'un d'autre puisse amener les questions que tout le monde se pose sur notre cerveau. Mais en même temps, je ne voulais pas que ce soit des questions trop convenues.

**Yvon D. Ranger (YDR)** Tu cherchais un genre d'emmerdeur de service, quoi? Et t'as pensé à moi (rires) Je vais t'écouter aujourd'hui. On verra pour la suite...

**BD** Je te remercie d'être là, en tout cas. Parce que c'est vraiment un regard critique comme le tien que je cherche. En fait, ce qui m'a vraiment fait penser à toi, c'est le souvenir de notre rencontre fortuite au festival Virage sur la transition écologique.

**YDR** Ah oui... Sainte-Rose-du-Nord, y'a quoi, quatre ans? Un beau hasard, j'me souviens.

**BD** Nos discussions là-bas m'avaient permis de découvrir qu'au fond, t'étais un curieux de la science! J'aurais pas cru ça d'un cinéaste militant comme toi.

**YDR** Ah, les préjugés gros comme le bras! J'ai toujours eu un intérêt prudent envers la science, tu sauras. Mais je dois avouer que de l'avoir vu là-bas m'avait aussi un peu enlevé l'image que j'avais de toi, du scientifique dans sa tour d'ivoire déconnecté du monde ordinaire...

**BD** Comme quoi ça avait été une maudite bonne affaire, cette rencontre-là!

**YDR** C'est cool aussi que t'aies accepté de venir prendre la bière au Sans-Taverne, même si Pointe-Saint-Charles c'est un peu loin de ta république du Plateau. (rires)

**BD** Pas de problème, ça me fait plaisir. Je sais à quel point le projet du Bâtiment 7 dans son ensemble te tient à cœur!

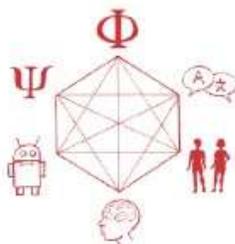
**2<sup>e</sup> Lancement  
mercredi  
20 novembre  
19h au café  
Les Oubliettes**

6201 Rue de Saint-Vallier,  
Montréal, Québec

--> à 5 minutes à pied  
du métro Rosemont  
ou Beaubien

Info: <https://livre.blog-lecerveau.org>

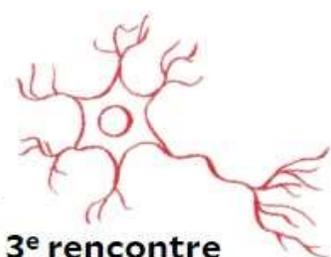
# Sommaire



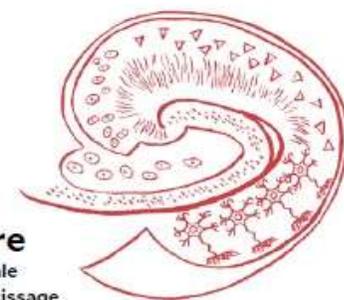
**1<sup>re</sup> rencontre**  
Le « connais-toi toi-même »  
de Socrate à l'heure  
des sciences cognitives  
p. 29



**2<sup>e</sup> rencontre**  
De la « poussière d'étoile »  
à la vie: l'évolution qui fait  
qu'on est ici aujourd'hui  
p. 55

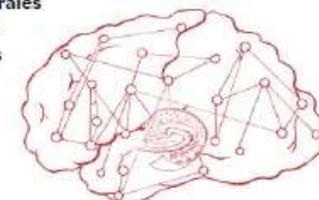


**3<sup>e</sup> rencontre**  
L'humain découvre la grammaire  
de base de son système nerveux  
p. 95



**4<sup>e</sup> rencontre**  
La plasticité neuronale  
à la base de l'apprentissage  
et de la mémoire  
p. 127

**5<sup>e</sup> rencontre**  
Des structures cérébrales  
reliées en réseaux de  
milliards de neurones  
p. 169



**6<sup>e</sup> rencontre**  
L'activité dynamique de nos  
rythmes cérébraux durant  
l'éveil, le sommeil et le rêve  
p. 219



**7<sup>e</sup> rencontre**  
Cerveau et corps ne font  
qu'un: l'origine des émotions  
p. 269

**8<sup>e</sup> rencontre**  
Prédire et simuler le monde  
pour décider quoi faire  
p. 311



**Prologue**  
Sur la pertinence de ce livre  
p. 9

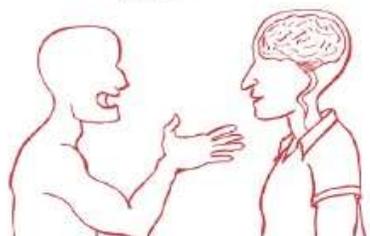
**Épilogue**  
Boucler la boucle:  
nos multiples « soi »  
p. 533

**12<sup>e</sup> rencontre**  
Cultures et institutions sociales:  
des vieux mondes dystopiques  
aux utopies concrètes  
p. 465

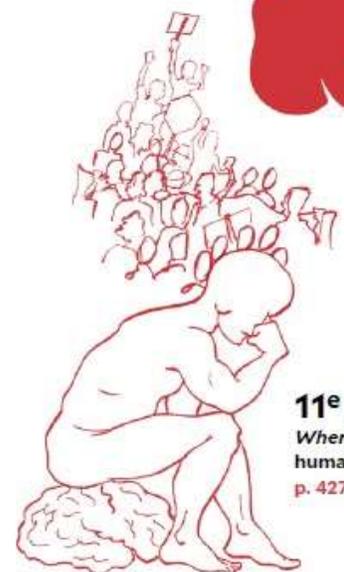
**11<sup>e</sup> rencontre**  
*Where is my mind?* Conscience  
humaine et questions existentielles  
p. 427

**10<sup>e</sup> rencontre**  
Rationalisation, motivations  
inconscientes et cerveau prédictif  
p. 391

**9<sup>e</sup> rencontre**  
Le langage: émergence  
de mondes symboliques  
communs et tremplin  
pour la pensée  
p. 355



**NOTRE CERVEAU  
À TOUS LES NIVEAUX**  
Du Big Bang à la conscience sociale

A central illustration of a brain with various symbols inside, including a lightbulb, a gear, and a network.

# Sommaire



## Prologue

Sur la pertinence de ce livre  
p. 9

## Épilogue

Boucler la boucle:  
nos multiples « soi »  
p. 533

## 12<sup>e</sup> rencontre

Cultures et institutions sociales:  
des vieux mondes dystopiques  
aux utopies concrètes  
p. 465

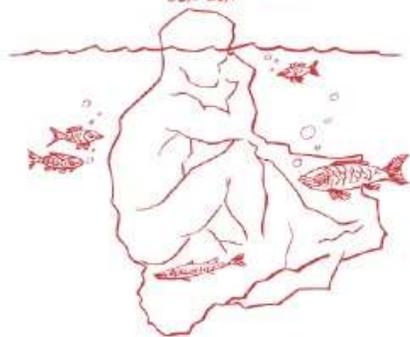
## 11<sup>e</sup> rencontre

*Where is my mind?* Conscience  
humaine et questions existentielles  
p. 427

## 10<sup>e</sup> rencontre

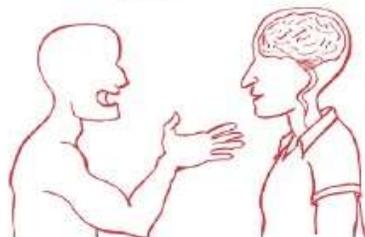
Rationalisation, motivations  
inconscientes et cerveau prédictif  
p. 391

BLA  
BLA BLA



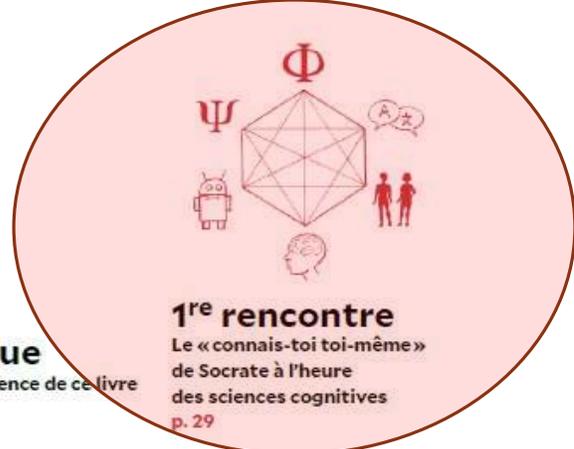
## 9<sup>e</sup> rencontre

Le langage: émergence  
de mondes symboliques  
communs et tremplin  
pour la pensée  
p. 355



## 1<sup>re</sup> rencontre

Le « connais-toi toi-même »  
de Socrate à l'heure  
des sciences cognitives  
p. 29



# CLUB DE LECTURE

Une rencontre par mois  
pour jaser de chaque  
rencontre du livre !

1<sup>re</sup> rencontre > 25 mars 2025

Le « connais-toi toi-même »  
de Socrate à l'heure  
des sciences cognitives

Le cerveau humain tente de se comprendre lui-même !  
Pas facile, donc la méthode scientifique peut nous aider  
Un bref survol de l'histoire des sciences cognitives au  
XX<sup>e</sup> siècle.

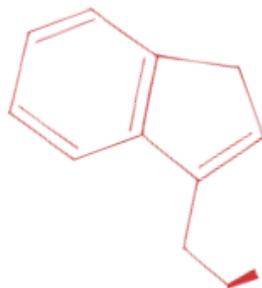
# CLUB DE LECTURE

Une rencontre par mois  
pour jaser de chaque  
rencontre du livre !

## 2<sup>e</sup> rencontre

### De la « poussière d'étoile » à la vie : l'évolution qui fait qu'on est ici aujourd'hui

Où l'on constate d'abord que « nous sommes faits de poussières d'étoiles », ce qui nous amènera à considérer le passage de l'évolution cosmique à l'évolution chimique. On pourra alors aborder la grande transition suivante et se demander: « qu'est-ce que la vie? » À partir de là, on verra comment la reproduction et la sélection naturelle ont constitué des moteurs essentiels à notre évolution. Tout comme le passage aux multicellulaires et à la spécialisation cellulaire qui permet d'expliquer l'origine des systèmes nerveux. La complexification de celui-ci chez les vertébrés permettra de raffiner les comportements jusqu'à l'expansion spectaculaire du volume cérébral durant l'hominisation et tout ce que ça



#### 2<sup>e</sup> rencontre

De la « poussière d'étoile »  
à la vie : l'évolution qui fait  
qu'on est ici aujourd'hui  
p. 55

#### 3<sup>e</sup> rencontre

L'humain découvre la grammaire  
de base de son système nerveux  
p. 95

#### 4<sup>e</sup> rencontre

La plasticité neuronale  
à la base de l'apprentissage  
et de la mémoire  
p. 127

#### 5<sup>e</sup> rencontre

Des structures cérébrales  
reliées en réseaux de  
milliards de neurones  
p. 169

#### 6<sup>e</sup> rencontre

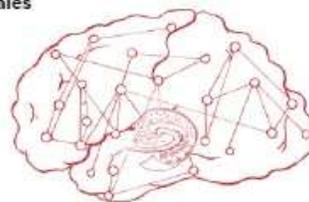
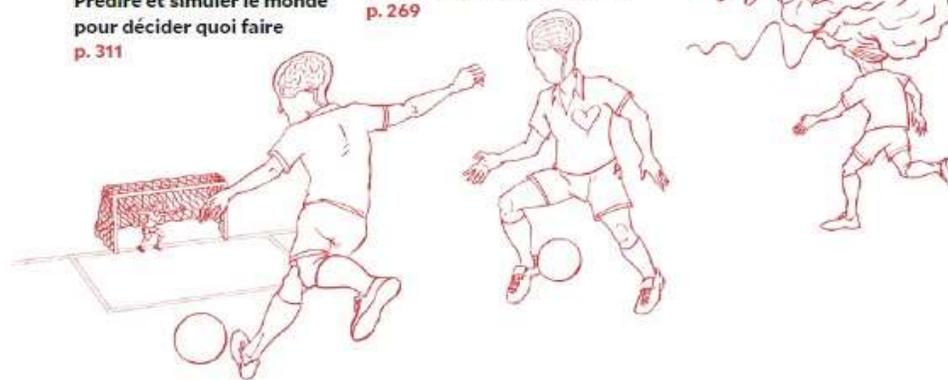
L'activité dynamique de nos  
rythmes cérébraux durant  
l'éveil, le sommeil et le rêve  
p. 219

#### 8<sup>e</sup> rencontre

Prédire et simuler le monde  
pour décider quoi faire  
p. 311

#### 7<sup>e</sup> rencontre

Cerveau et corps ne font  
qu'un : l'origine des émotions  
p. 269



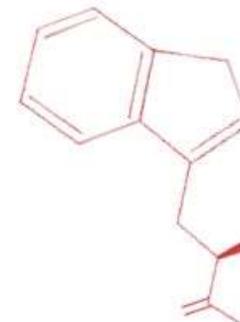


Rang 8, Saint-Adrien,  
samedi 18 juin 2022

## 2<sup>e</sup> rencontre

# De la « poussière d'étoile » à la vie: l'évolution qui fait qu'on est ici aujourd'hui

Où l'on constate d'abord que « nous sommes faits de poussières d'étoiles », ce qui nous amènera à considérer le passage de l'évolution cosmique à l'évolution chimique. On pourra alors aborder la grande transition suivante et se demander: « qu'est-ce que la vie? » À partir de là, on verra comment la reproduction et la sélection naturelle ont constitué des moteurs essentiels à notre évolution. Tout comme le passage aux multicellulaires et à la spécialisation cellulaire qui permet d'expliquer l'origine des systèmes nerveux. La complexification de celui-ci chez les vertébrés permettra de raffiner les comportements jusqu'à l'expansion spectaculaire du volume cérébral durant l'homínisation et tout ce que ça va rendre possible chez l'être humain. On terminera en abordant les « niveaux d'organisation » et les « propriétés émergentes », deux concepts fondamentaux pour comprendre tout ça et la suite de notre aventure.



BD J'ai voulu venir chez Alin parce qu'on va s'intéresser aujourd'hui aux origines de la vie et du système nerveux des animaux.

BD C'est justement pour ça que j'ai voulu qu'on vienne ici: pour remonter jusqu'aux étoiles, la seule façon de comprendre vraiment d'où il vient, notre système nerveux!

YDR Ça fait toujours plaisir de venir faire un tour chez nos vieux potes en campagne. J'ai beau être un Montréalais jusqu'à la moelle, y'a une partie de moi qui me crie aux deux mois de sortir de la ville. Et ici, dans le fond du rang 8 à Saint-Adrien, c'est une des places où j'me sens bien. On en a tu fait des partys pis des feux de camp jusqu'à pas d'heure en regardant les étoiles?

YDR Ça sonne comme l'intrigue au début d'un épisode, ça. T'es pas pire en scénarisation, finalement, toi... (rires)

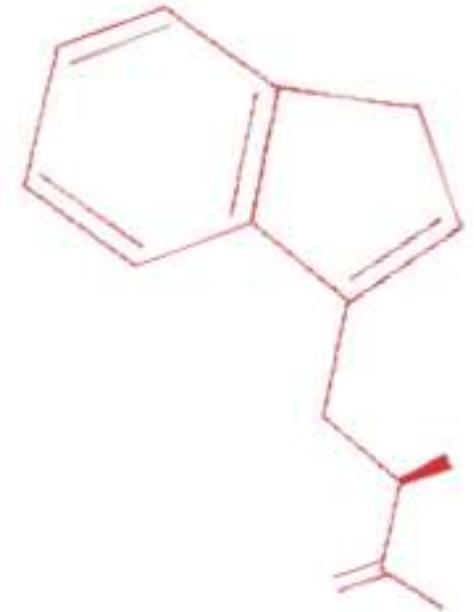
BD Tu te souviens, on en était venus à la conclusion qu'il fallait tenir compte de la structure particulière de notre système nerveux parce que c'est



## 2<sup>e</sup> rencontre

# De la « poussière d'étoile » à la vie: l'évolution qui fait qu'on est ici aujourd'hui

Où l'on constate d'abord que **« nous sommes faits de poussières d'étoiles »**, ce qui nous amènera à considérer le passage **de l'évolution cosmique à l'évolution chimique**. On pourra alors aborder la grande transition suivante et se demander: **« qu'est-ce que la vie? »** À partir de là, on verra comment **la reproduction et la sélection naturelle** ont constitué des moteurs essentiels à notre évolution. Tout comme **le passage aux multicellulaires et à la spécialisation cellulaire** qui permet d'expliquer **l'origine des systèmes nerveux**. La complexification de celui-ci chez les vertébrés permettra de raffiner les comportements jusqu'à **l'expansion spectaculaire du volume cérébral durant l'hominisation** et tout ce que ça va rendre possible chez l'être humain. On terminera en abordant **les « niveaux d'organisation » et les « propriétés émergentes »**, deux concepts fondamentaux pour comprendre tout ça et la suite de notre aventure.



**« Nous sommes faits de poussières d'étoiles »**

**Les « niveaux d'organisation » et les « propriétés émergentes »**

**De l'évolution cosmique à l'évolution chimique**

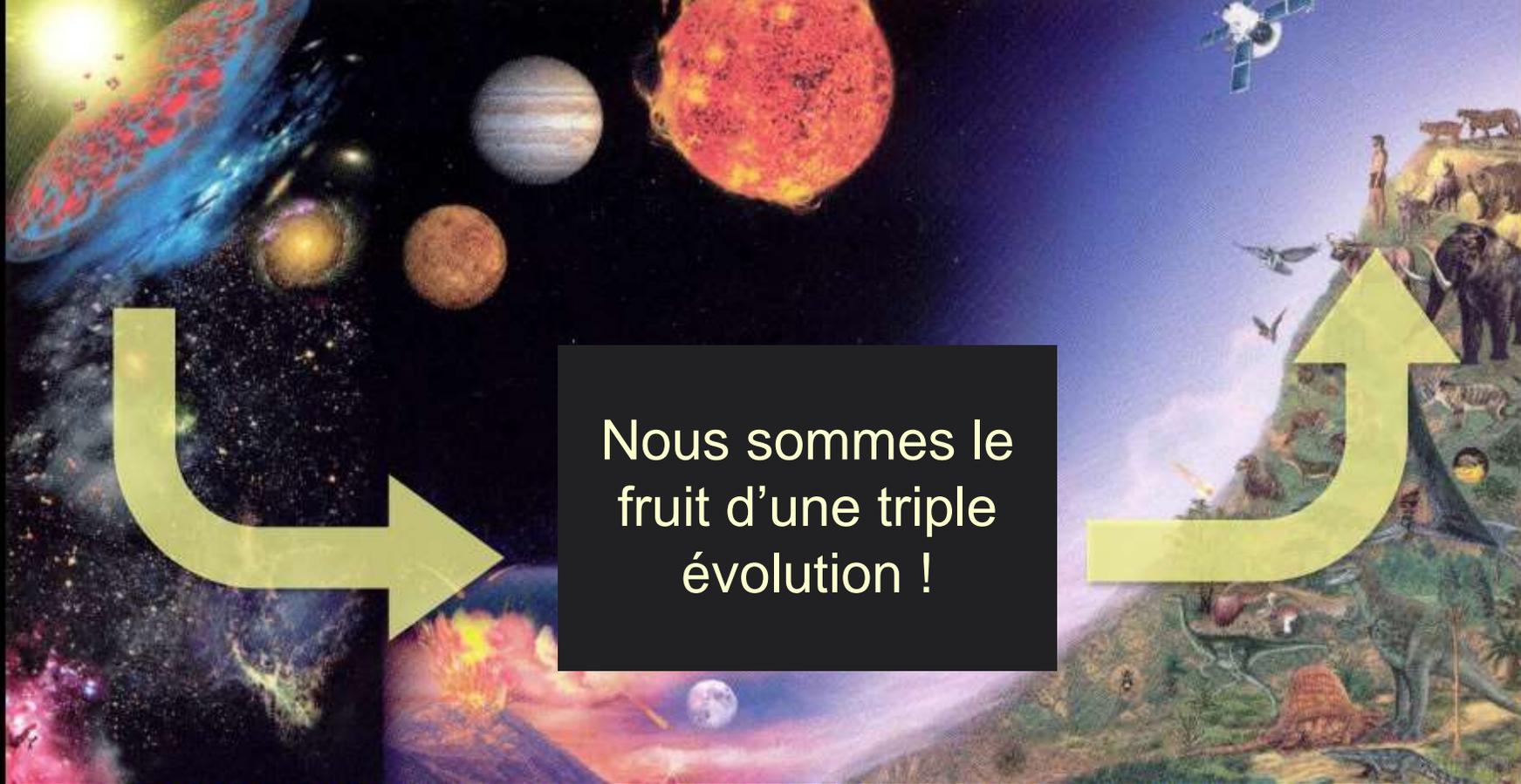
**Qu'est-ce que la vie ?**

**La reproduction et la sélection naturelle**

**Le passage aux multicellulaires et à la spécialisation cellulaire**

**L'origine des systèmes nerveux**

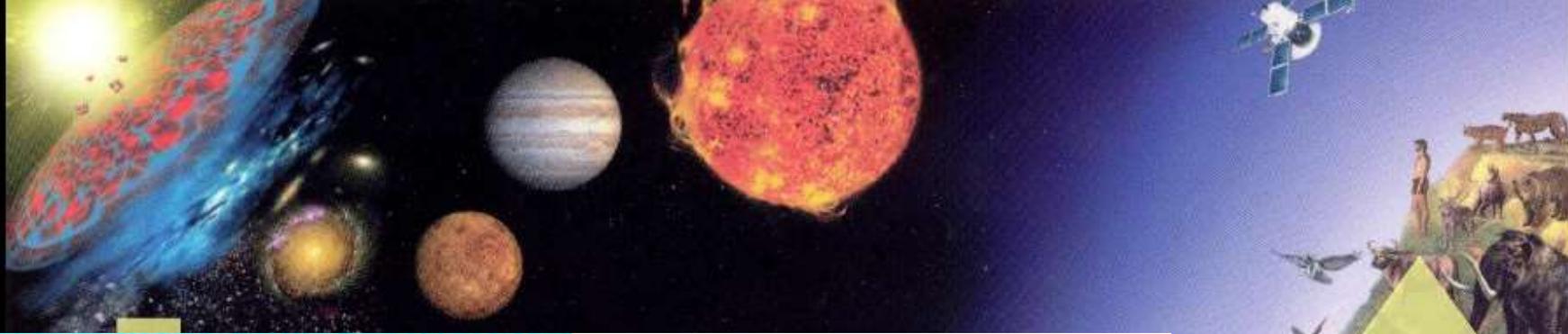
**L'expansion spectaculaire du volume cérébral durant l'hominisation**



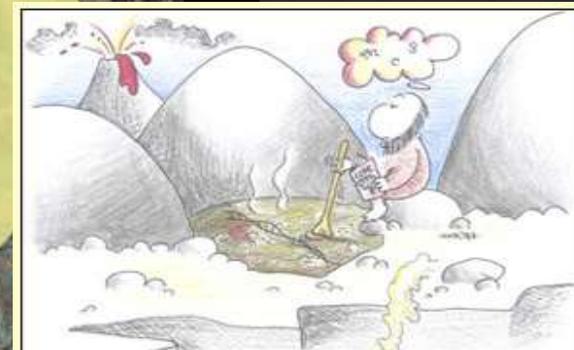
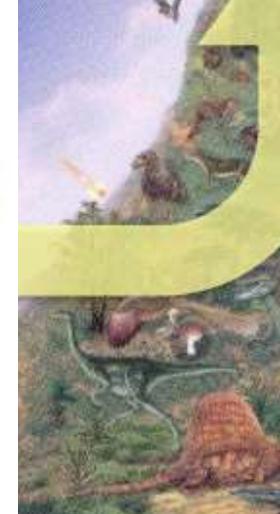
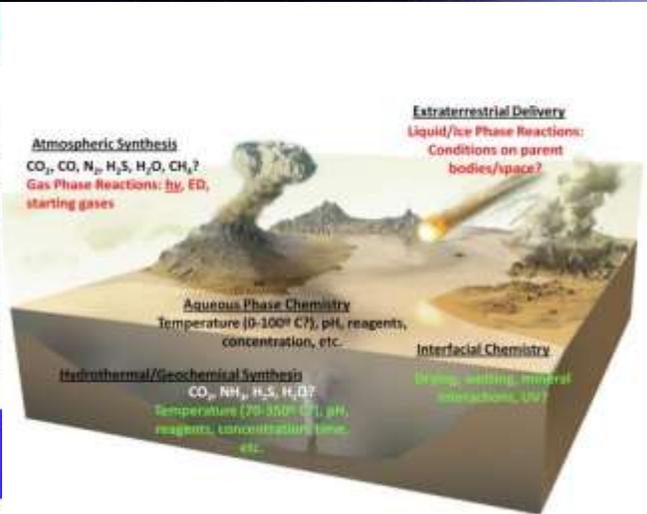
Nous sommes le  
fruit d'une triple  
évolution !



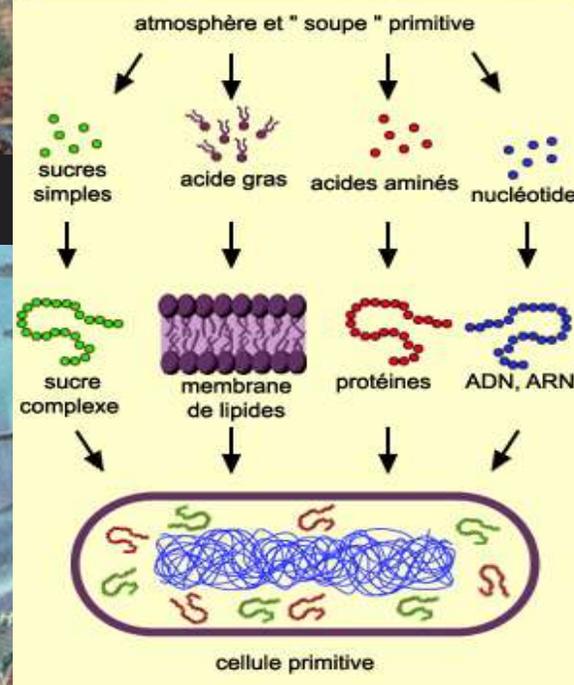
(Crédit : modifié de Robert Lamontagne)



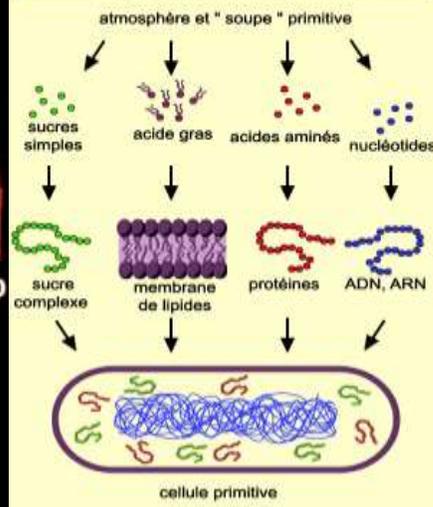
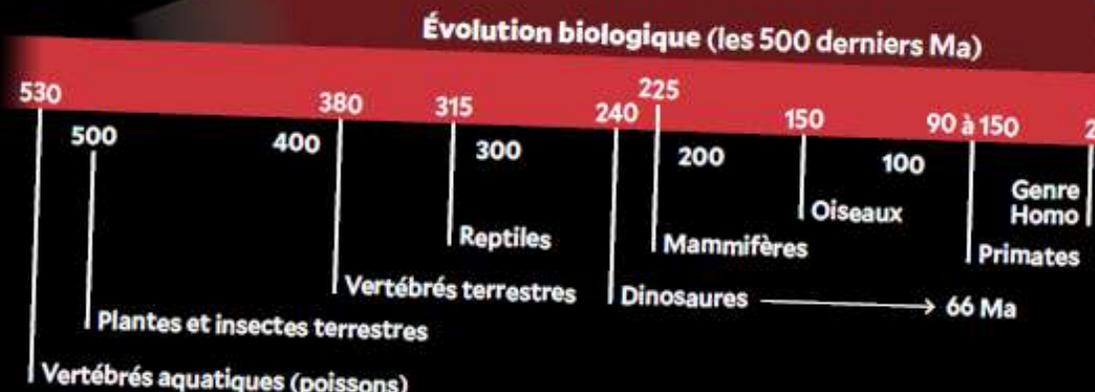
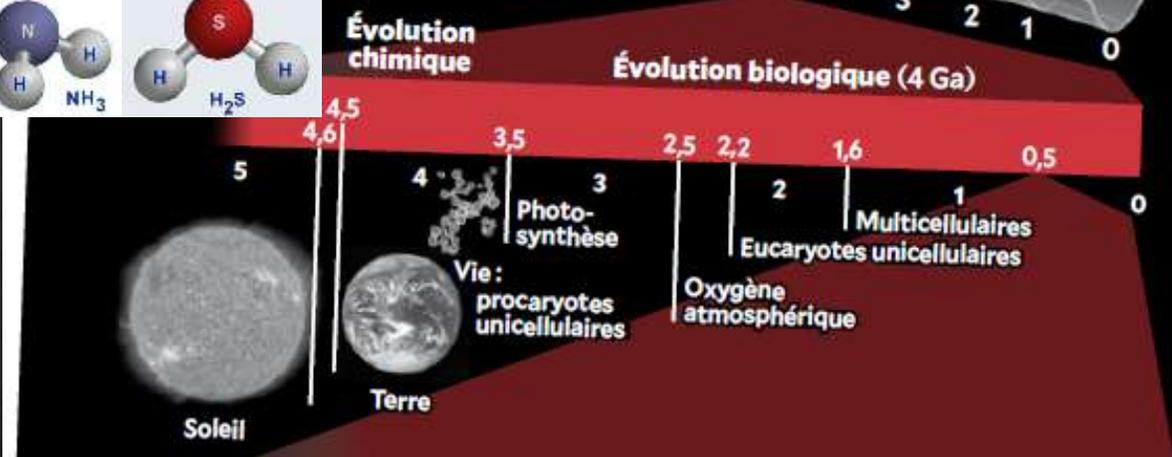
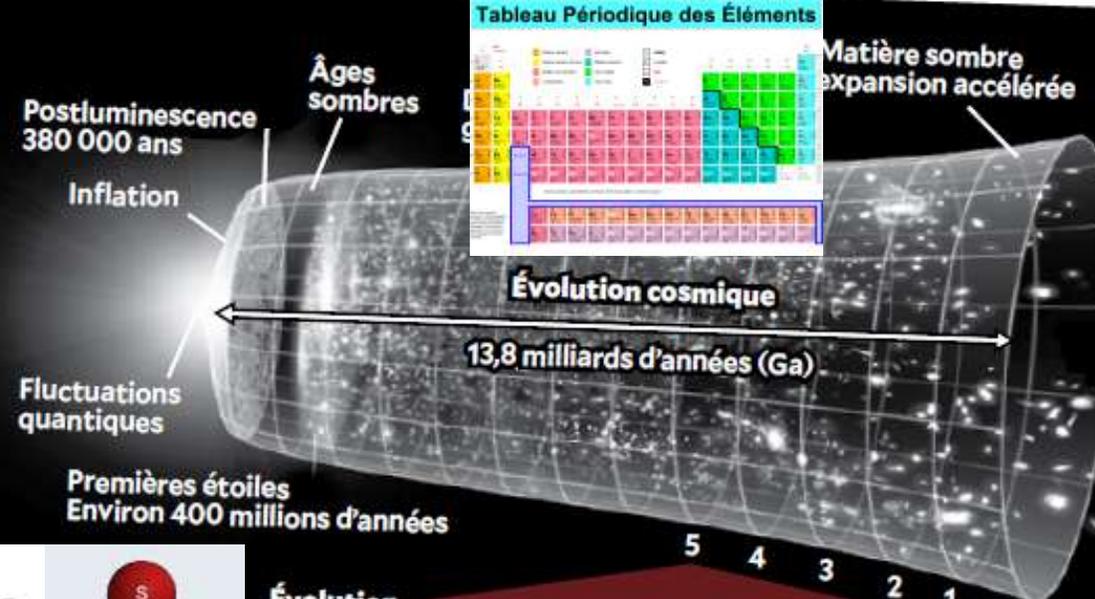
## Tableau Périodique des Éléments



# Évolution cosmique, chimique, biologique

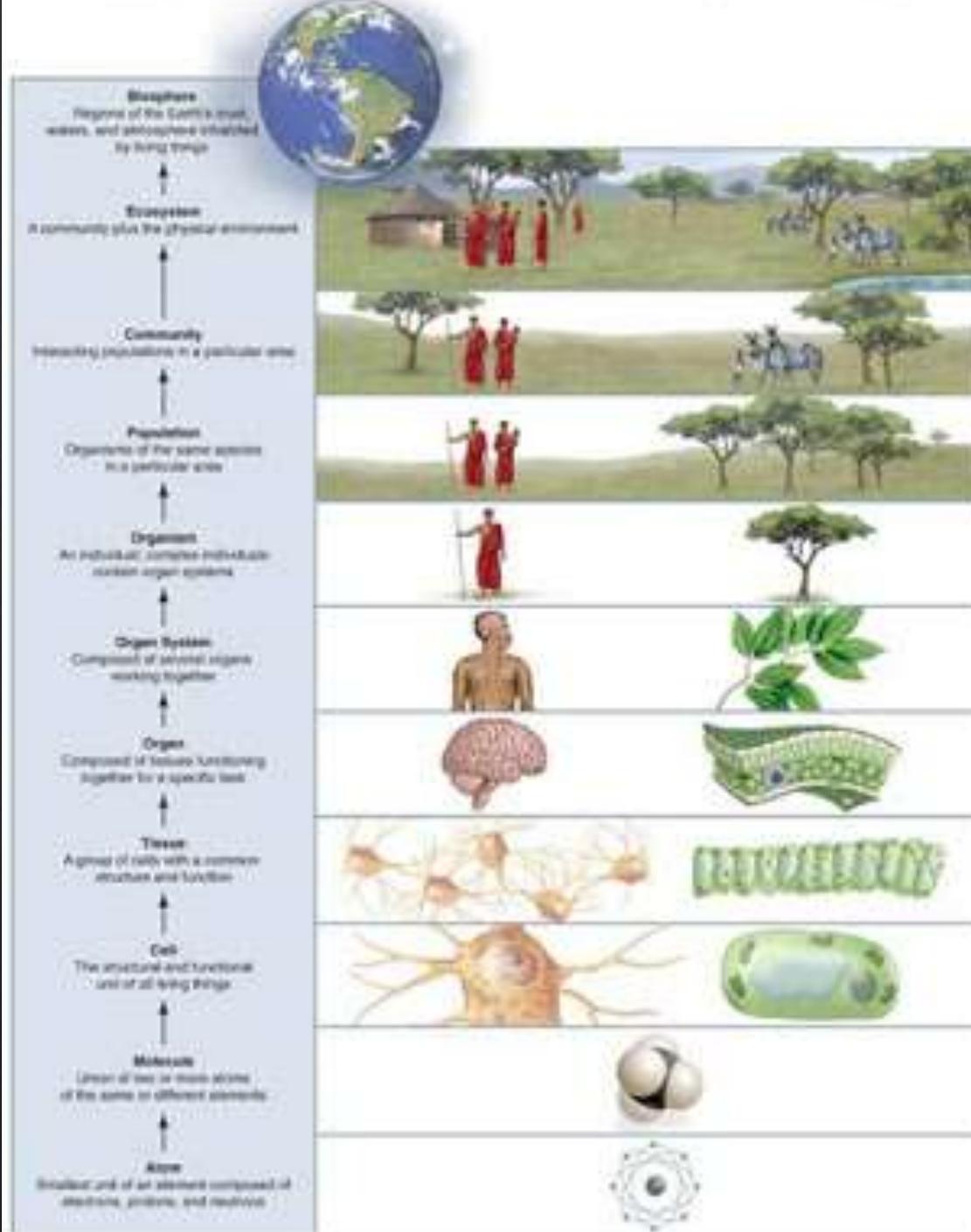


(Crédit : modifié de Robert Lamontagne)



Propriétés émergentes

Niveaux d'organisation



L'émergentisme n'a rien de magique, pas plus qu'il ne remet en question l'universalité des lois dans l'Univers. Mais il suppose qu'il peut exister plusieurs types de lois.

**Exemple :** tous les phénomènes étranges décrits par la **physique quantique**.

On voit tout de suite que le monde à notre échelle ne suit pas les mêmes règles que celui de l'infiniment petit. Et donc, qu'il existe une **autonomie partielle** de chaque niveau qui permet de l'étudier pour ce qu'il est, avec les méthodes d'une discipline qui lui est propre.

**Commentaires ?**  
**Questions ?**

**« Nous sommes faits de poussières d'étoiles »**

**Les « niveaux d'organisation » et les « propriétés émergentes »**

**De l'évolution cosmique à l'évolution chimique**

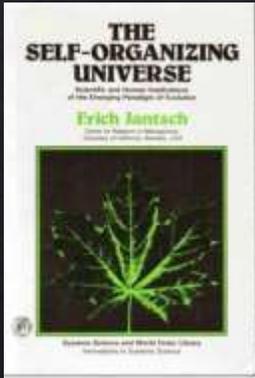
**Qu'est-ce que la vie ?**

**La reproduction et la sélection naturelle**

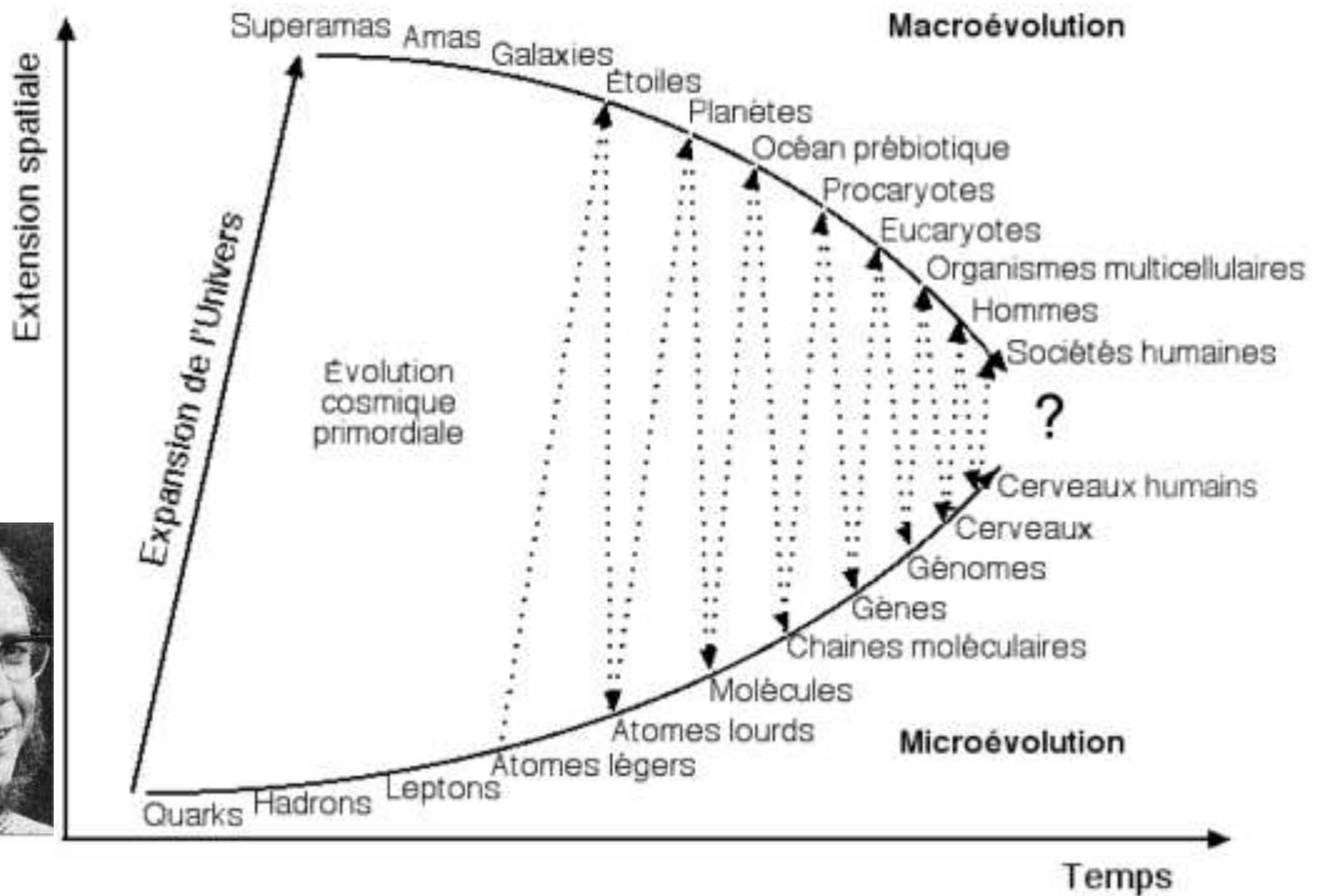
**Le passage aux multicellulaires et à la spécialisation cellulaire**

**L'origine des systèmes nerveux**

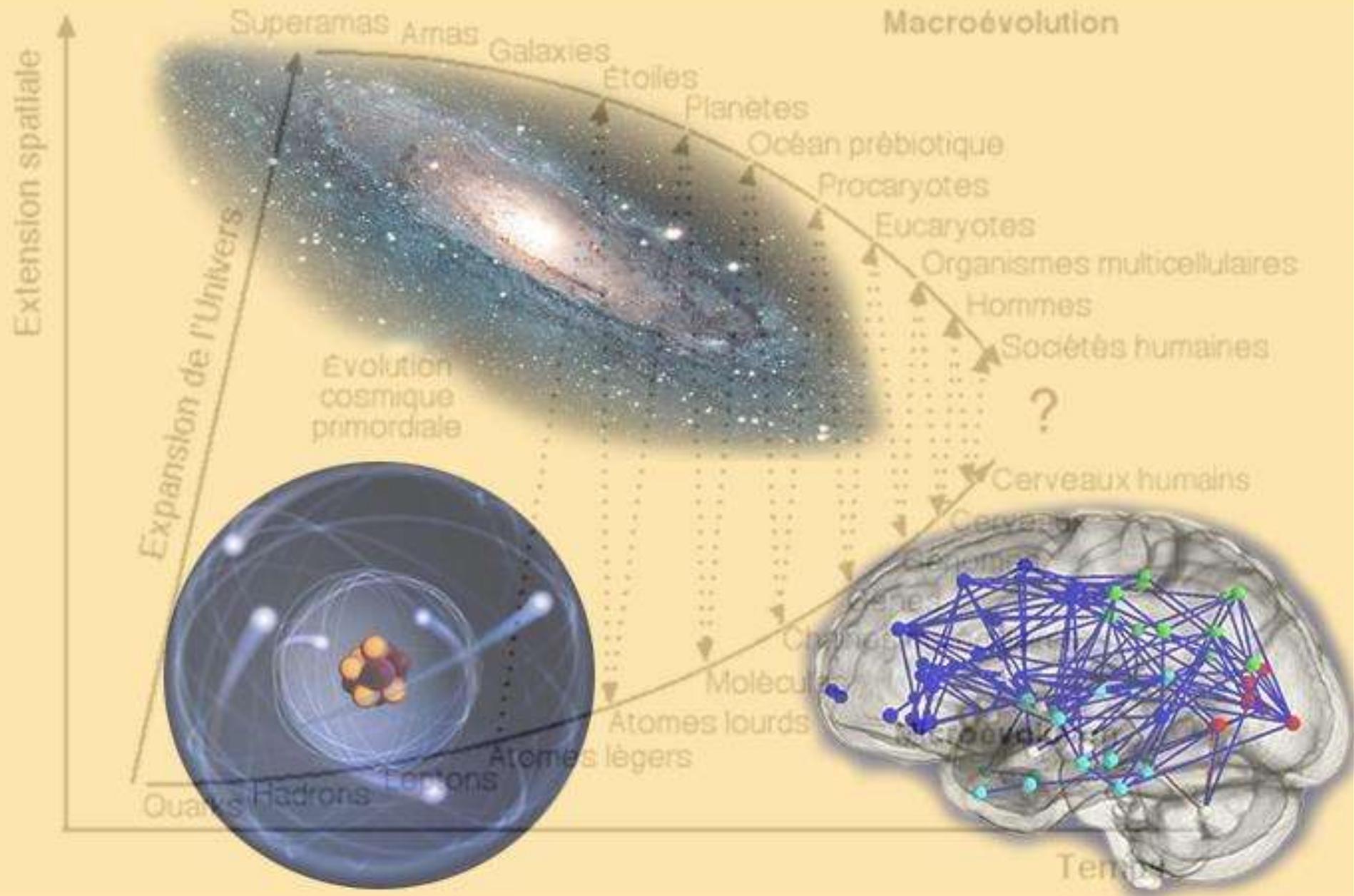
**L'expansion spectaculaire du volume cérébral durant l'hominisation**

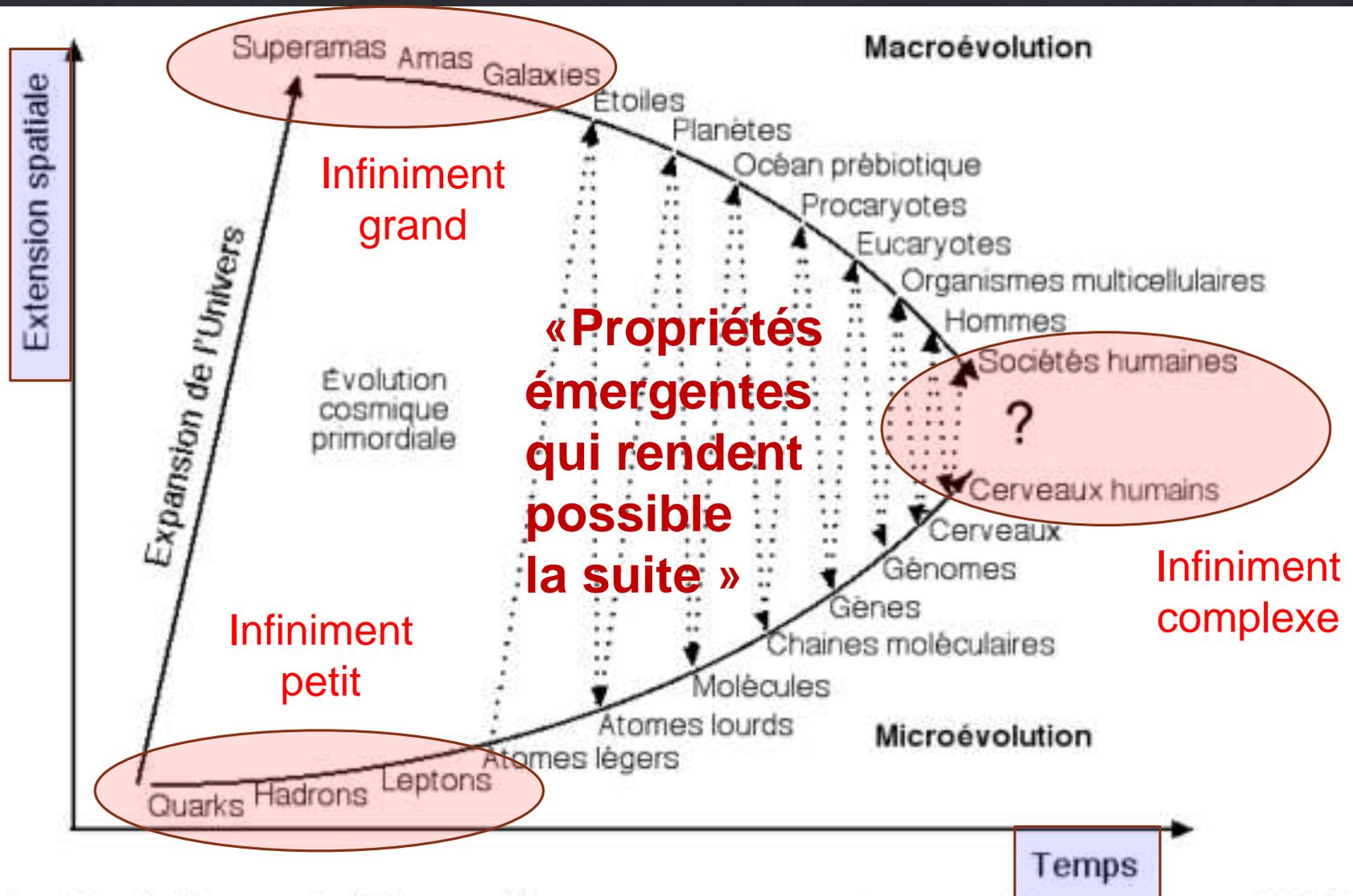


Erich Jantsch (1929 - 1980)

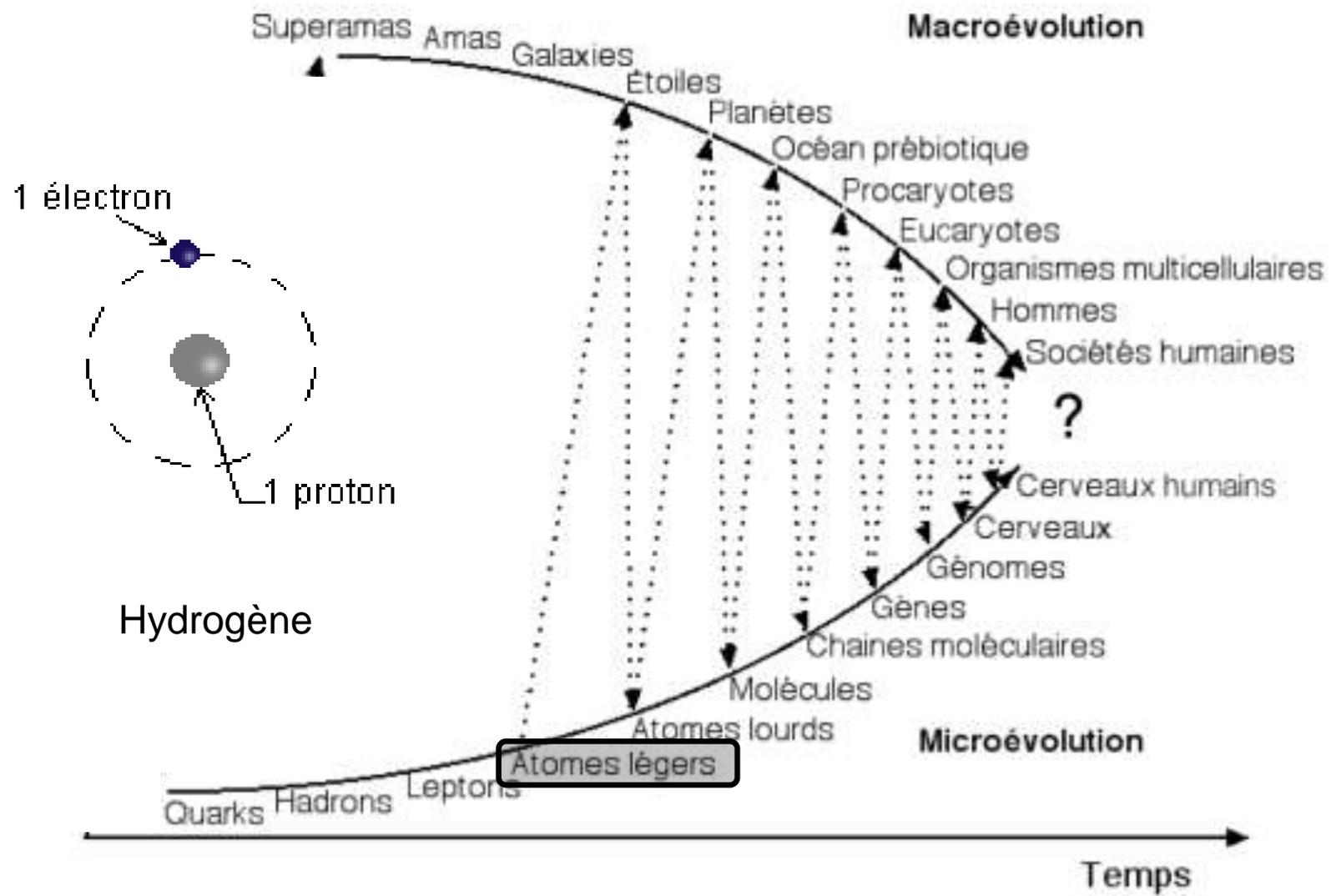


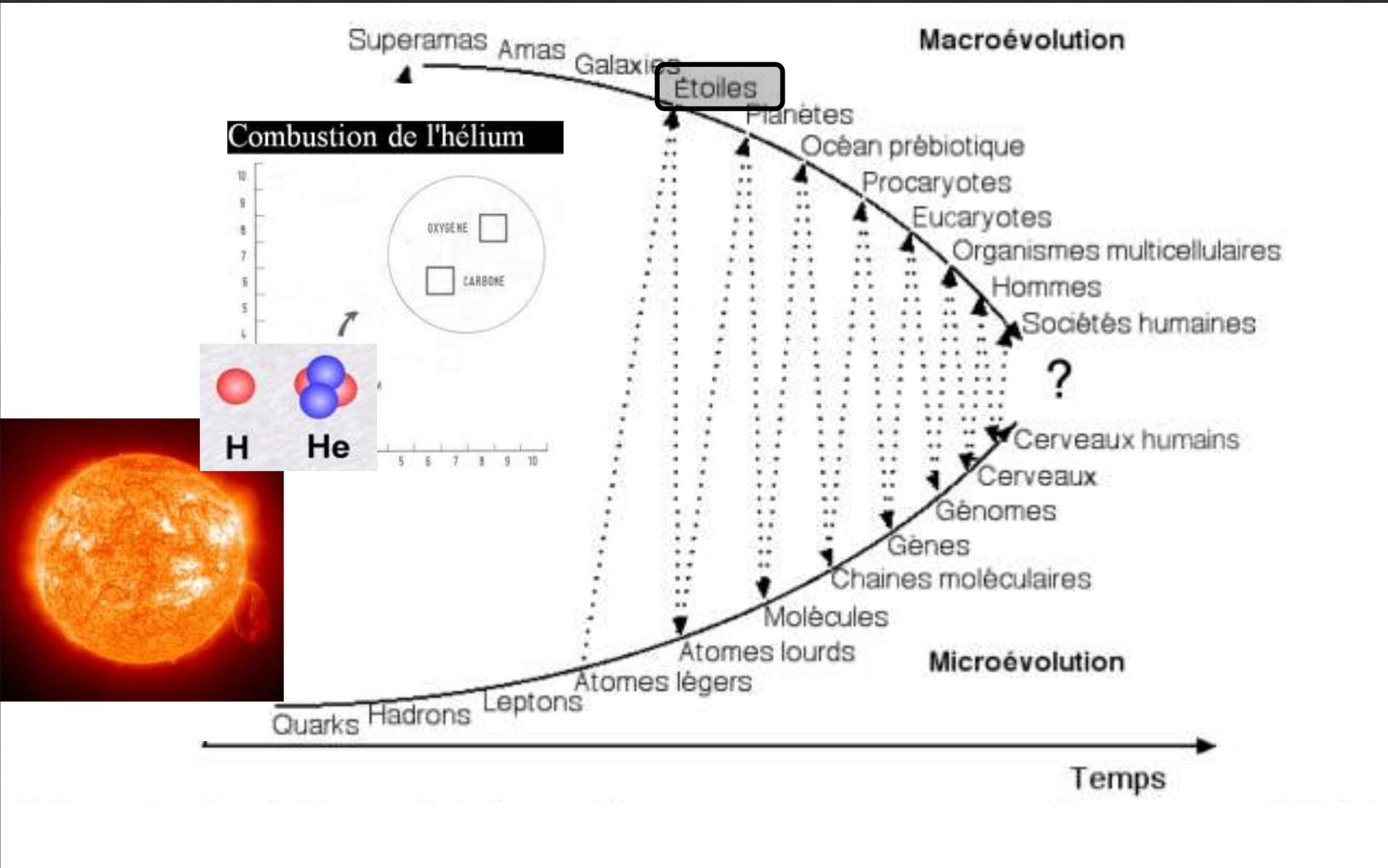
D'après Erich Jantsch, The self-organizing universe, Pergamon, 1980.

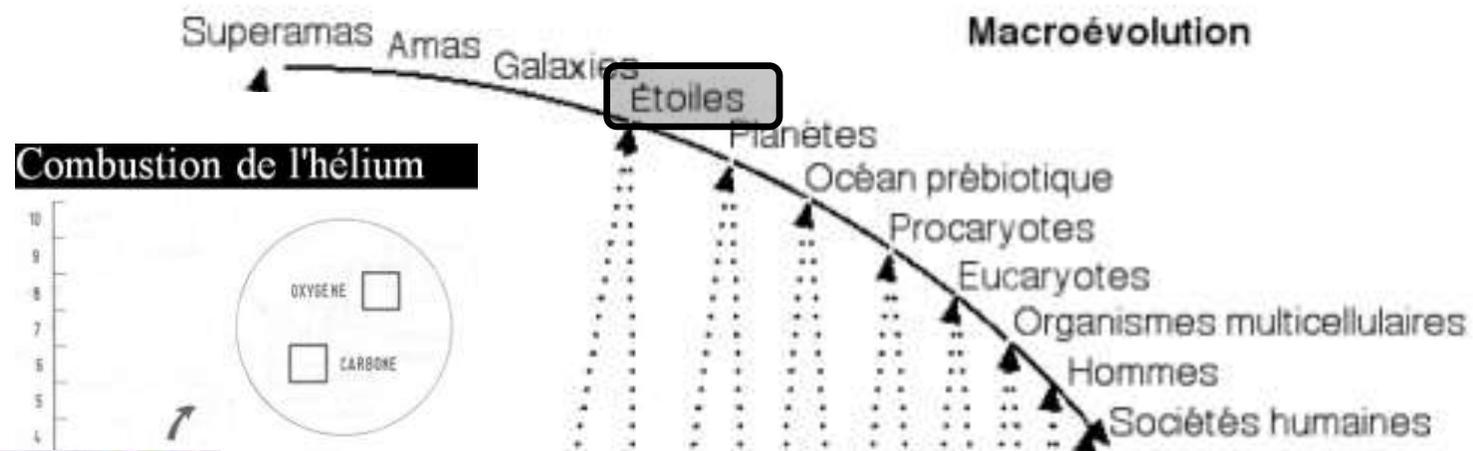




D'après Erich Jantsch, *The self-organizing universe*, Pergamon, 1980.







## Elles s'éclatent pour vous!

Sans les étoiles mortes, vous ne seriez pas là.

Le calcium de vos os, l'oxygène que vous respirez et le fer dans votre sang ont tous été formés dans des étoiles disparues depuis des milliards d'années.

[craq-astro.ca](http://craq-astro.ca)

[CoolCosmos.net](http://CoolCosmos.net)

Temps

# Tableau Périodique des Éléments

The periodic table is color-coded by groups:
 

- Alkali metals (orange)
- Alkaline earth metals (yellow)
- Transition metals (pink)
- Lanthanides (light blue)
- Actinides (light purple)
- Light metals (light green)
- Heavy metals (dark green)
- Non-metals (light blue)
- Gas (black)
- Solids (white)
- Liquids (light blue)
- Gas (black)

Key elements highlighted in blue include: H, He, Li, Be, Na, Mg, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Se, Br, Kr, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Tc, Ru, Rh, Pd, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Te, I, Xe, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Fr, Ra, Ac, Th, Pa, U, Np, Pu, Am, Cm, Bk, Cf, Es, Fm, Md, No, Lr.

Key elements highlighted in orange include: La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Ac, Th, Pa, U, Np, Pu, Am, Cm, Bk, Cf, Es, Fm, Md, No, Lr.

Superamas Amas Galaxies Étoiles Planètes

Macroévolution

Océan prébiotique  
 Procaryotes  
 Eucaryotes  
 Organismes multicellulaires  
 Hommes  
 Sociétés humaines

?

Cerveaux humains  
 Cerveaux  
 Génomes  
 Gènes  
 Chaînes moléculaires

Atomes lourds

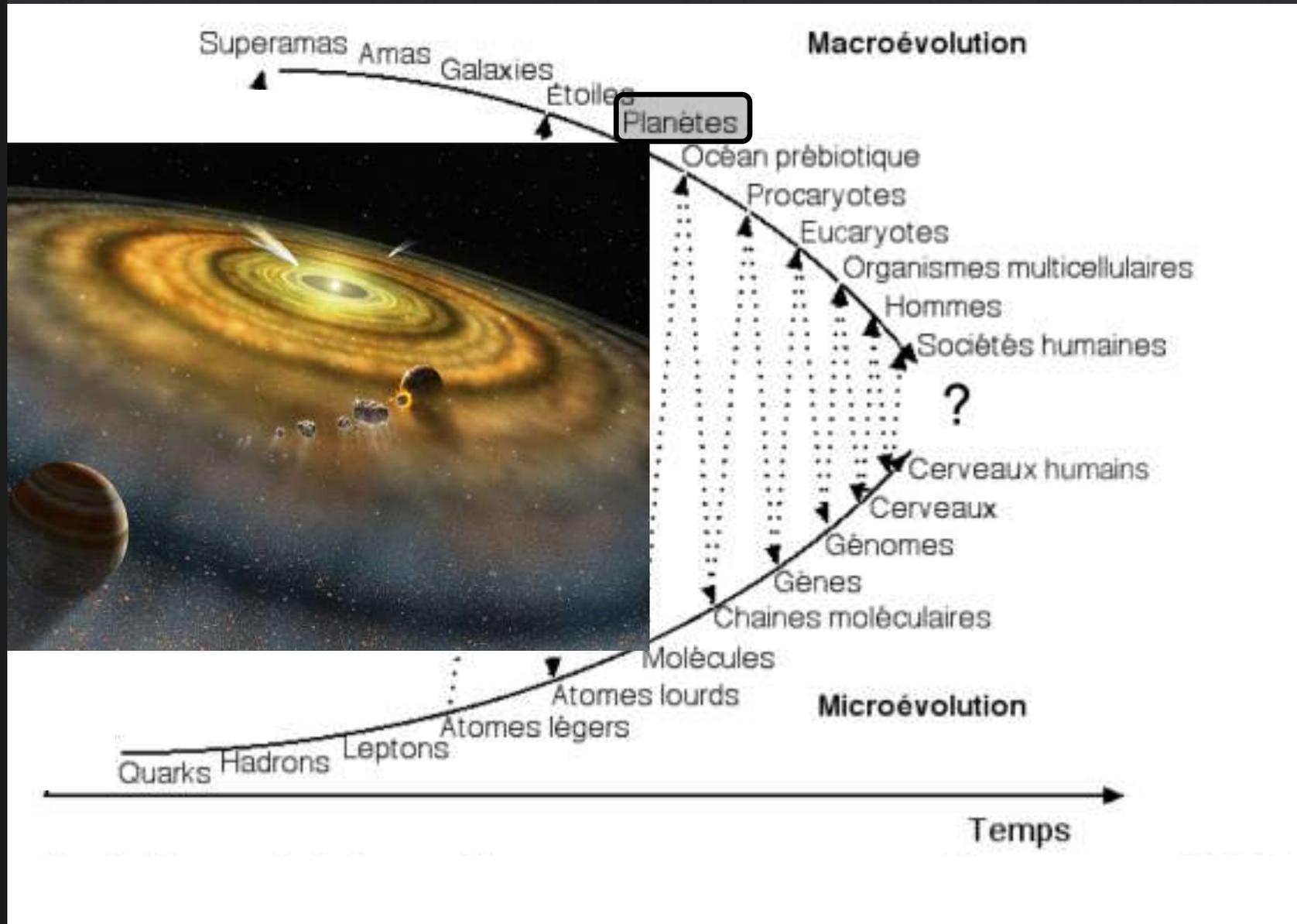
Microévolution

Quarks Hadrons Leptons Atomes légers

Temps

C'est encore **la force gravitationnelle qui va repartir le bal localement** à certains endroits du cosmos. Comme dans cette nébuleuse de gaz et de poussière qui s'est condensée pour former notre Soleil et les planètes qui tournent autour, il y a un peu plus de 4,5 milliards d'années.

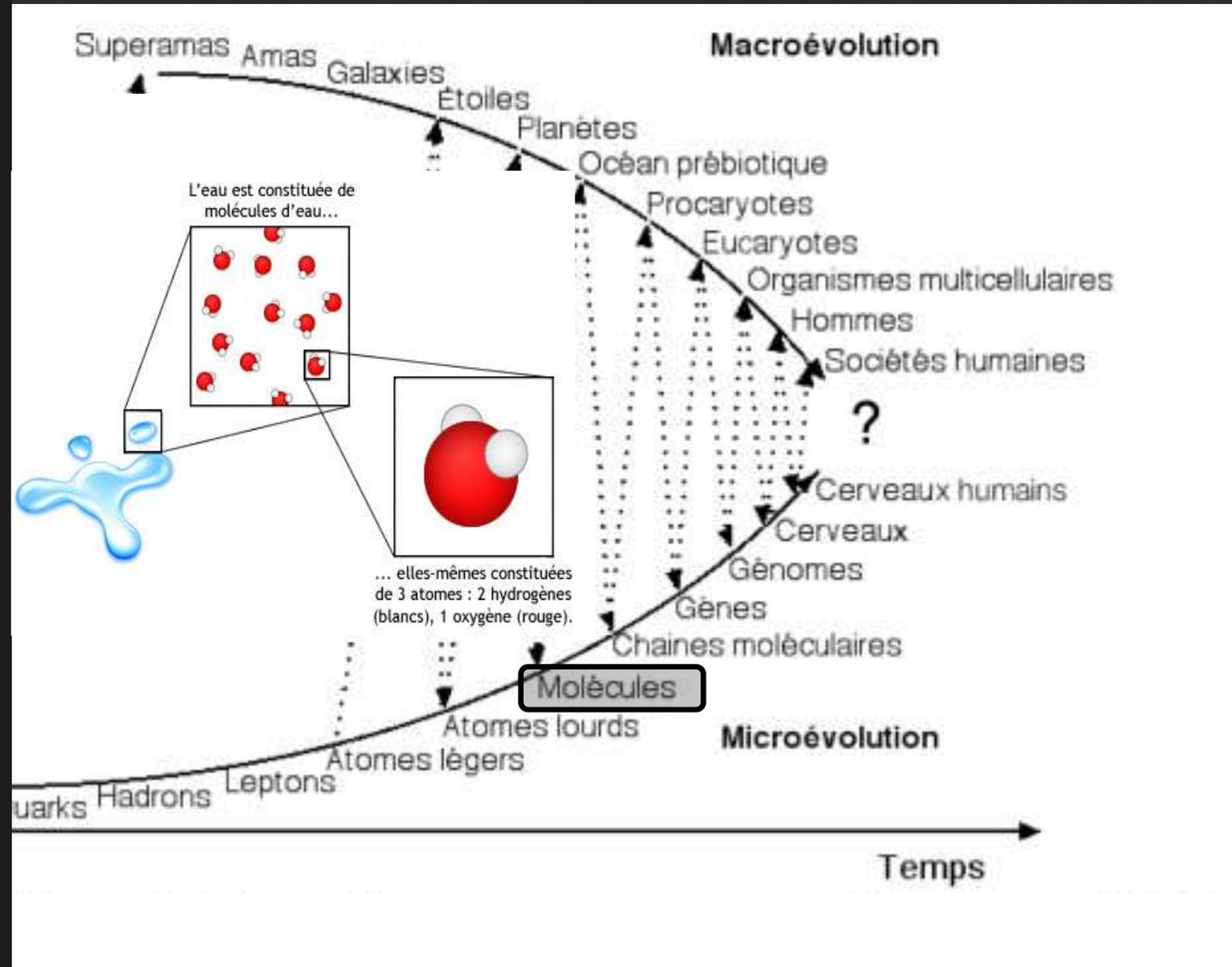
**Notre Terre** se forme donc à ce moment-là dans ce que les astronomes appellent **la zone habitable**.



**Zone habitable** : ni trop proche ni trop loin du Soleil pour qu'il y ait de l'eau liquide, nécessaire pour que la vie puisse se développer.

La Terre étant trop chaude au début pour qu'il y ait de l'eau liquide, il va falloir attendre que ça se refroidisse et que des comètes et des astéroïdes glacés bombardent notre planète et contribuent à y apporter les précieuses molécules de H<sub>2</sub>O.

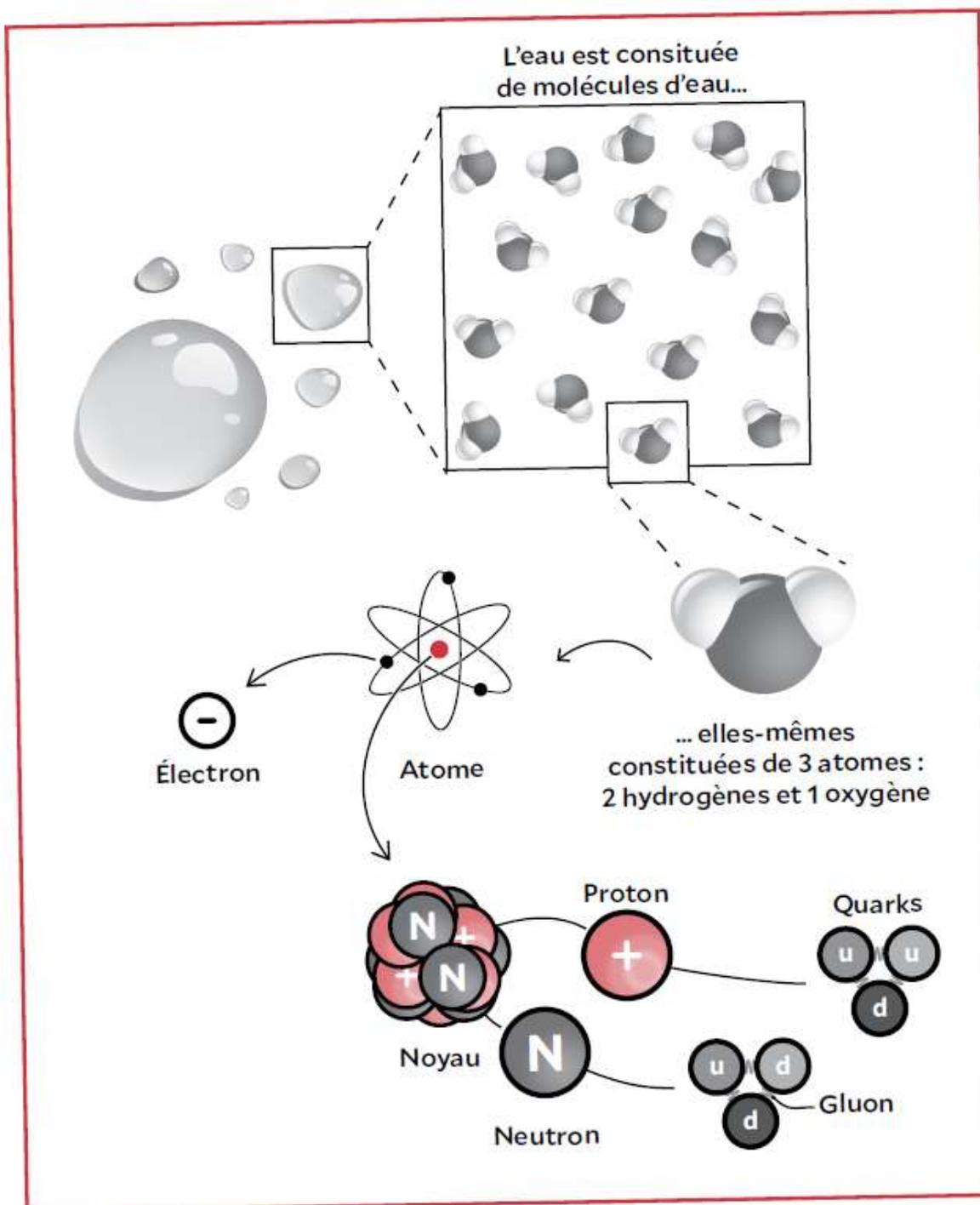
Donc **DE NOUVELLES PROPRIÉTÉS** vont pouvoir **ÉMERGER** grâce à cette molécule dans cet état !



Dans l'histoire de la science et de la philosophie occidentale, il y a toujours eu une tension entre deux quêtes :

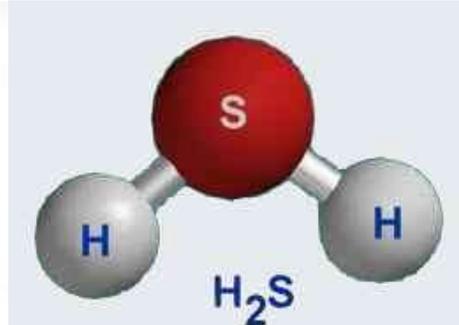
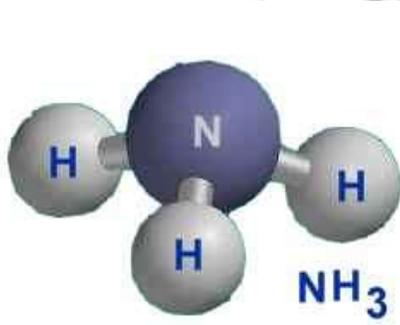
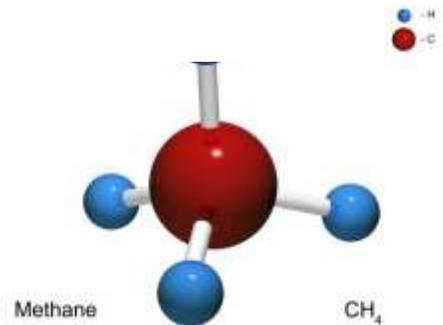
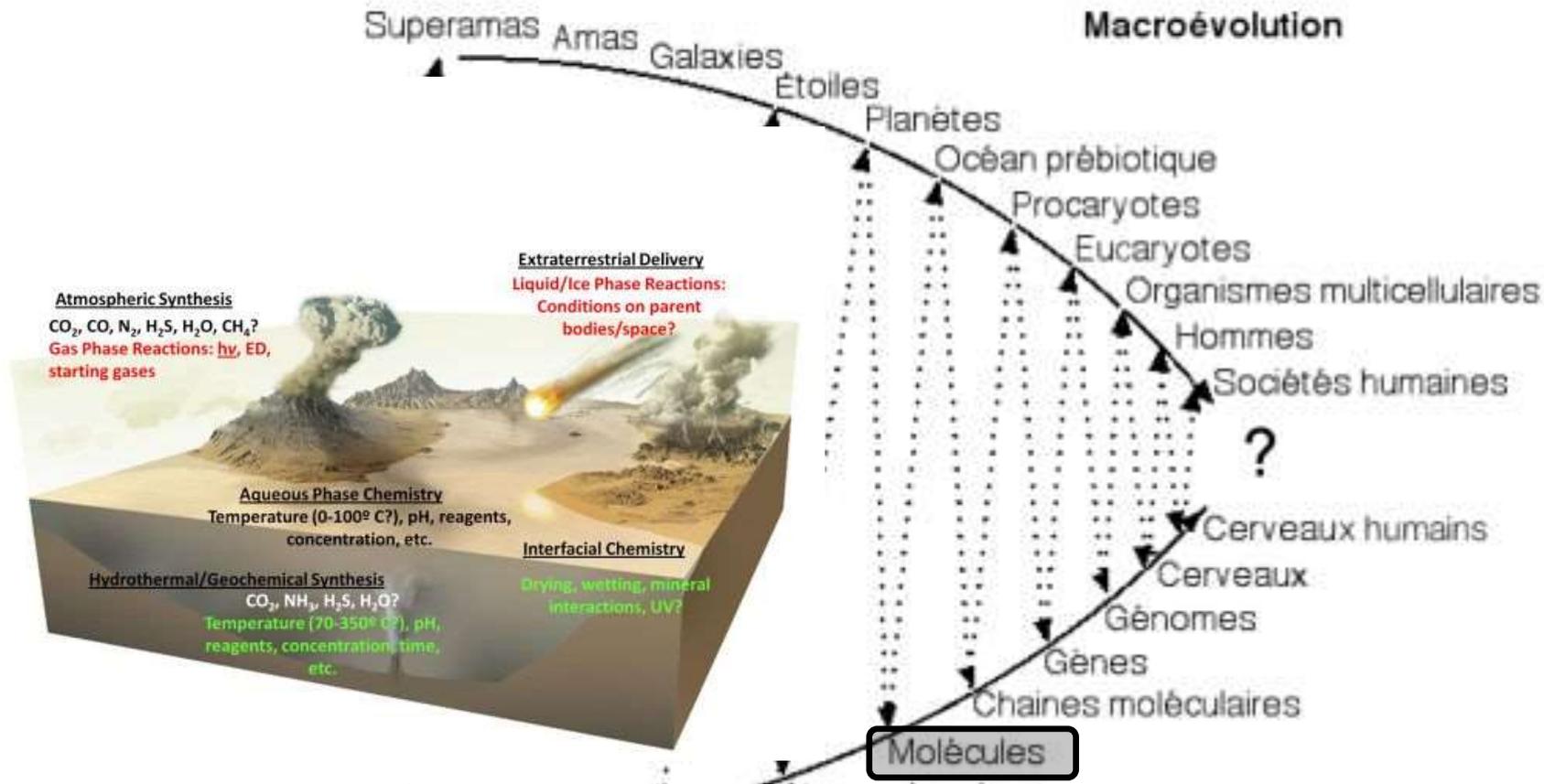
- 1) l'étude de la **matière**, (de quoi sont faites les choses ?)
- 1) l'étude de la **forme**, (comment s'organise cette matière, quel est le pattern

[on y revient dans un instant...]



Évolution chimique

Évolution cosmique

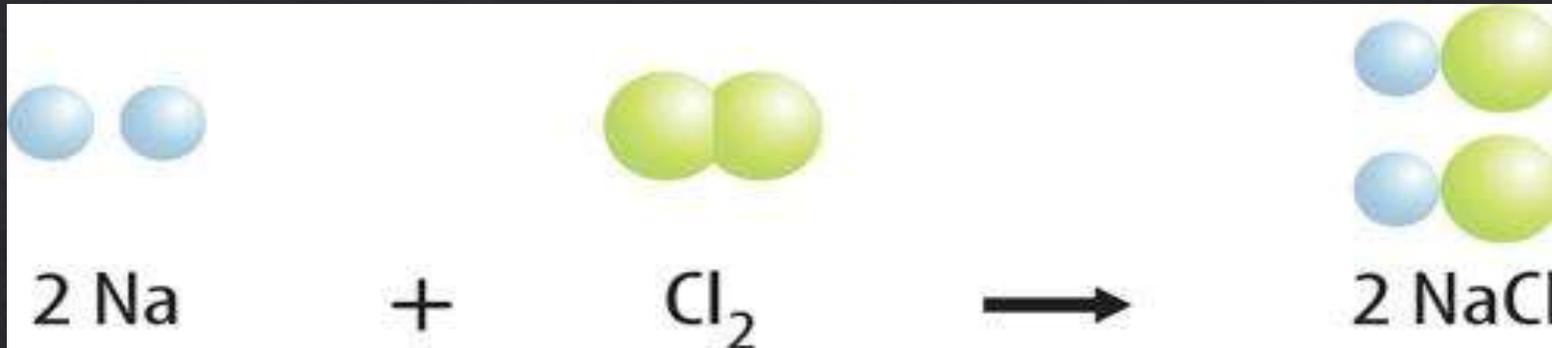


Une molécule, c'est simplement un assemblage d'atomes. Il peut y en avoir deux, comme ceux que je viens de nommer, mais il peut aussi y en avoir des dizaines, des centaines, voire des milliers !

Ces atomes sont liés entre eux par différents types de liaisons chimiques.

Ce qu'il faut comprendre ici, et qui est au cœur de toute cette discipline qu'est la chimie, c'est que l'assemblage d'atomes qui constitue une molécule n'est pas définitif. Il est susceptible de subir des modifications grâce à ce qu'on appelle une **réaction chimique**.

# Exemple de réaction chimique avec apparition de propriétés émergentes :



Mêmes atomes avant et après la réaction chimique,



+



=



Sodium (Na)  
(métal hautement inflammable)

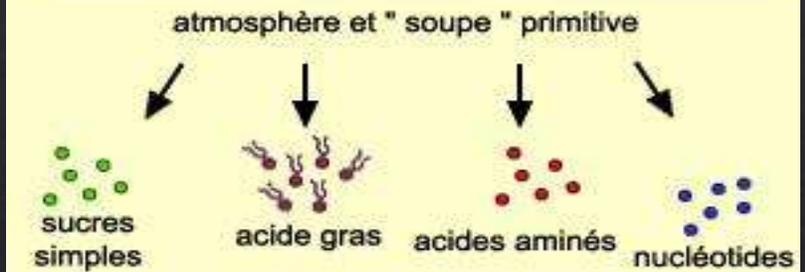
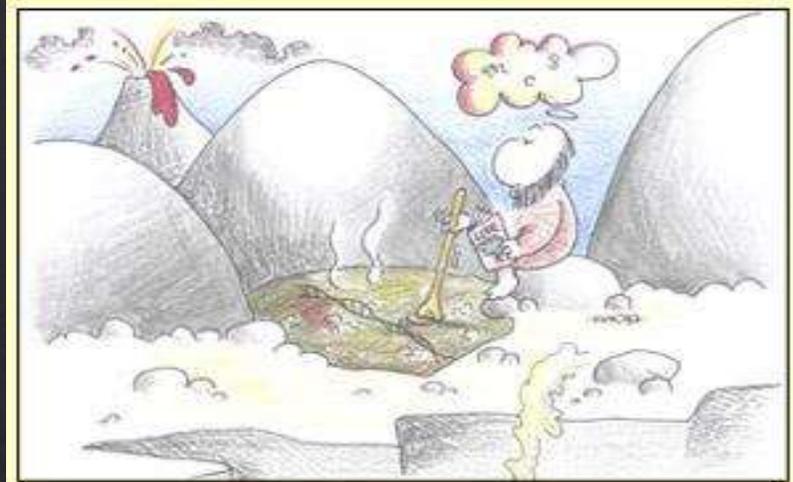
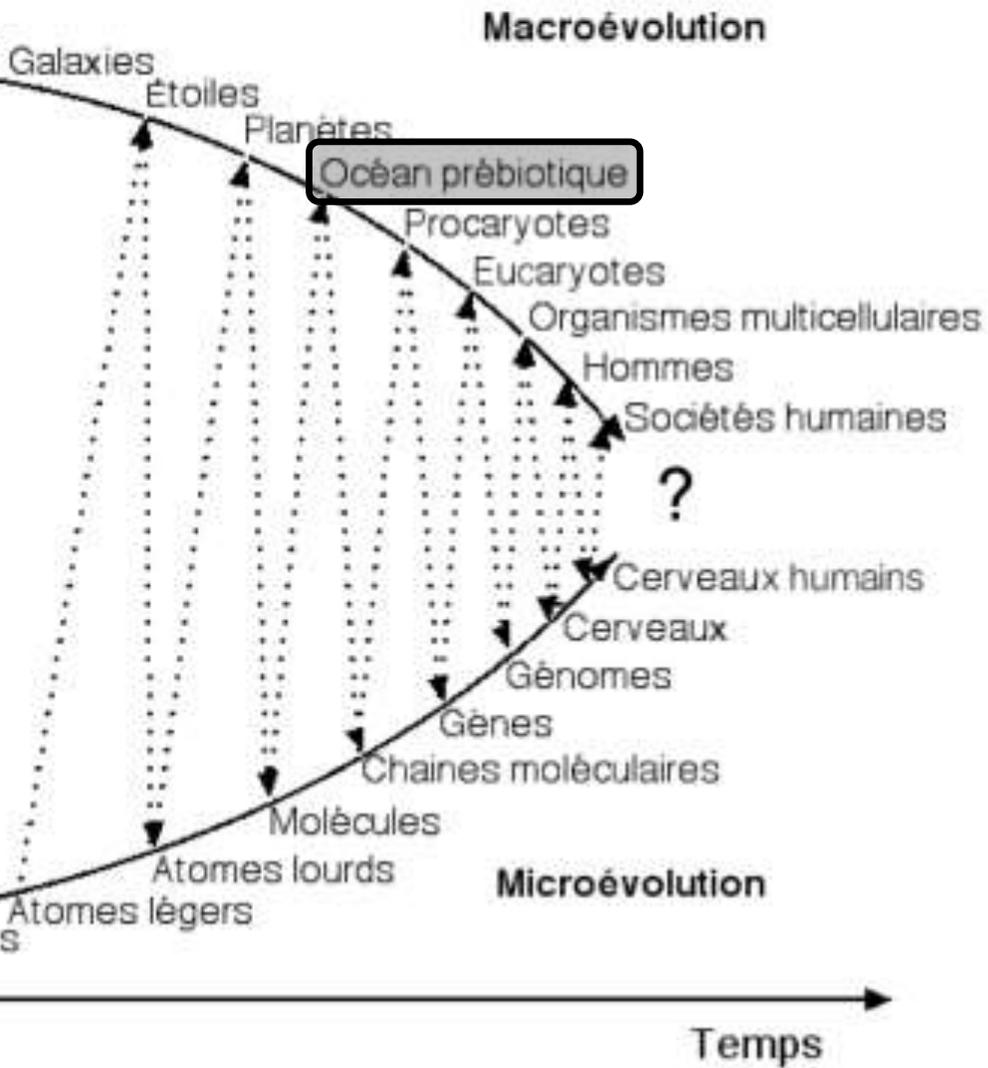
Chlore (Cl)  
(gaz très toxique)

Chlorure de sodium (NaCl)  
(sel de table,  
parfaitement comestible)

mais des propriétés complètement nouvelles quand ils s'assemblent pour former du sel.

From this example, we also see how macroscopic properties such as pressure and temperature are emergent behaviors: they make sense only when we look at a system—or a sufficiently large portion of it—holistically. We can't speak of temperature for one or a few molecules.

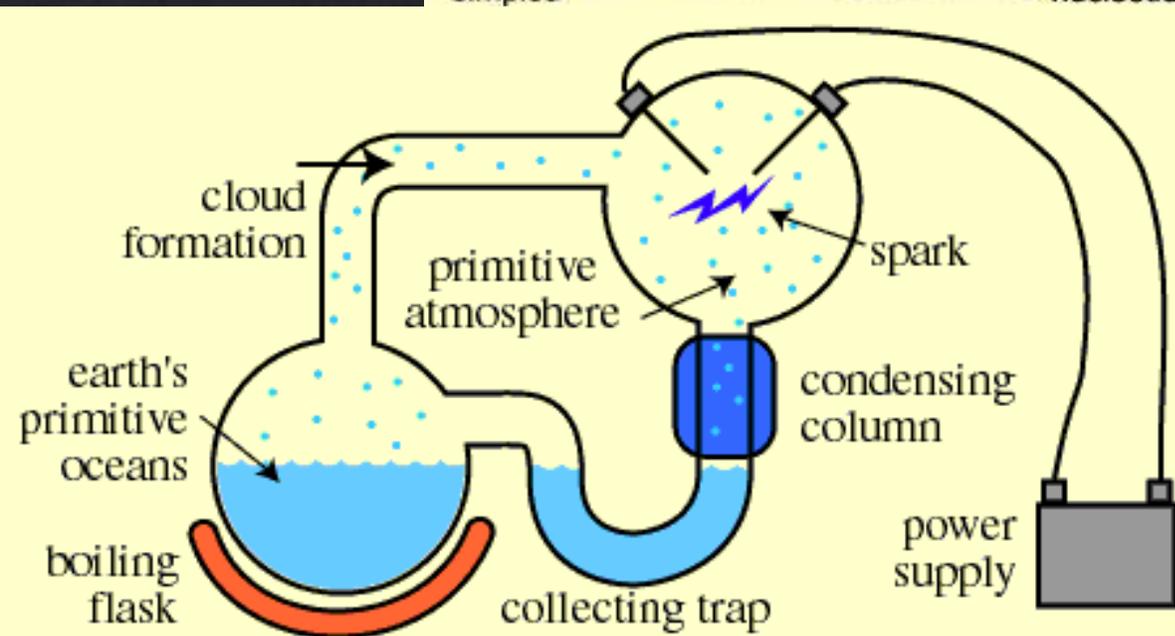
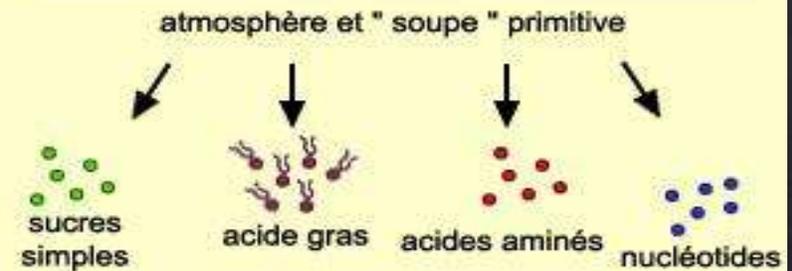
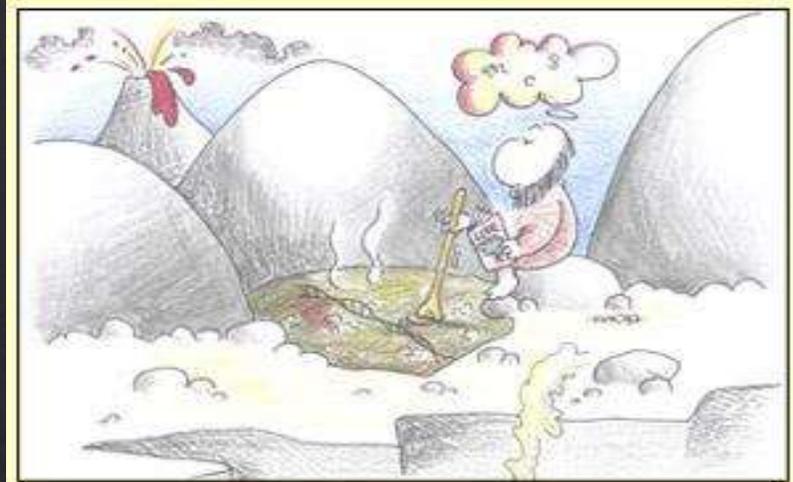
« The Blind Spot » (2024)

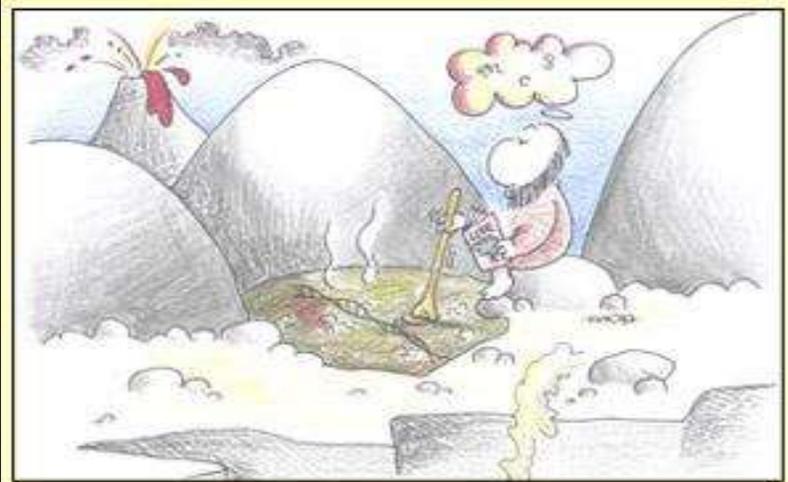


Ces molécules simples ont pu se complexifier jusqu'à un certain point dans les « **mares chaudes** » dont parlait déjà Darwin et qu'on a ensuite appelé « **soupe primitive** ».

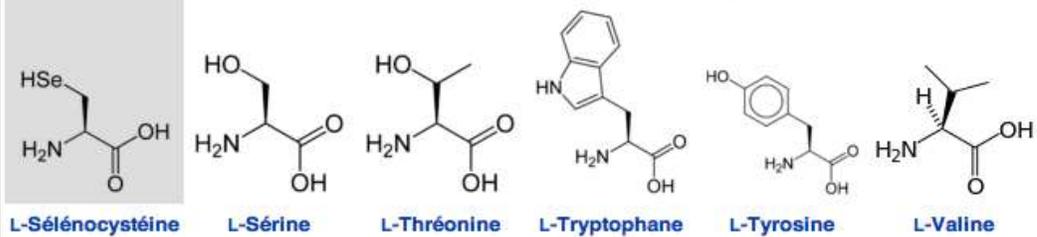
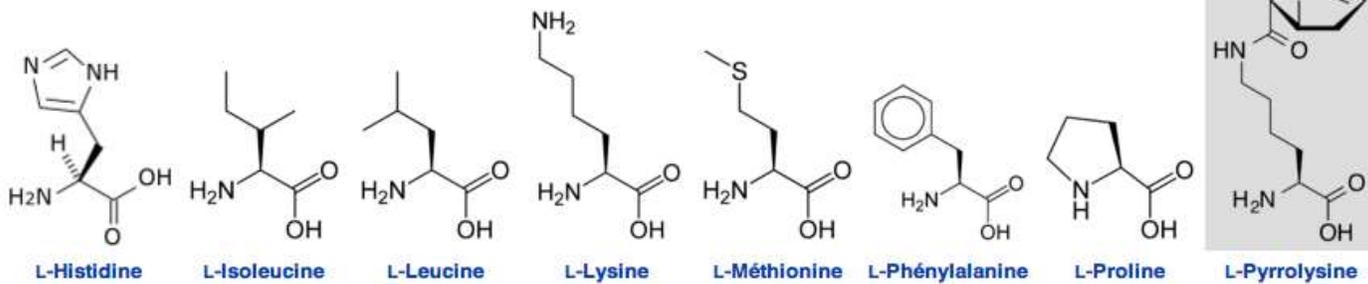
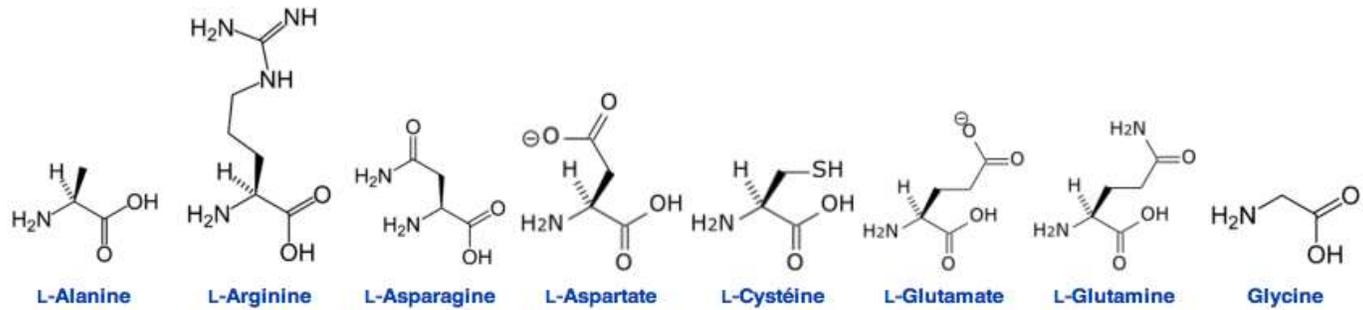
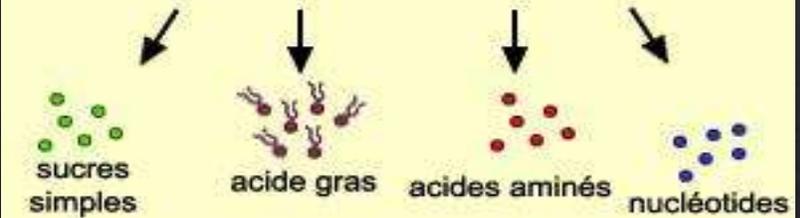
**1953, Miller et Urey :**  
confirment cette  
hypothèse par une  
célèbre expérience in  
vitro où des molécules  
organiques apparaissent

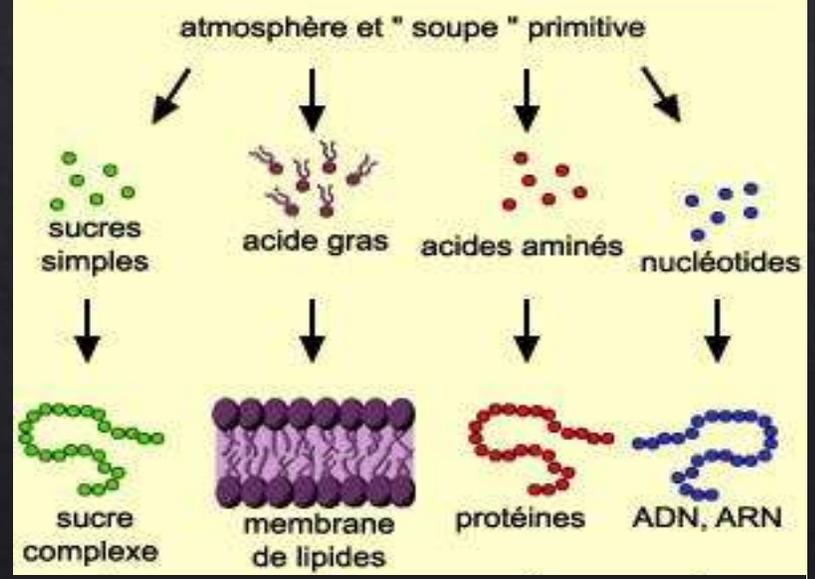
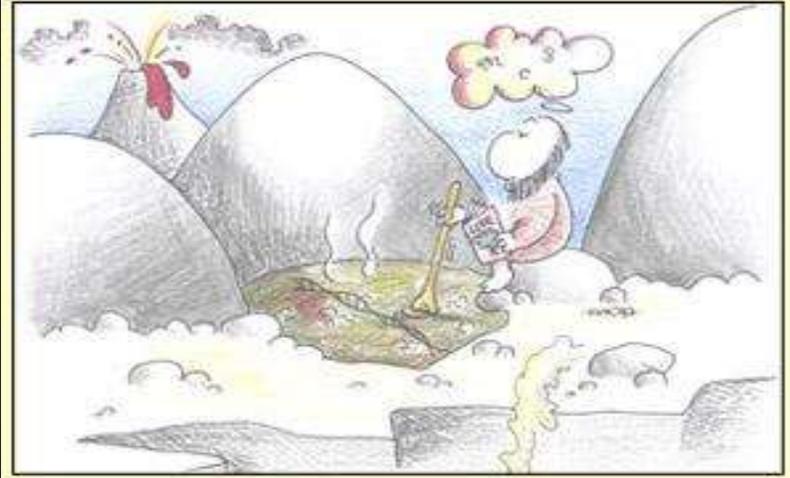
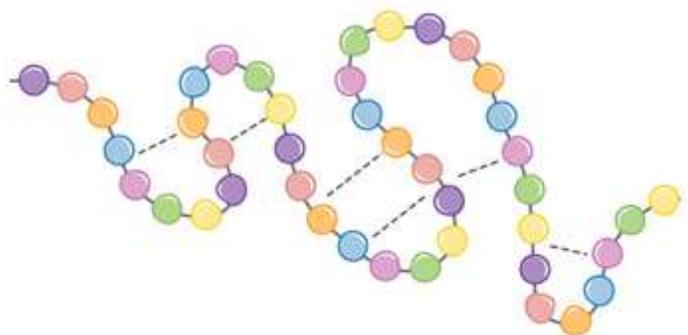
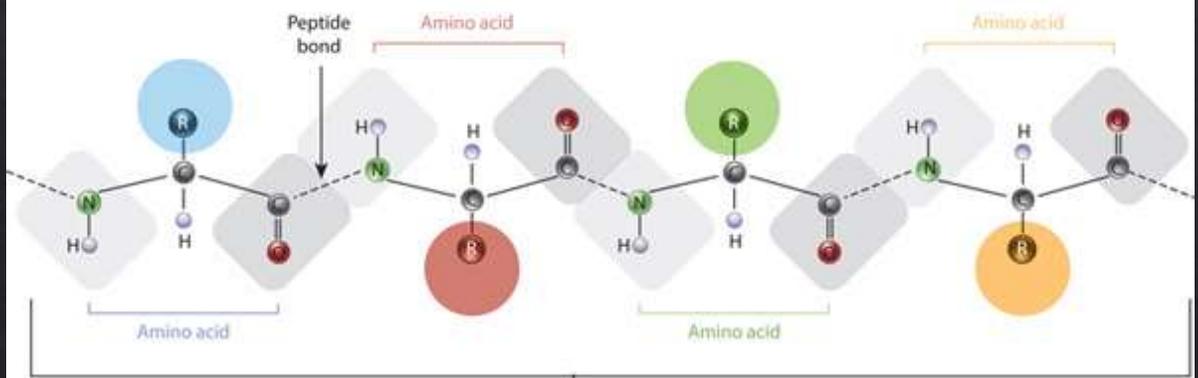
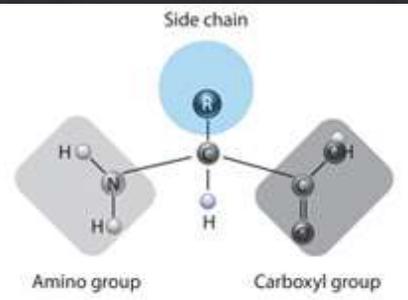
(**acides aminés, etc.**)

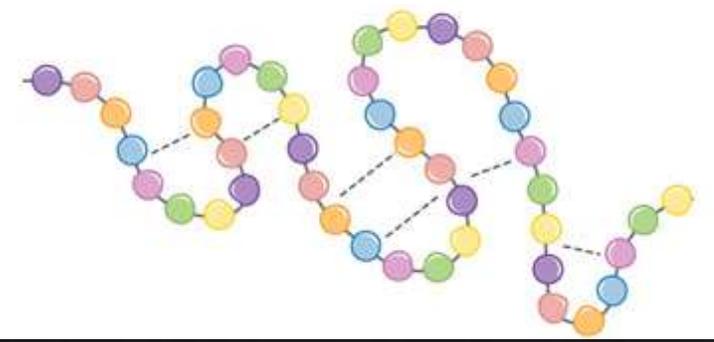
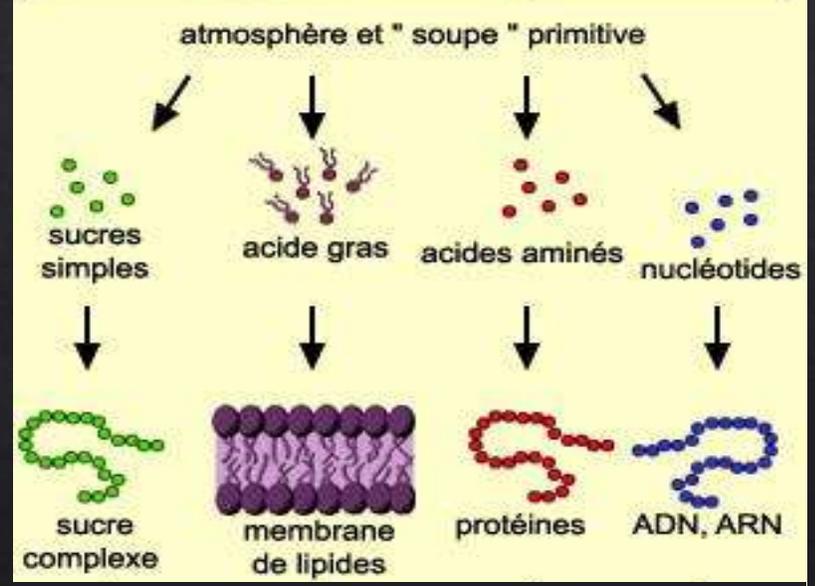
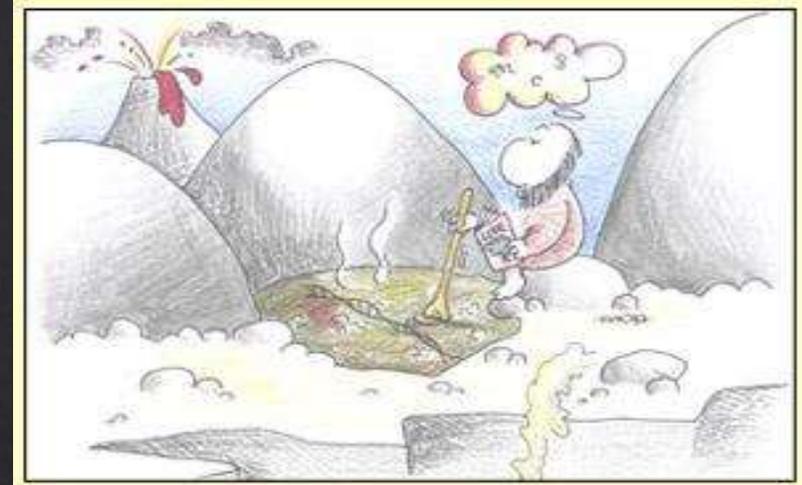
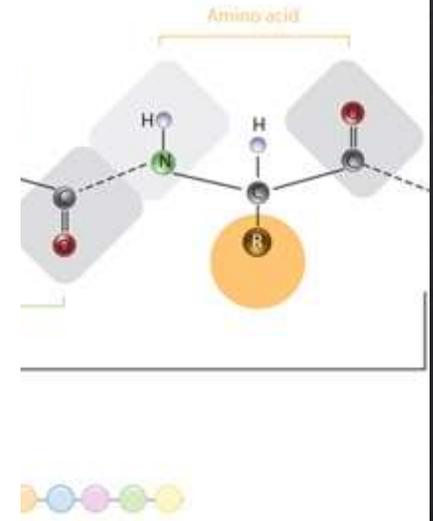
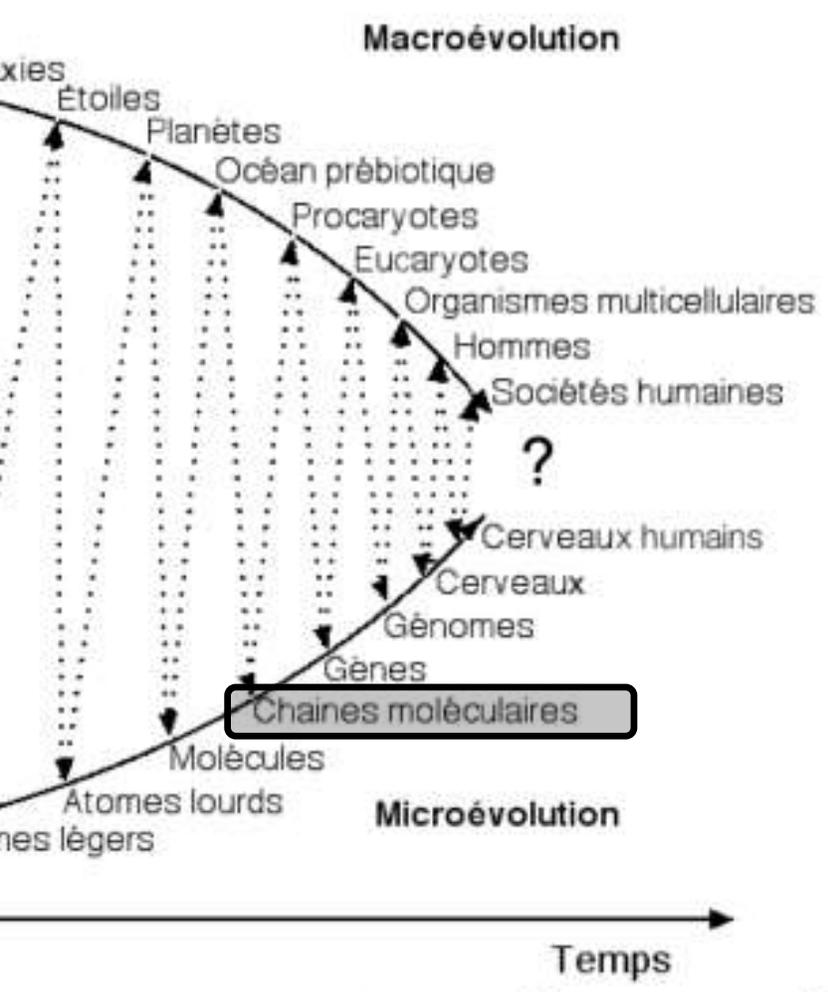




atmosphère et "soupe" primitive





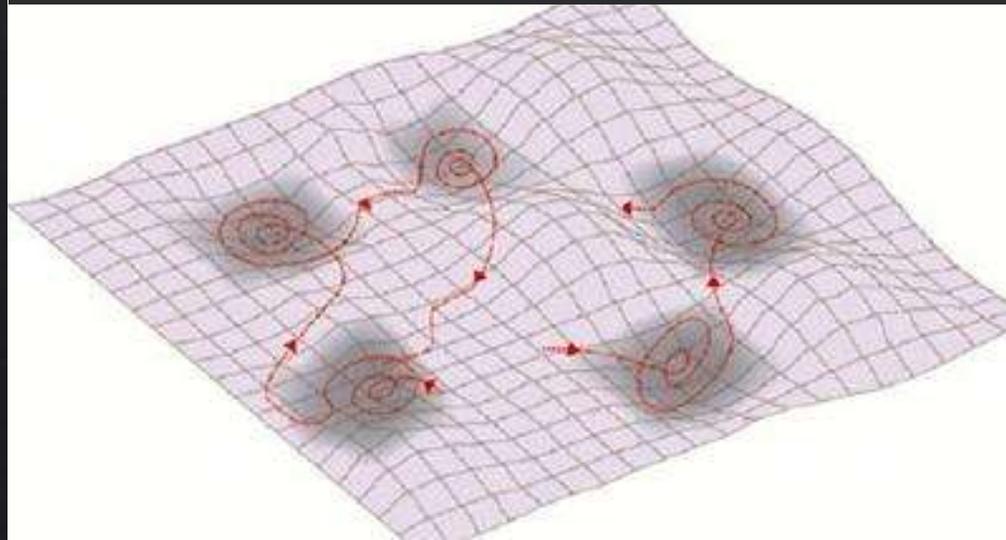
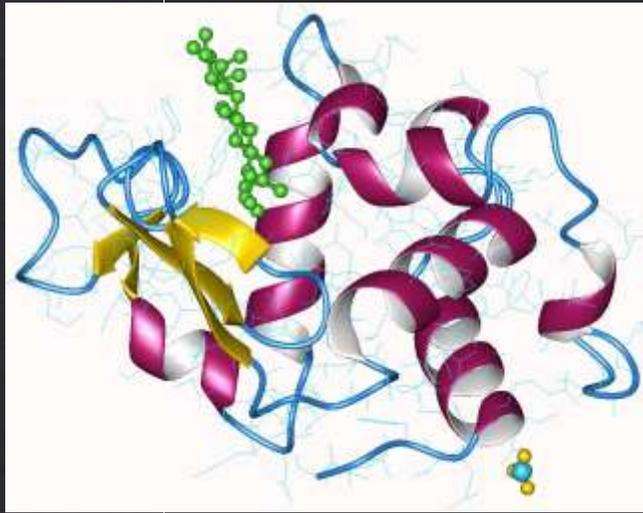


De combien de façons une suite de 129 acides aminés, comme celle de l'enzyme **lysozyme**, peut-elle exister?

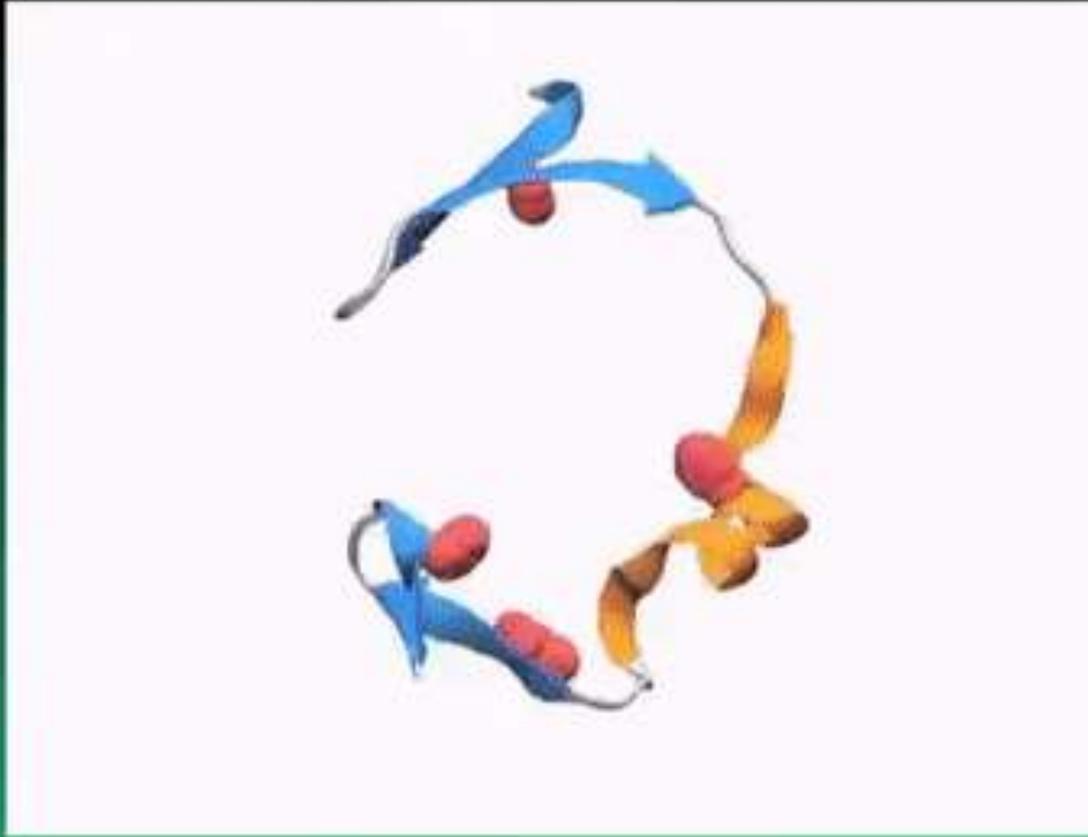
Comme il existe 20 acides aminés différents, cela donne  $20^{129}$ ,  
ou encore  $10^{168}$  (10 suivi par 168 zéros).

C'est carrément impensable que l'évolution ait eu le temps d'essayer toutes les combinaisons pour arriver au lysozyme.

Autrement dit, **ce ne sont plus seulement les formes les plus stables qui vont perdurer comme avec les molécules plus simples, mais des formes « suffisamment stables » pour exister sans être pour autant optimales.** Des formes, surtout, qui découlent d'essais aléatoires, d'accidents de parcours.



Forme d'une protéine =  
événements contingents (structure primaire) + auto-organisation (charges, etc.)

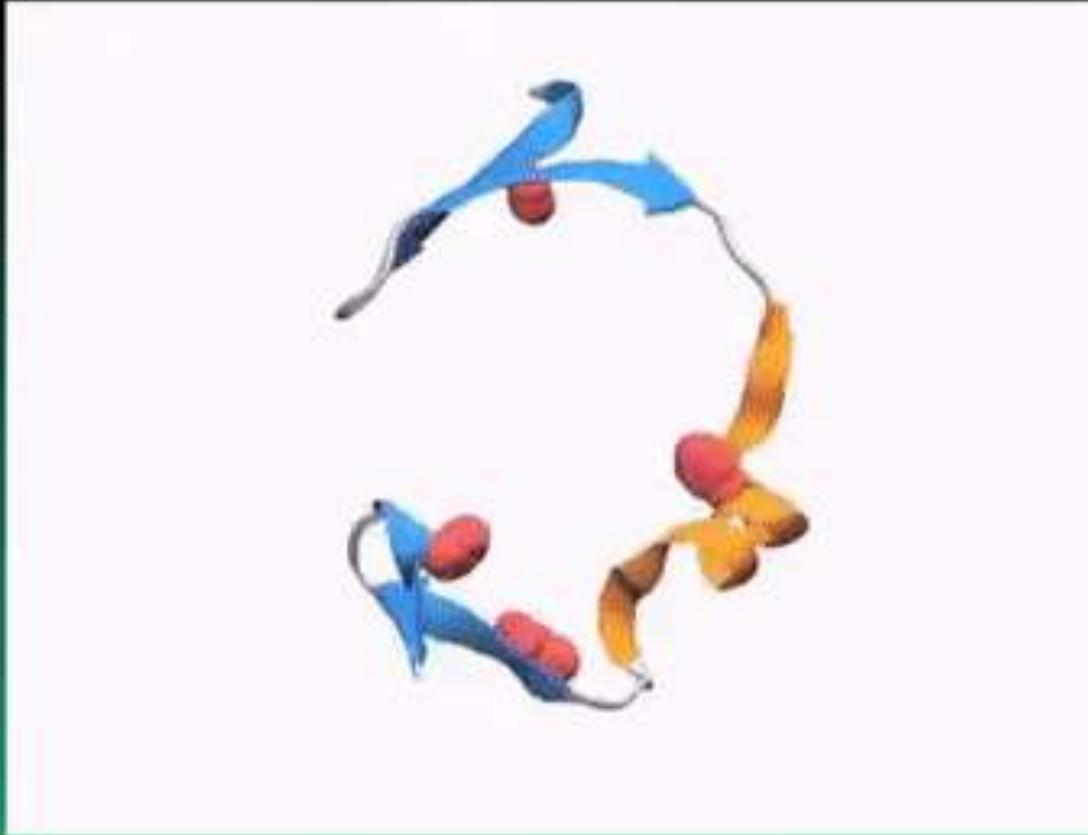


## The protein folding problem: a major conundrum of science

Ken Dill at TEDxSBU

<https://www.youtube.com/watch?v=zm-3kovWpNQ> [ 5:30 à 6:00 ]

Forme d'une protéine =  
événements contingents (structure primaire) + auto-organisation (charges, etc.)



Donc, la biologie,  
contrairement à la chimie  
ou à la physique avec ses  
lois intemporelles, devient  
une science « **historique** ».

Avec toutes sortes de  
conditions **contingentes**, de  
petites **bifurcations** dues au  
hasard qu'on ne connaîtra  
sans doute jamais et qui vont  
faire en sorte qu'à partir de là  
plus rien n'est écrit d'avance.

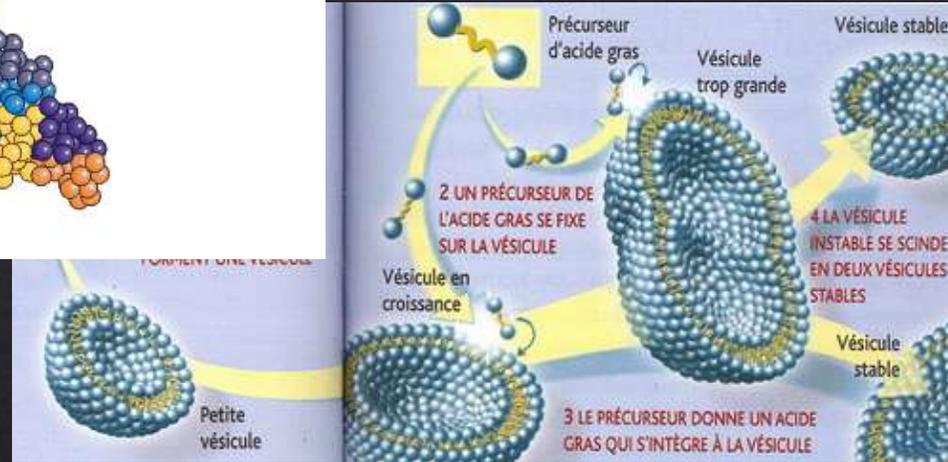
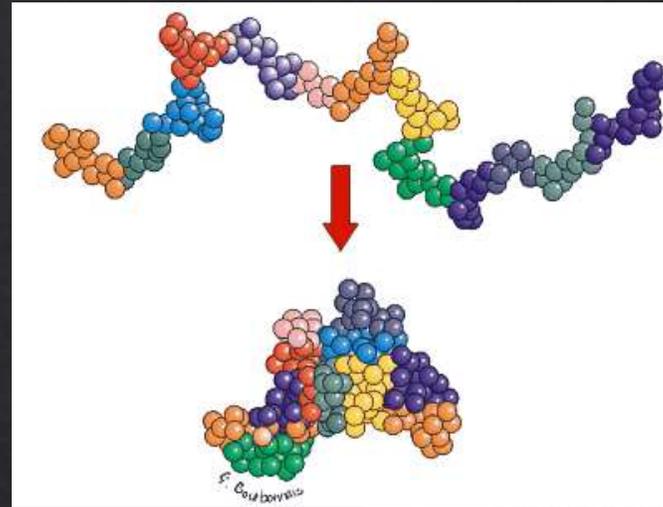
## The protein folding problem: a major conundrum of science

Ken Dill at TEDxSBU

<https://www.youtube.com/watch?v=zm-3kovWpNQ> [ 5:30 à 6:00 ]

# Auto-organisation

2) l'étude de la **forme**,  
(comment s'organise  
cette matière, quel est  
le pattern ?)



Évolution chimique

et biologique

« Pas de membrane, pas de cellules. Pas de cellules, pas de neurones. Pas de neurones, pas de cerveaux humains non plus ! Parce que chaque neurone de notre cerveau possède une membrane formée d'une **bicouche lipidique**. Sans cet événement très ancien d'auto-organisation entre différentes molécules, on serait pas ici ce soir pour en parler.

**Commentaires ?**  
**Questions ?**

**« Nous sommes faits de poussières d'étoiles »**

**Les « niveaux d'organisation » et les « propriétés émergentes »**

**De l'évolution cosmique à l'évolution chimique**

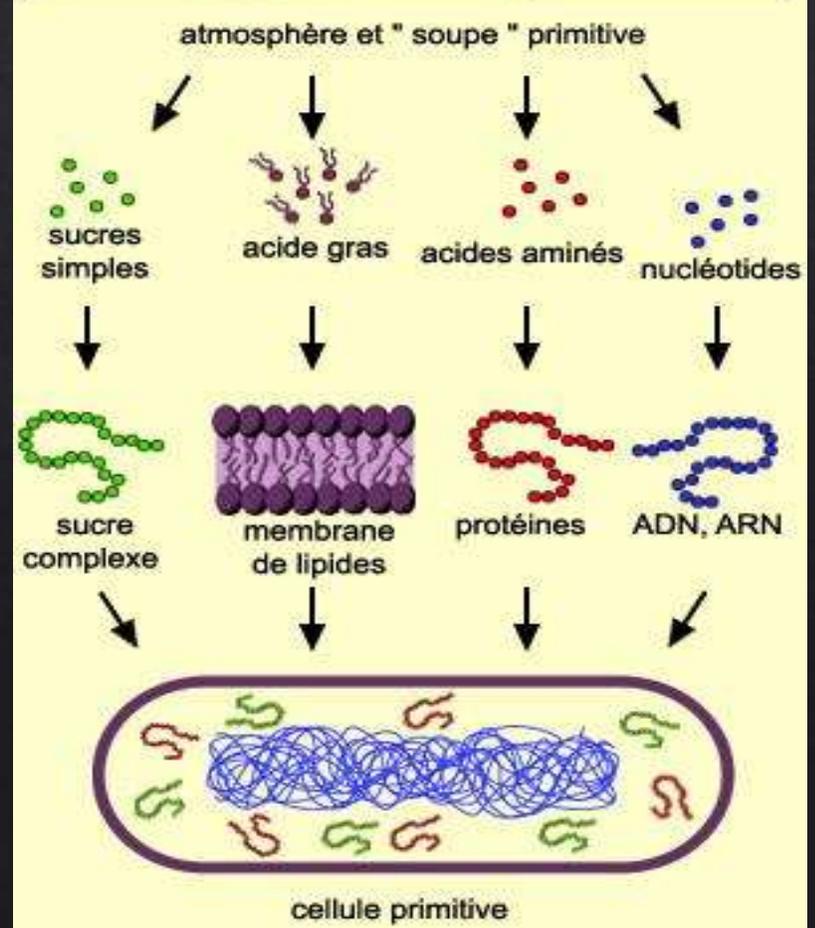
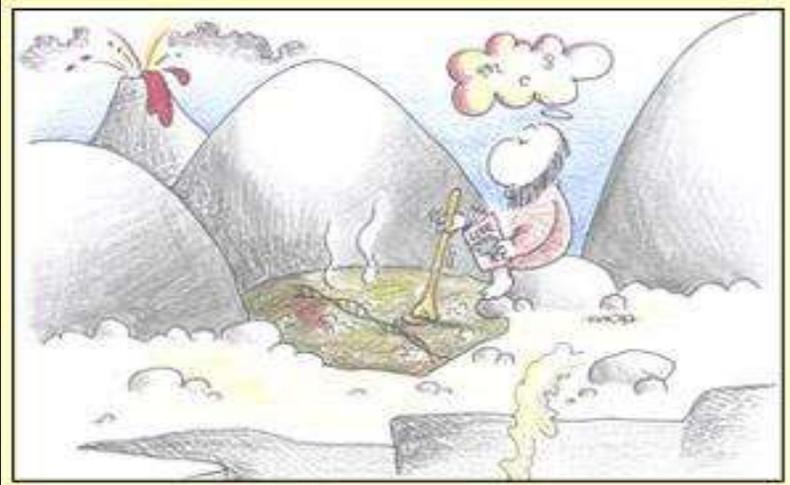
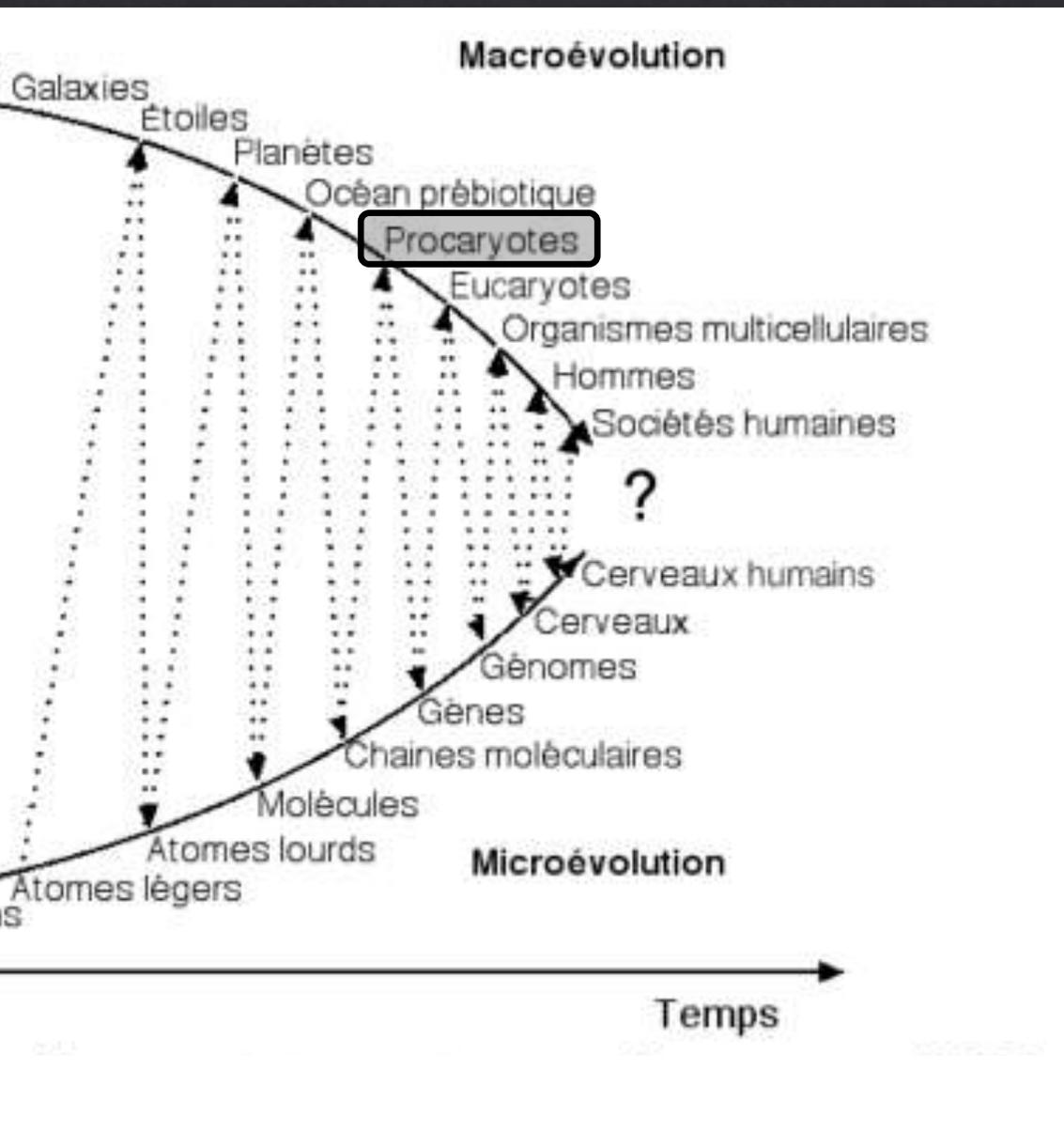
**Qu'est-ce que la vie ?**

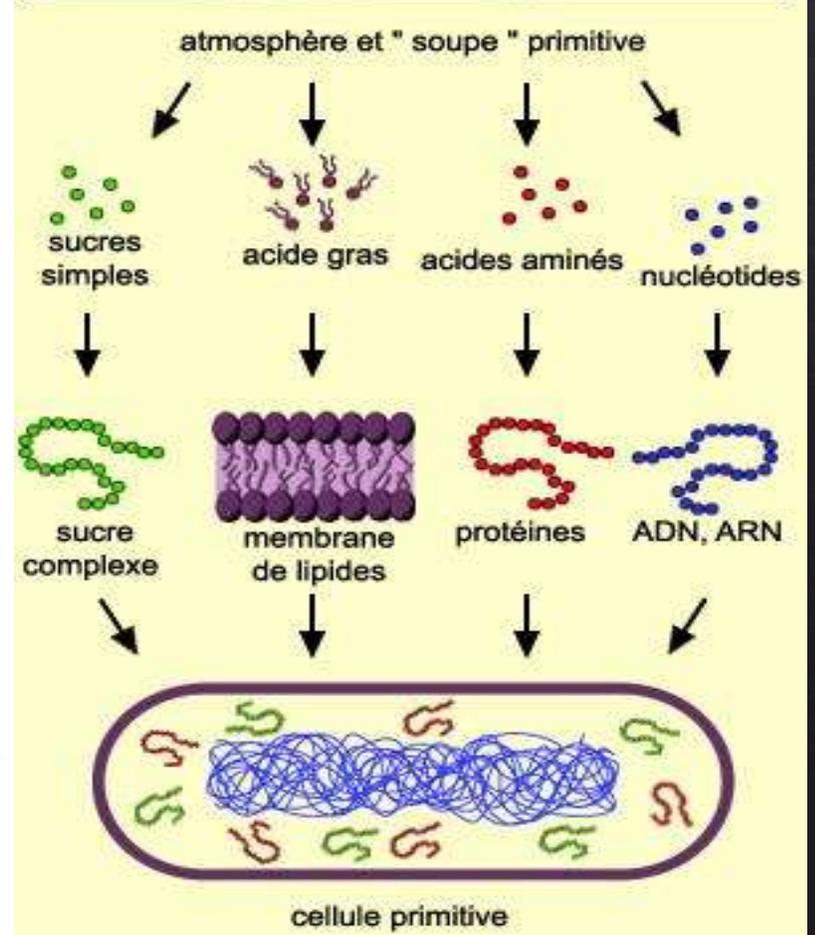
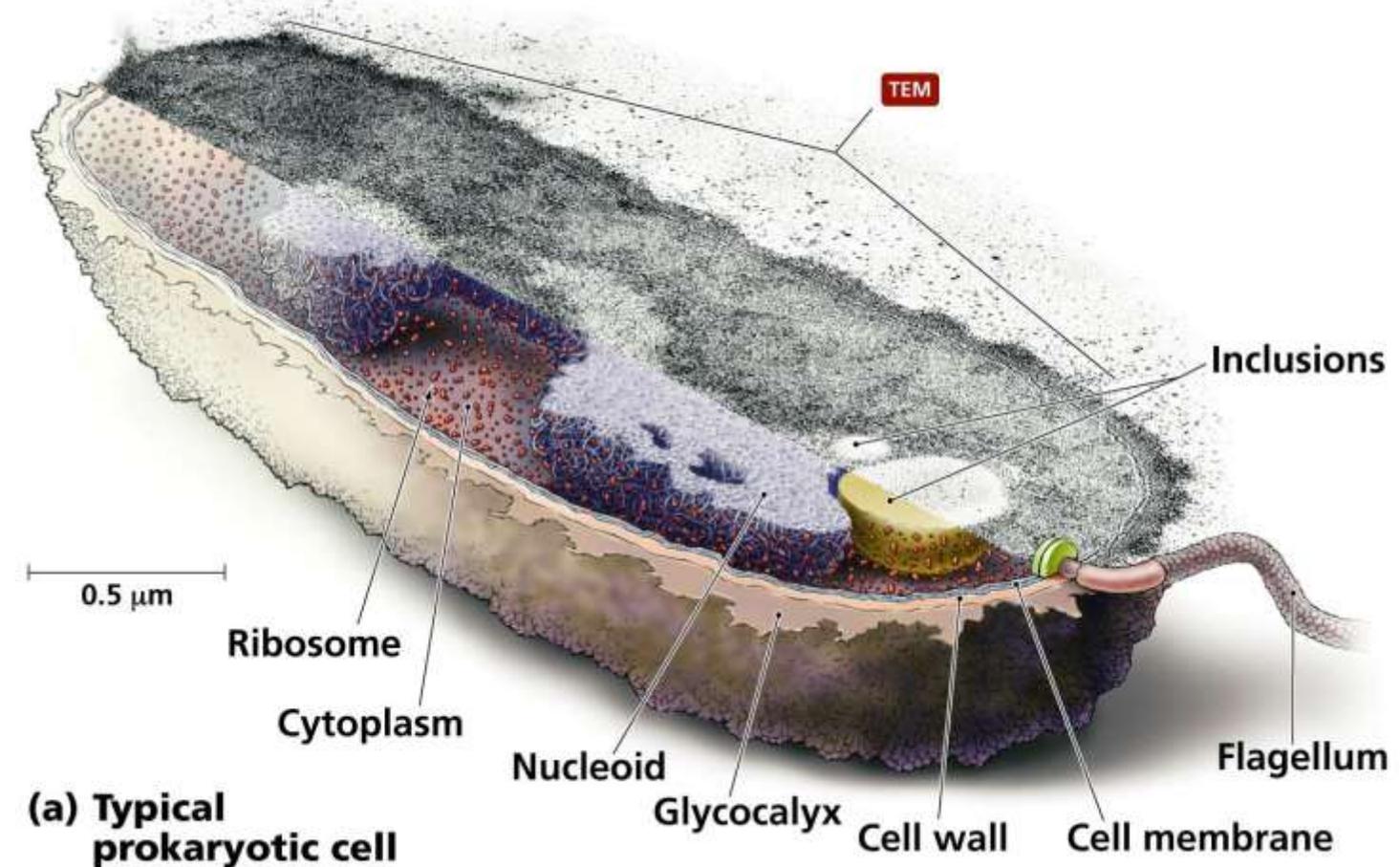
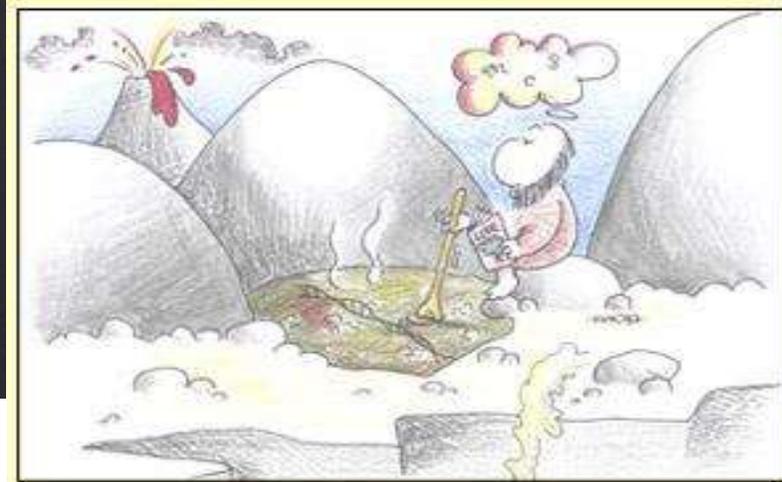
**La reproduction et la sélection naturelle**

**Le passage aux multicellulaires et à la spécialisation cellulaire**

**L'origine des systèmes nerveux**

**L'expansion spectaculaire du volume cérébral durant l'hominisation**





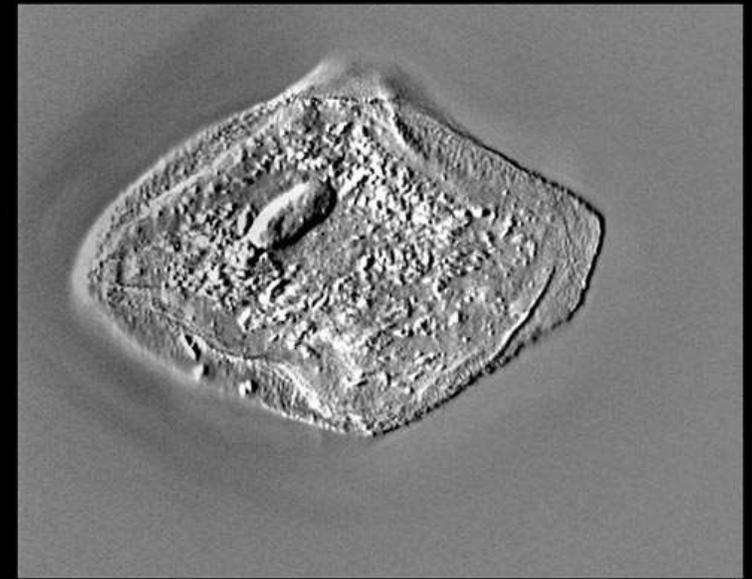
Pour comprendre ce qu'est une **cellule vivante**,  
une notion très utile est celle d'autopoïèse,  
élaborée par Francisco Varela et Humberto Maturana  
dans les années 1970.



« Notre proposition est que les être vivants sont caractérisés  
par le fait que, littéralement, ils sont continuellement en train  
de **s'auto-produire**. »

*(L'arbre de la*

*connaissance, p.32)*



An image of a human buccal epithelial cell obtained using  
Differential Interference Contrast (DIC) microscopy  
([www.canisius.edu/biology/cell\\_imaging/gallery.asp](http://www.canisius.edu/biology/cell_imaging/gallery.asp))

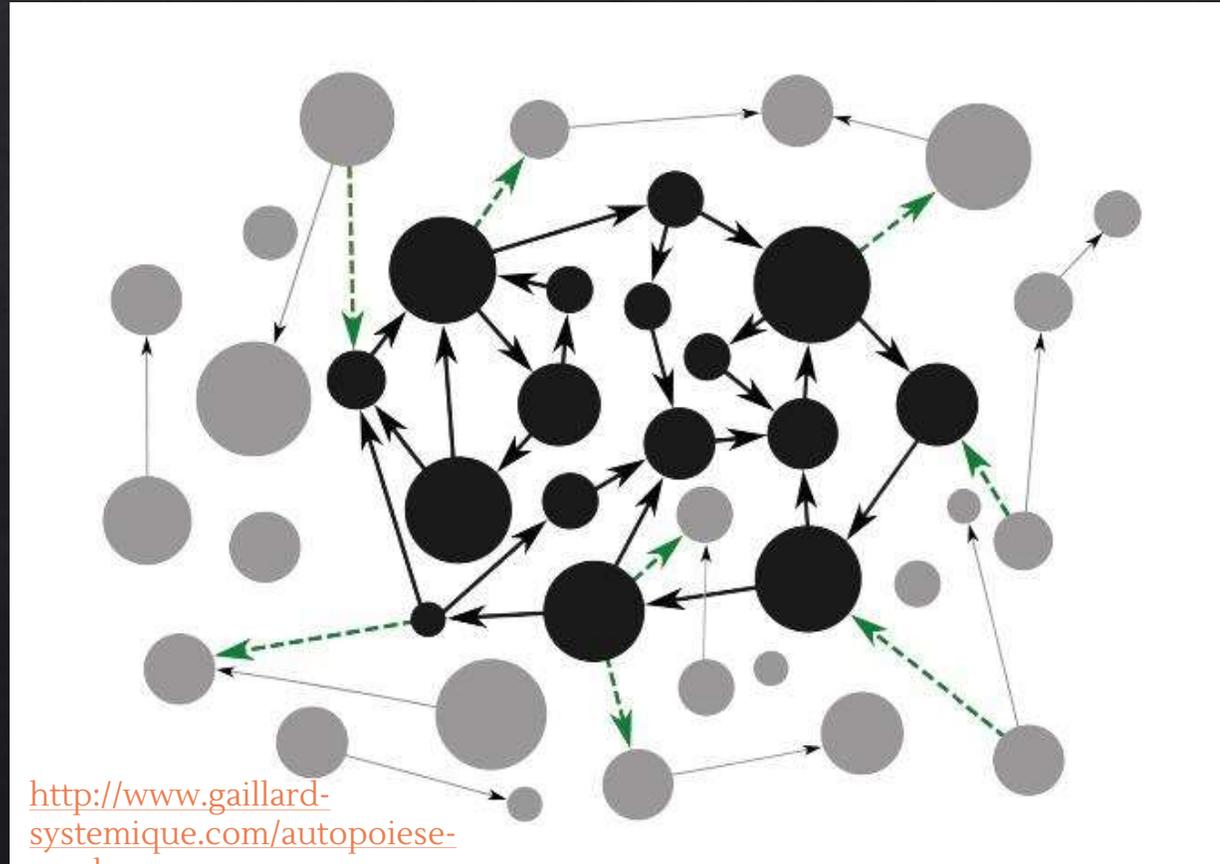
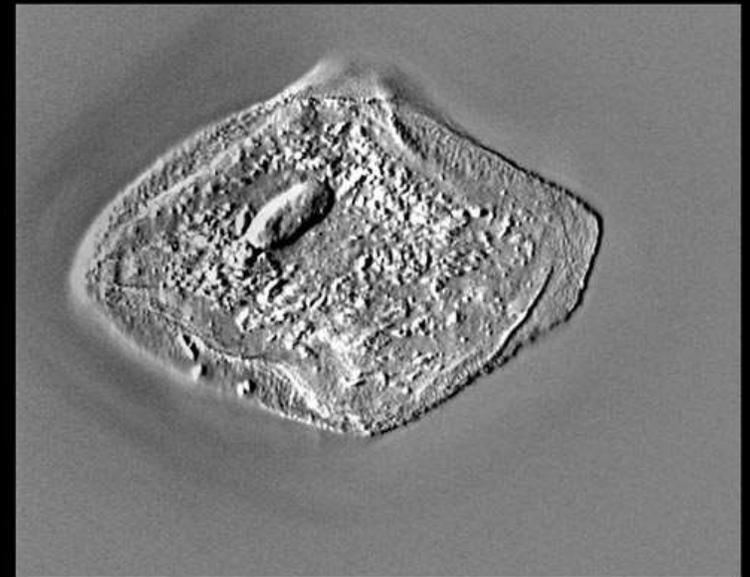
« Un système autopoïétique est un  
**réseau complexe d'éléments** qui,  
par leurs interactions et  
transformations,  
**régénèrent constamment le réseau**  
qui les a produits. »



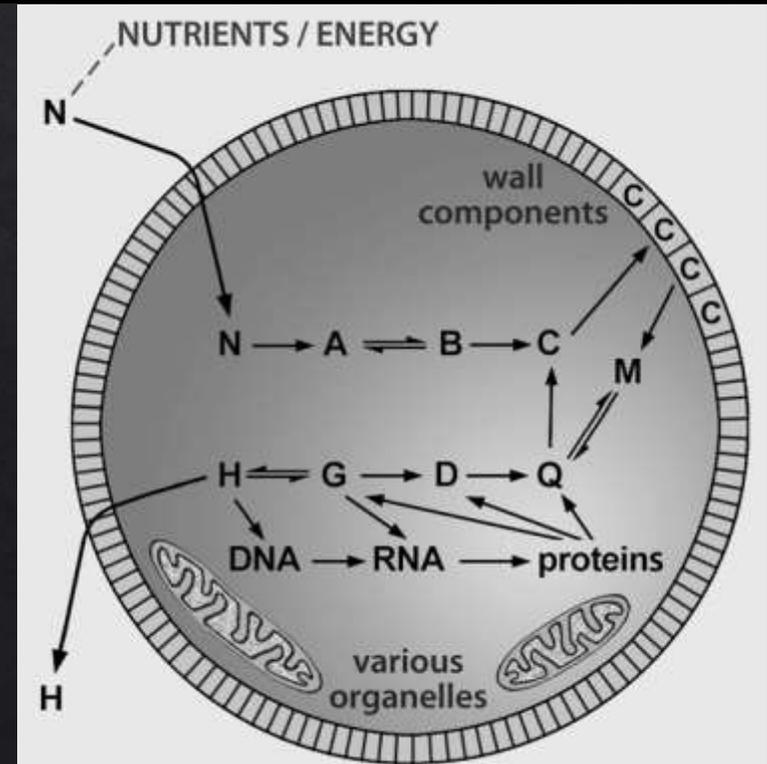
Toute cellule est donc un système **ouvert** sur le plan **thermodynamique**

car elle a besoin de nutriments et rejette des déchets.

Mais demeure un système **fermé** au niveau des «**interactions et transformations** » qu'effectuent ses éléments entre eux.

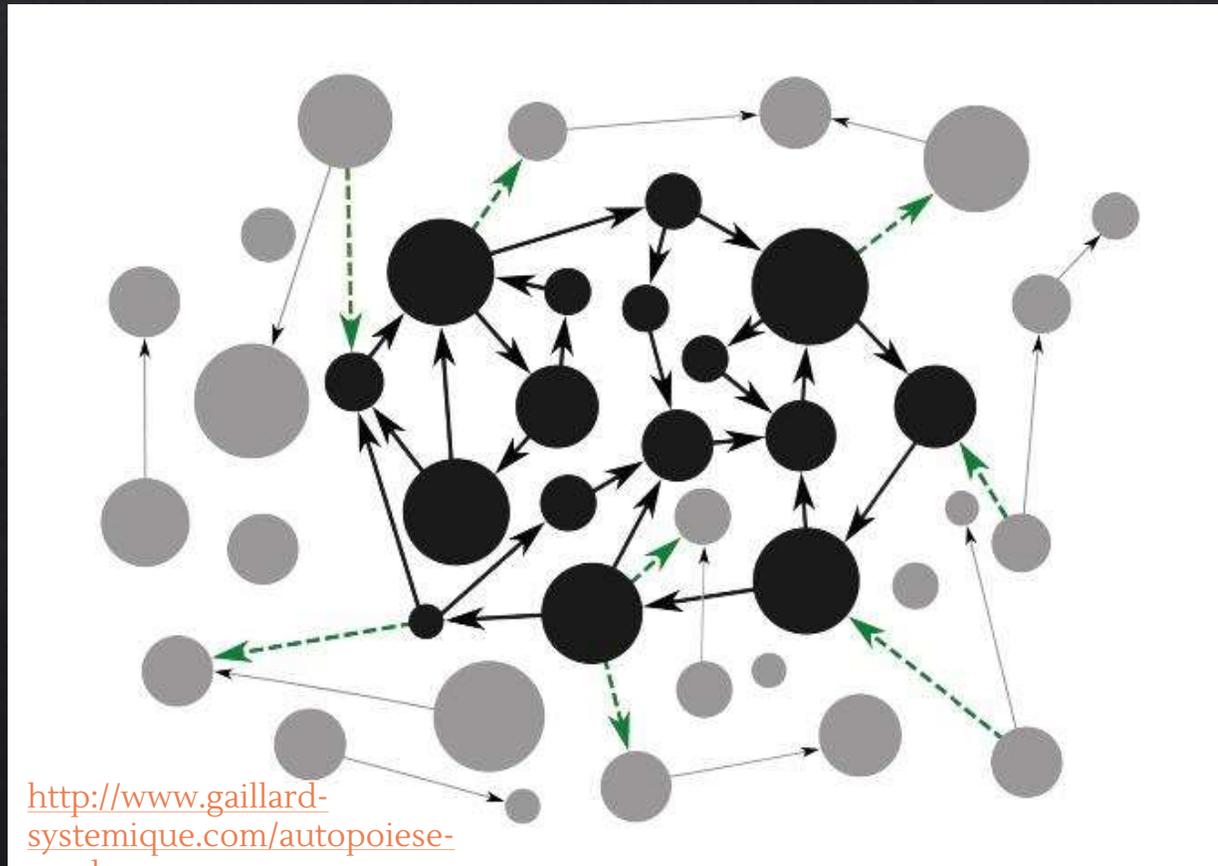


<http://www.gaillard-systemique.com/autopoiese->



Il n'y a pas d'endroit particulier qui pourrait être associé à un "centre de la vie" à l'intérieur de la cellule (pas plus qu'il n'y a de "centre de" quoi que ce soit dans le cerveau...)

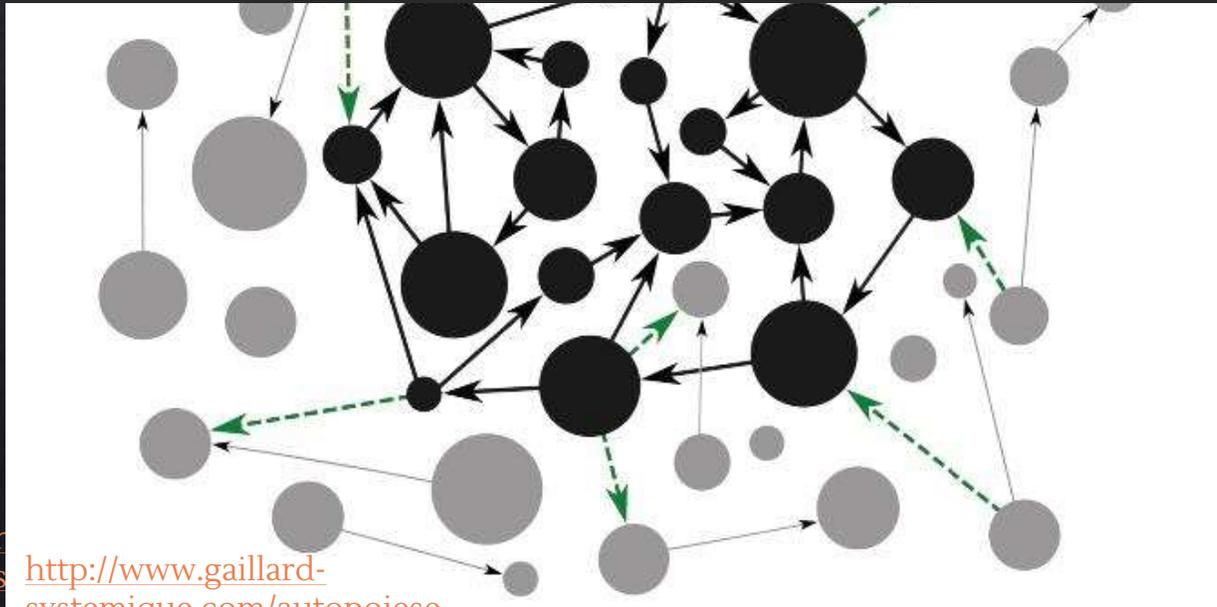
C'est une propriété globale qui émerge des **interactions collectives** au sein du **réseau** que forment ses composantes moléculaires qui interagissent préférentiellement entre elles.



## Au début du XXe siècles : débat sur ce qu'est la vie.

Entre la thèse **mécaniste matérialiste** où le vivant ne pouvait s'expliquer que par des lois physiques

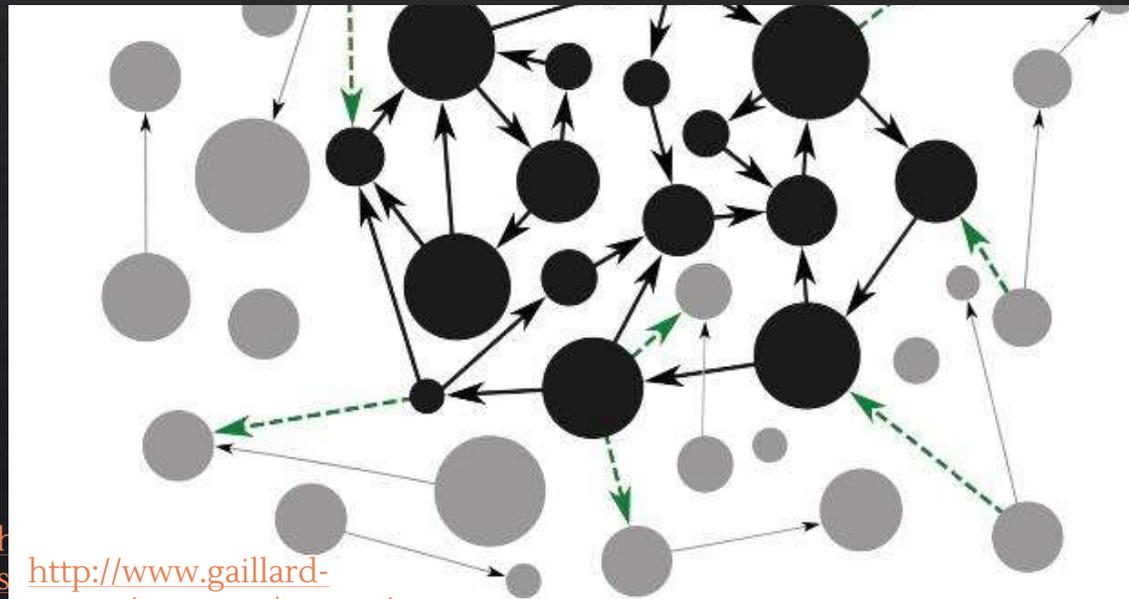
et la thèse **vitaliste** qui postulait l'existence de forces mystérieuses comme « l'élan vital », une troisième voie admettait que les phénomènes de la vie provenaient uniquement d'entités matérielles, mais qu'ils n'étaient cependant pas réductibles aux propriétés de leurs composants. Ça voulait dire que **l'émergence du vivant** était entièrement due à la **configuration** particulière adoptée par les constituants de niveau inférieur.



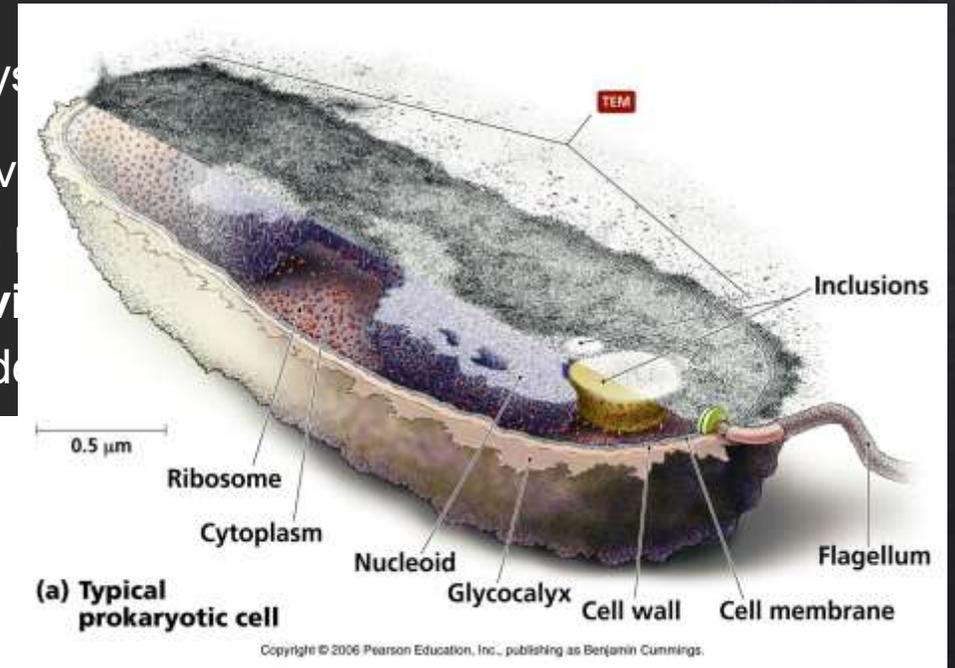
Au début du XXe siècles : débat sur ce qu'est la vie.

Entre la thèse **mécaniste matérialiste** où le vivant ne pouvait s'expliquer que par des lois physiques

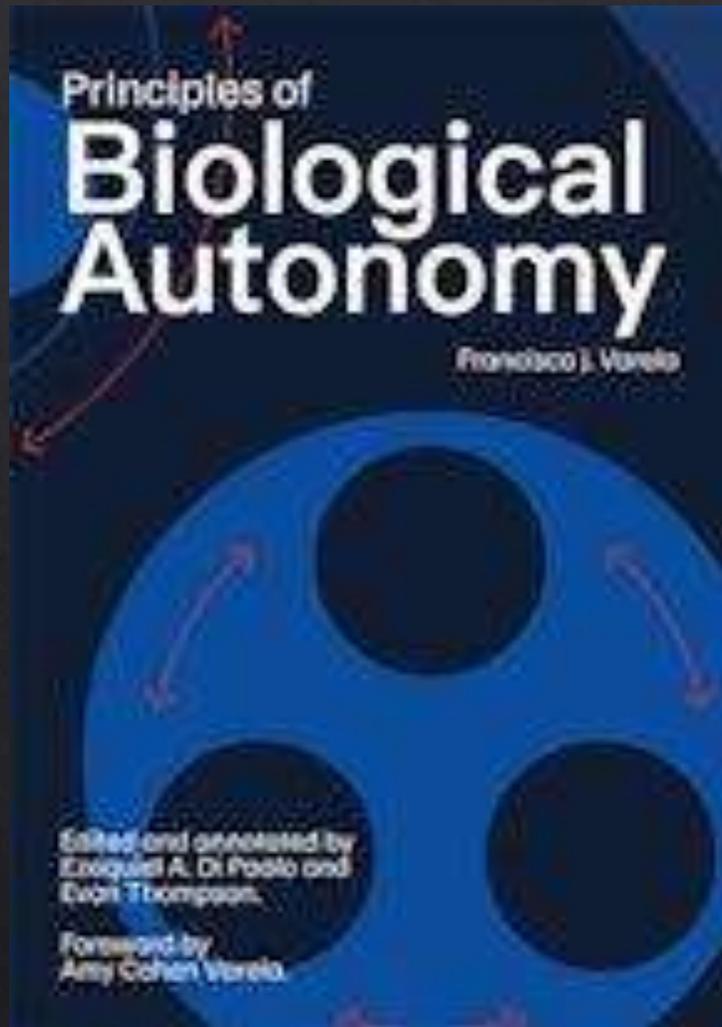
et la thèse **vitaliste** qui postulait l'existence de forces mystérieuses, une troisième voie admettait que les phénomènes de la vie ne sont que le résultat d'une configuration particulière adoptée par les constituants de la matière.



<http://www.gaillard-systemique.com/autopoiese>



Et c'est à ce niveau d'organisation qu'on voit émerger un « **agent autonome** » avec une **identité propre**.



# Principles of Biological Autonomy

<https://mitpress.mit.edu/9780262551403/principles-of-biological-autonomy/>

a new annotated edition

by [Francisco J. Varela](#)

Foreword by [Amy Cohen Varela](#)

Edited by [Ezequiel A. Di Paolo](#) and [Evan Thompson](#)

**\$75.00**

Paperback

**Pub date: May 13, 2025**

Publisher: The MIT Press

408 pp., 7 x 10 in, 12 b&w illus.

A new, updated edition of the **1979 classic** from one of the foremost authors in cognitive science and theoretical biology, with the original text as well as **more than 200 citations to current scientific developments.**

Trois grands types **d'individualité** basés sur le poids relatif de l'environnement et de la dynamique interne d'un système :

Une entité individuelle telle qu'on la conçoit spontanément, c'est-à-dire influencée par son environnement, mais **avant tout fortement auto-organisée**. (un humain, un oiseau ou une bactérie) Dépend de l'état interne du système l'instant d'avant.

Des systèmes qui sont **plus intriqués à leur environnement**, mais qui maintiennent néanmoins une structure interne autonome. (colonie de fourmis, de l'araignée et de sa toile ou du castor et de son barrage). Avec la division du travail où, comme chez la fourmi, les tâches sont partagées entre différents individus de plus en plus spécialisés.

Individualités pratiquement **entièrement structurées par l'environnement**. Si des facteurs environnementaux bien précis se dissipent, l'individu se dissipe aussi, comme la tornade se dissipe s'il n'y a plus assez de chaleur ou d'humidité dans l'air. Les premiers individus vivants étaient probablement de cette catégorie avant d'atteindre une autonomie individuelle du premier type.

Mais cette autonomie demeure **relative**, puisqu'un organisme vivant doit puiser son énergie dans l'environnement pour maintenir les interactions moléculaires dynamiques qui forment ce qu'on appelle son métabolisme.

On peut donc dire que la matière, lorsqu'elle est organisée d'une certaine manière, en organismes vivants, fait émerger la cognition, ou le *mind*, qui est vu ici comme quelque chose qui crée de la signification.

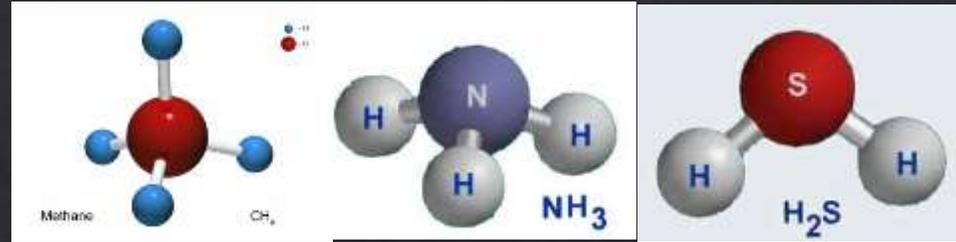
Ce qui veut dire qu'une cognition minimale doit déjà être présente chez les tout premiers êtres vivants. Parce qu'aussi loin qu'on recule dans l'histoire de l'évolution des espèces animales, on observe toujours des actions effectuées sur l'environnement pour mieux l'explorer, le connaître. [7<sup>e</sup> rencontre]

C'est l'idée de **continuité entre la vie et la cognition** qui s'oppose à l'ancienne formulation de la cognition, inspirée de la pensée humaine, où elle correspondait essentiellement à du traitement computationnel de contenu symbolique, comme on l'a dit la dernière fois .

Car déterminer un début à la cognition ou à la subjectivité dans l'échelle phylogénétique demeure toujours assez arbitraire à cause du caractère progressif de la complexification de la vie et, plus tard, des systèmes nerveux.

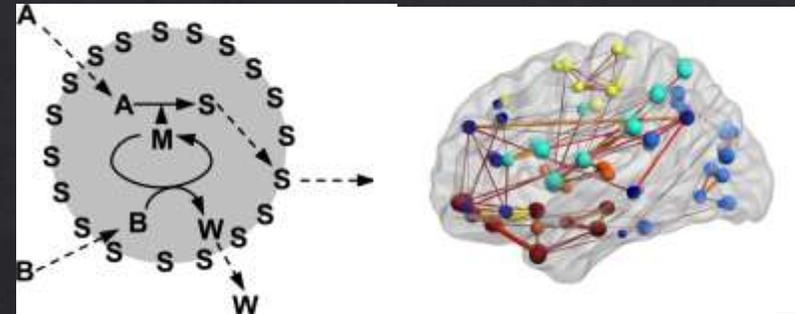
On a donc :

- l'étude de la **matière** : de quoi c'est fait ?

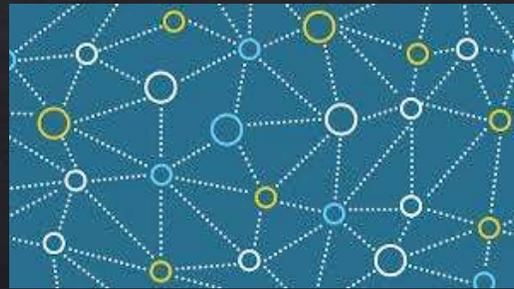


- l'étude de la **forme** : quel est le pattern ?

(réseaux !)

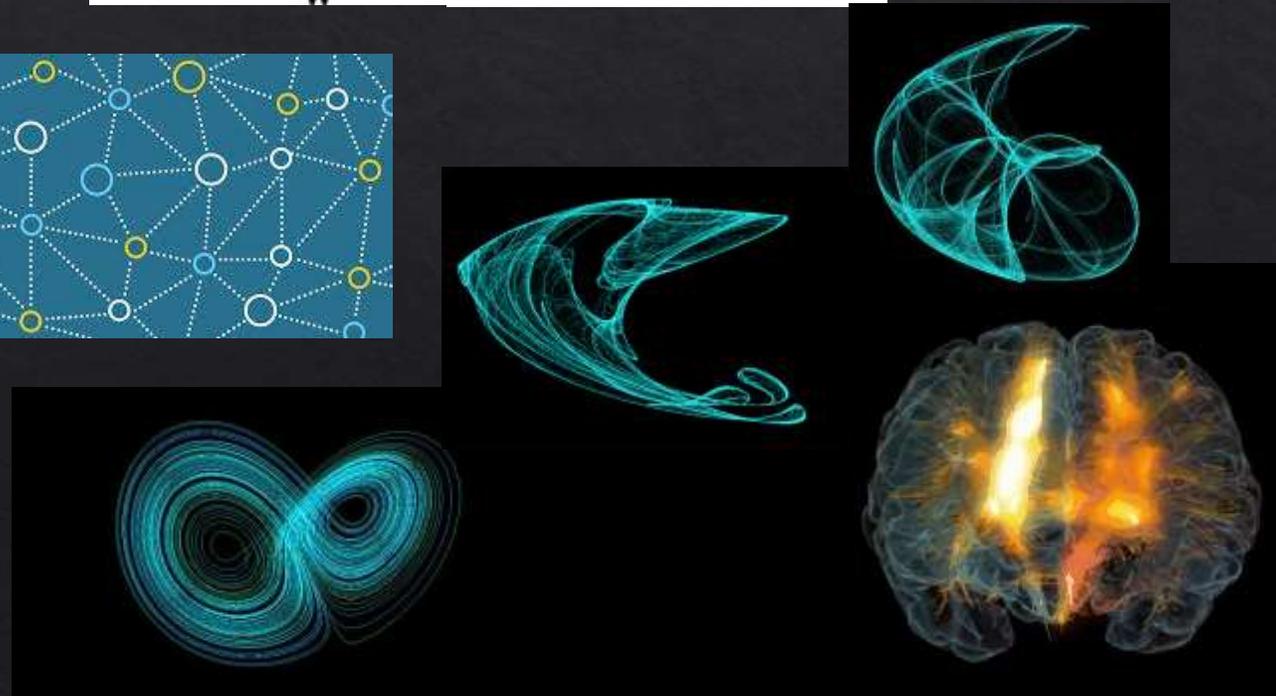


« Whenever we look at life,  
we look at networks. »

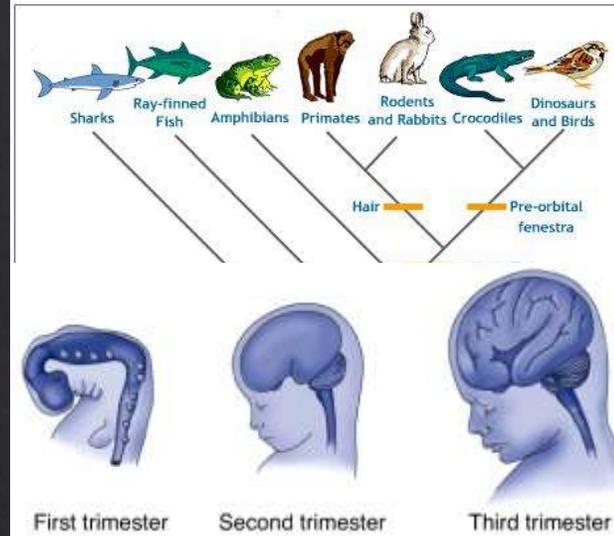


- l'étude des processus **dynamiques** :  
comment ces formes changent  
dans le temps ? [6<sup>e</sup> rencontre]

→ à différentes échelles de temps !

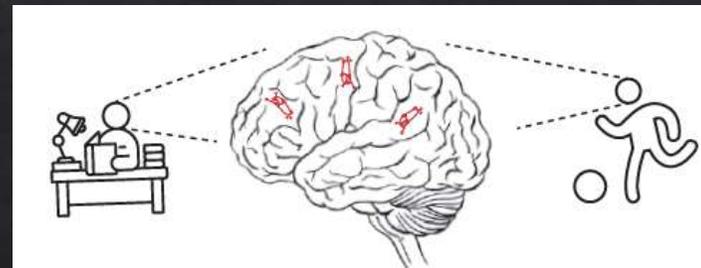


**Évolution** biologique qui façonne les plans généraux du système nerveux

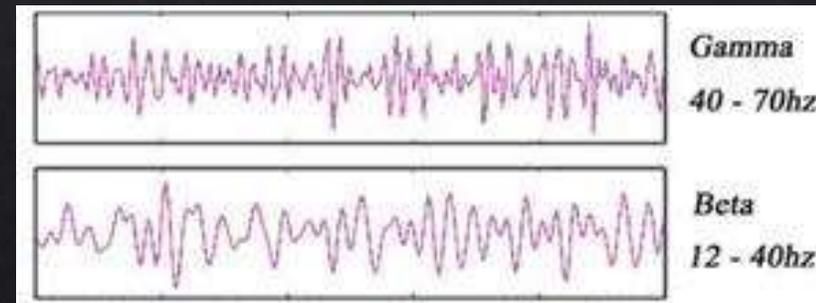


Développement du système nerveux (incluant des mécanismes **épigénétiques**)

L'apprentissage durant toute la vie par la plasticité des réseaux de neurones



Perception et action devant des situations en temps réel grâce à des coalitions neuronales synchronisées temporairement



→ à différentes échelles de temps !

La **transmission culturelle** due à nos grande capacité d'apprentissage : solution adaptative beaucoup plus rapide que l'évolution par sélection naturelle (on va y revenir tantôt).



**Commentaires ?**  
**Questions ?**

**« Nous sommes faits de poussières d'étoiles »**

**Les « niveaux d'organisation » et les « propriétés émergentes »**

**De l'évolution cosmique à l'évolution chimique**

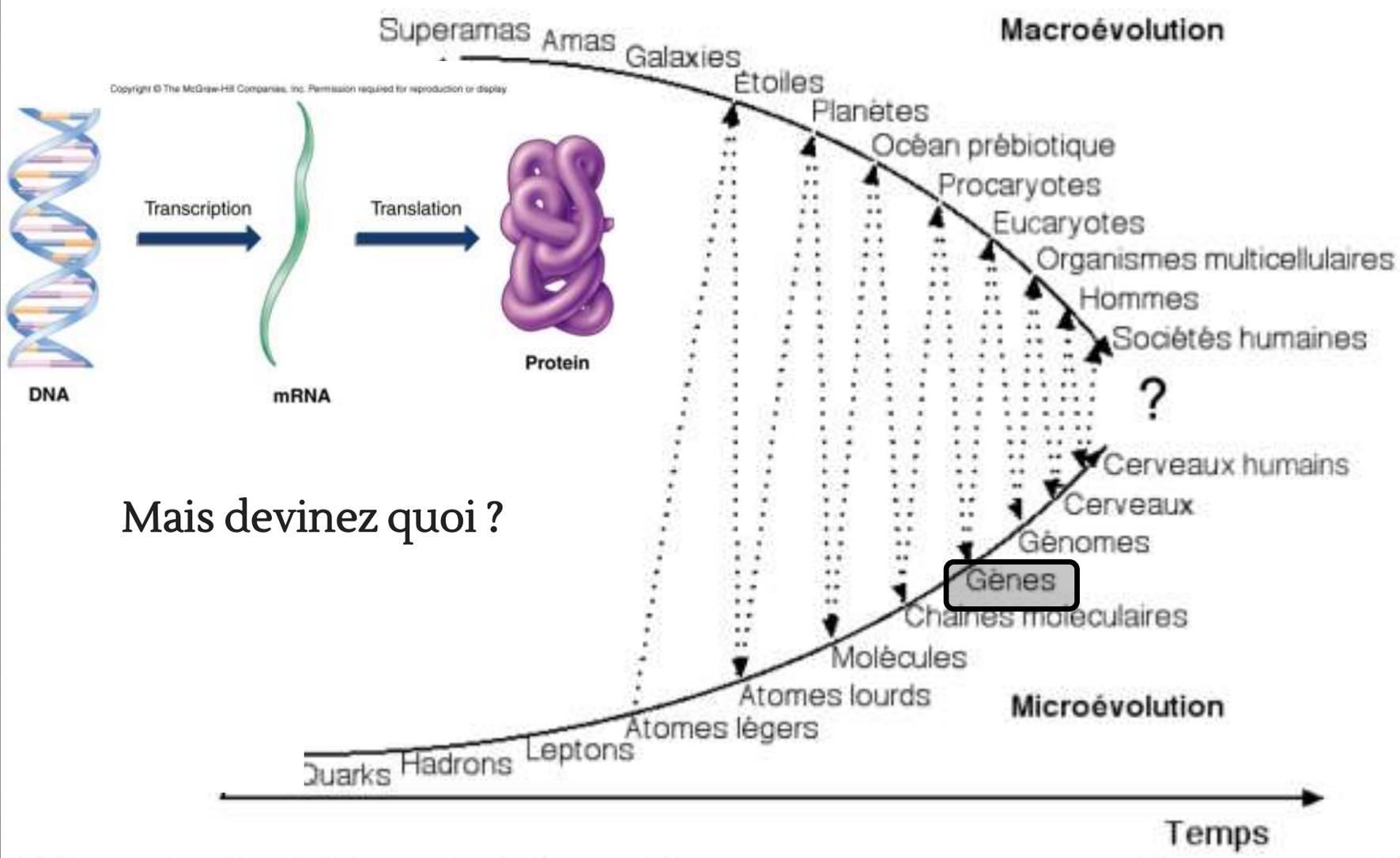
**Qu'est-ce que la vie ?**

**La reproduction et la sélection naturelle**

**Le passage aux multicellulaires et à la spécialisation cellulaire**

**L'origine des systèmes nerveux**

**L'expansion spectaculaire du volume cérébral durant l'hominisation**



Mais devinez quoi ?



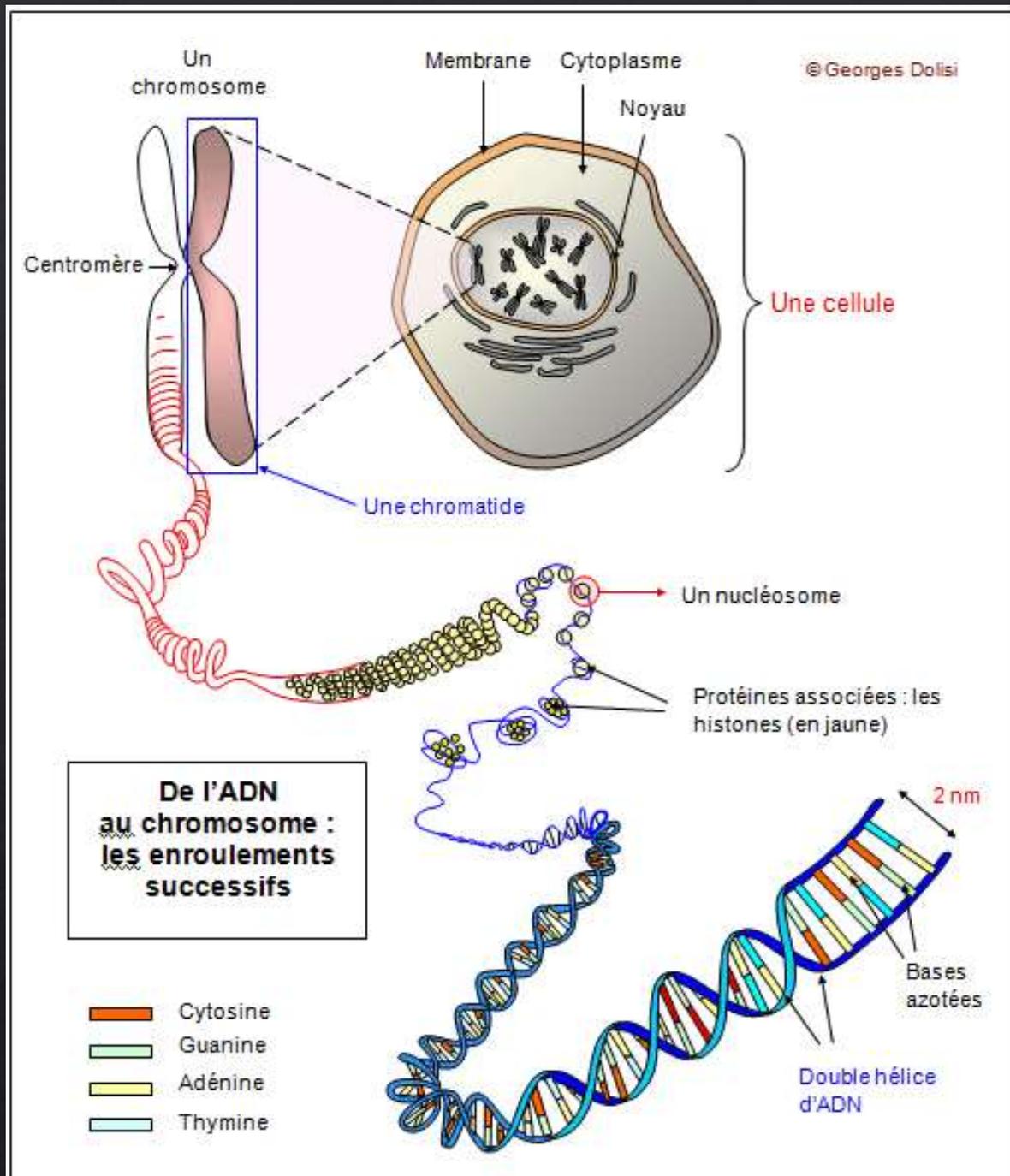
Ces réseaux métaboliques doivent cependant réussir à se **reproduire en faisant des copies d'eux-mêmes.**

Car la vie implique une capacité de **mémoire** et de réplication des formes sélectionnées.

C'est ce que fait l'ADN, cette **longue** molécule relativement **stable** située dans le noyau de chacune de nos cellules.

Mais cela ne lui confère pas un statut particulier vis-à-vis des autres molécules :

l'ADN fait partie d'un **réseau complexe d'interactions moléculaires.**

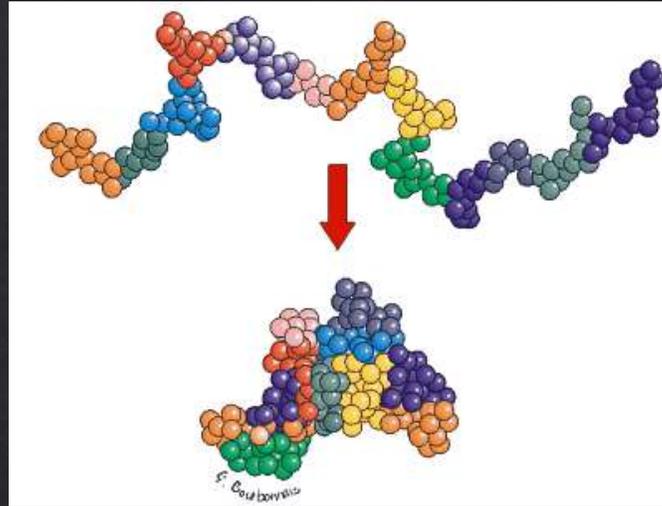


# Auto-organisation

+

# Variation & Sélection

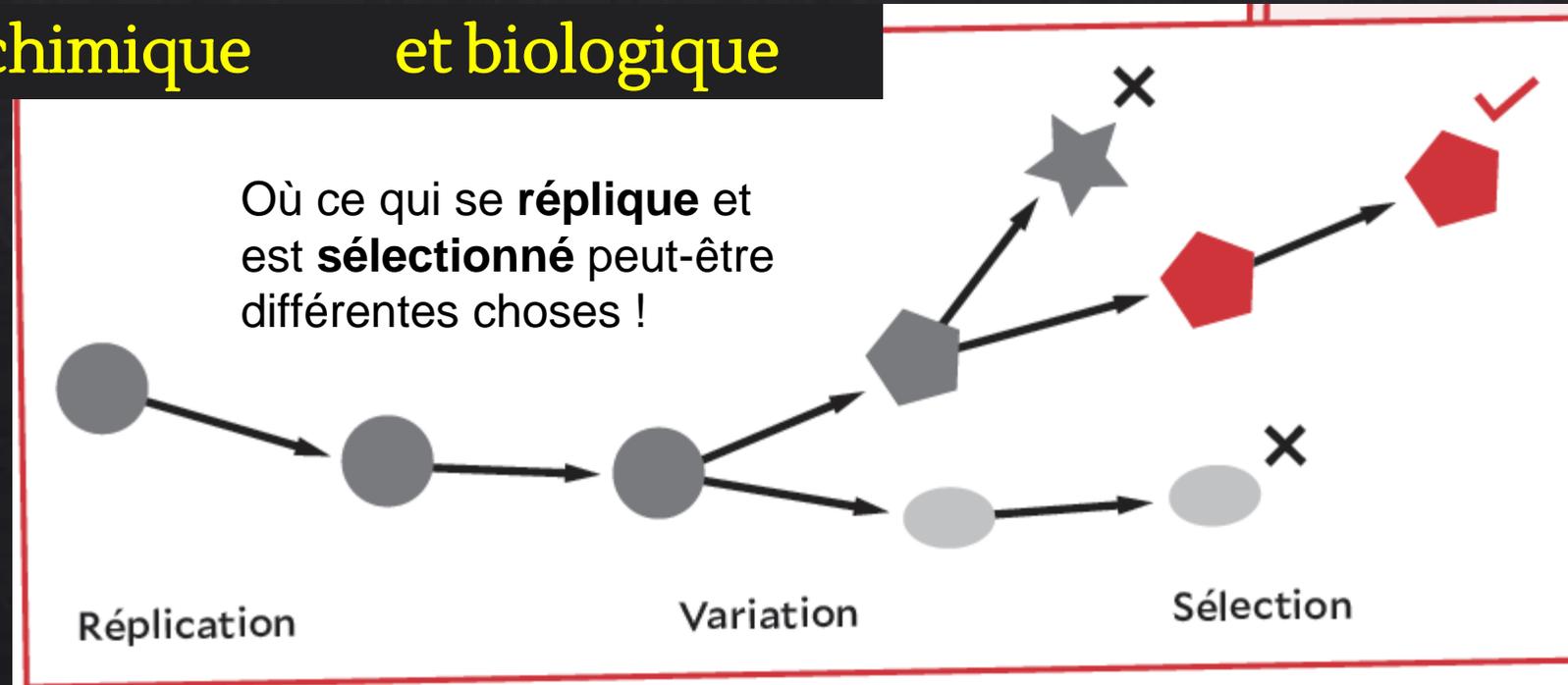
2) l'étude de la **forme**,  
(comment s'organise  
cette matière, quel est  
le pattern ?)



Bref, c'est un **principe général** :

s'applique autant aux circuits  
synaptiques de nos réseaux de  
neurones, aux théories scientifiques,  
aux technologies, aux « mèmes »...

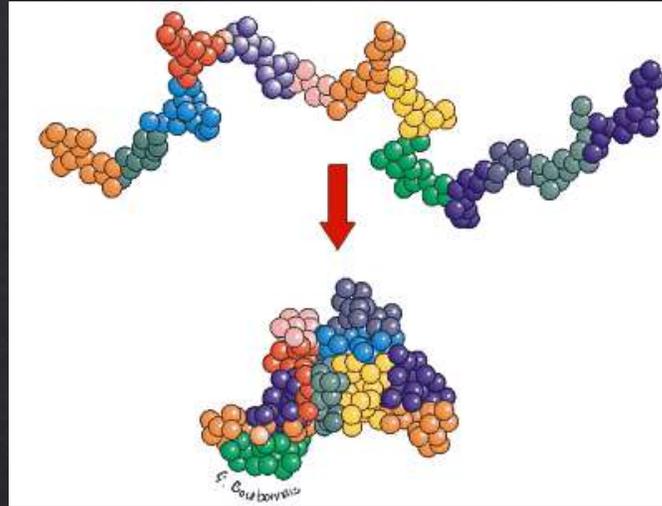
## Évolution chimique et biologique



## Auto-organisation

## + Variation & Sélection

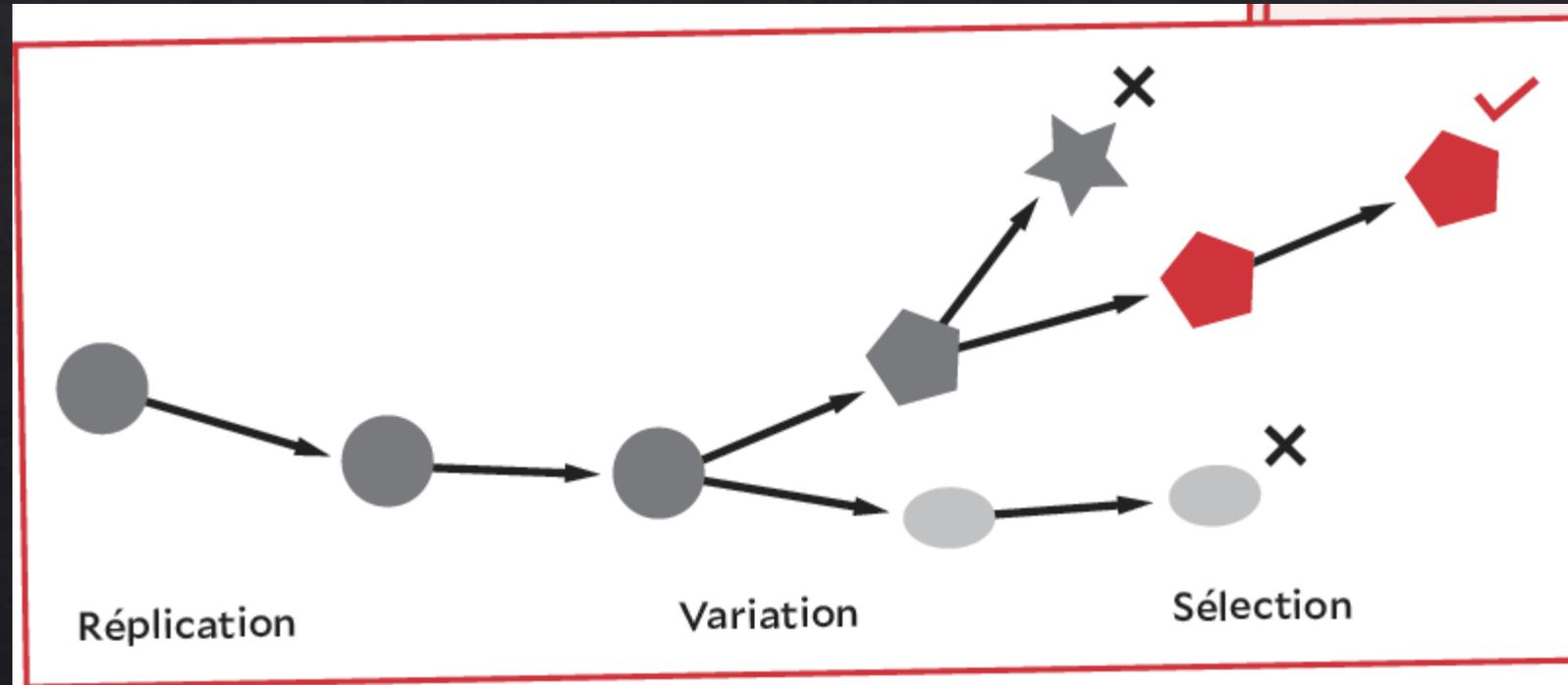
2) l'étude de la **forme**,  
(comment s'organise  
cette matière, quel est  
le pattern ?)



...qu'aux gènes et aux organismes  
qu'ils produisent

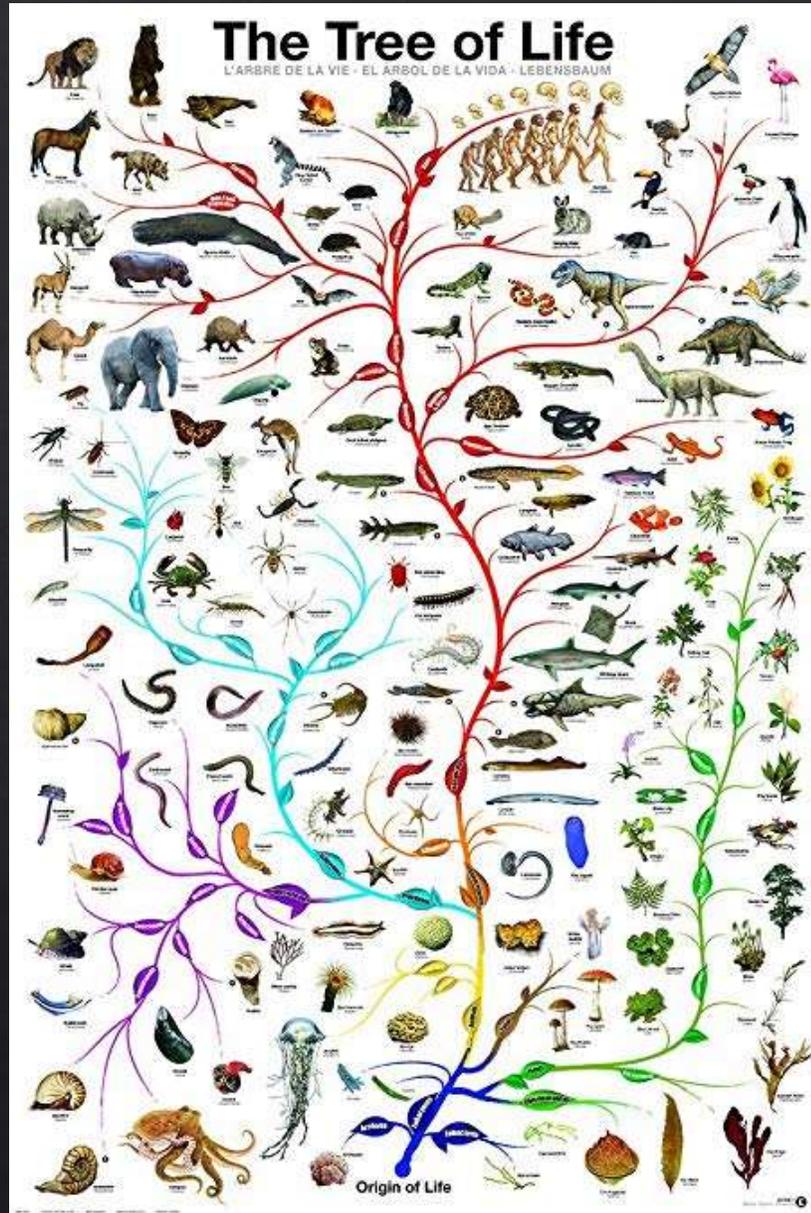
→ **sélection naturelle** de Darwin...

...qui n'est pas le seul moteur de l'évolution



Si un organisme survit, c'est que sa structure est **suffisamment compatible** avec celle de l'environnement dans lequel il se trouve, et pas nécessairement « optimale ».

*« Every single one of our ancestors made it! We are successful tadpoles... Natural selection is selection **against bad models.** »*  
(Paul Cisek)



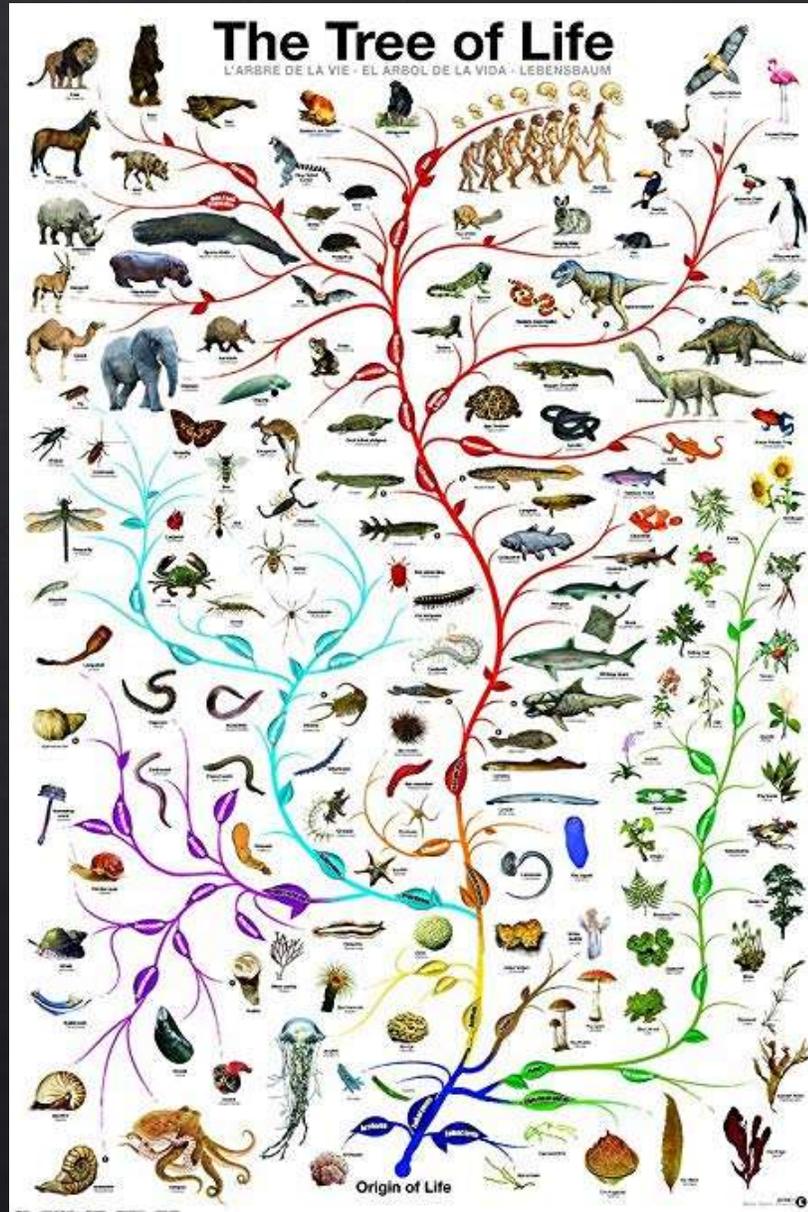
Aussi, la **dérive génétique** :

(qui contribue aussi grandement à la biodiversité)  
quand une population d'individus **n'est pas trop grande**, la transmission aléatoire de certaines versions d'un gène peut rapidement devenir un trait fixé dans la population ou au contraire disparaître complètement.

> Génétique des populations et de théorie neutraliste de l'évolution (Kimura, 1968)

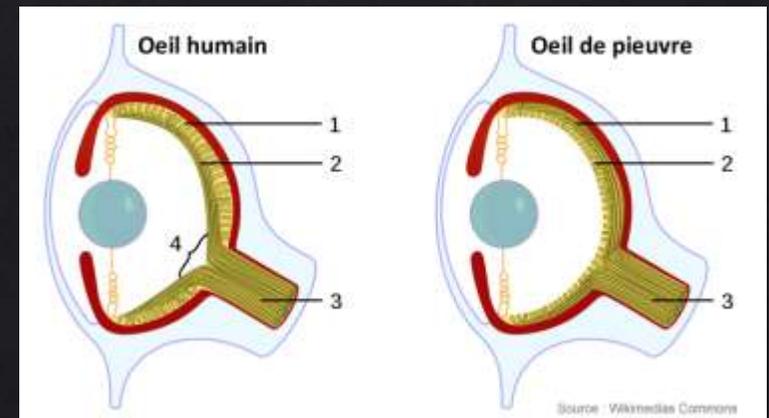
Si un organisme survit, c'est que sa structure est **suffisamment compatible** avec celle de l'environnement dans lequel il se trouve, et pas nécessairement « optimale ».

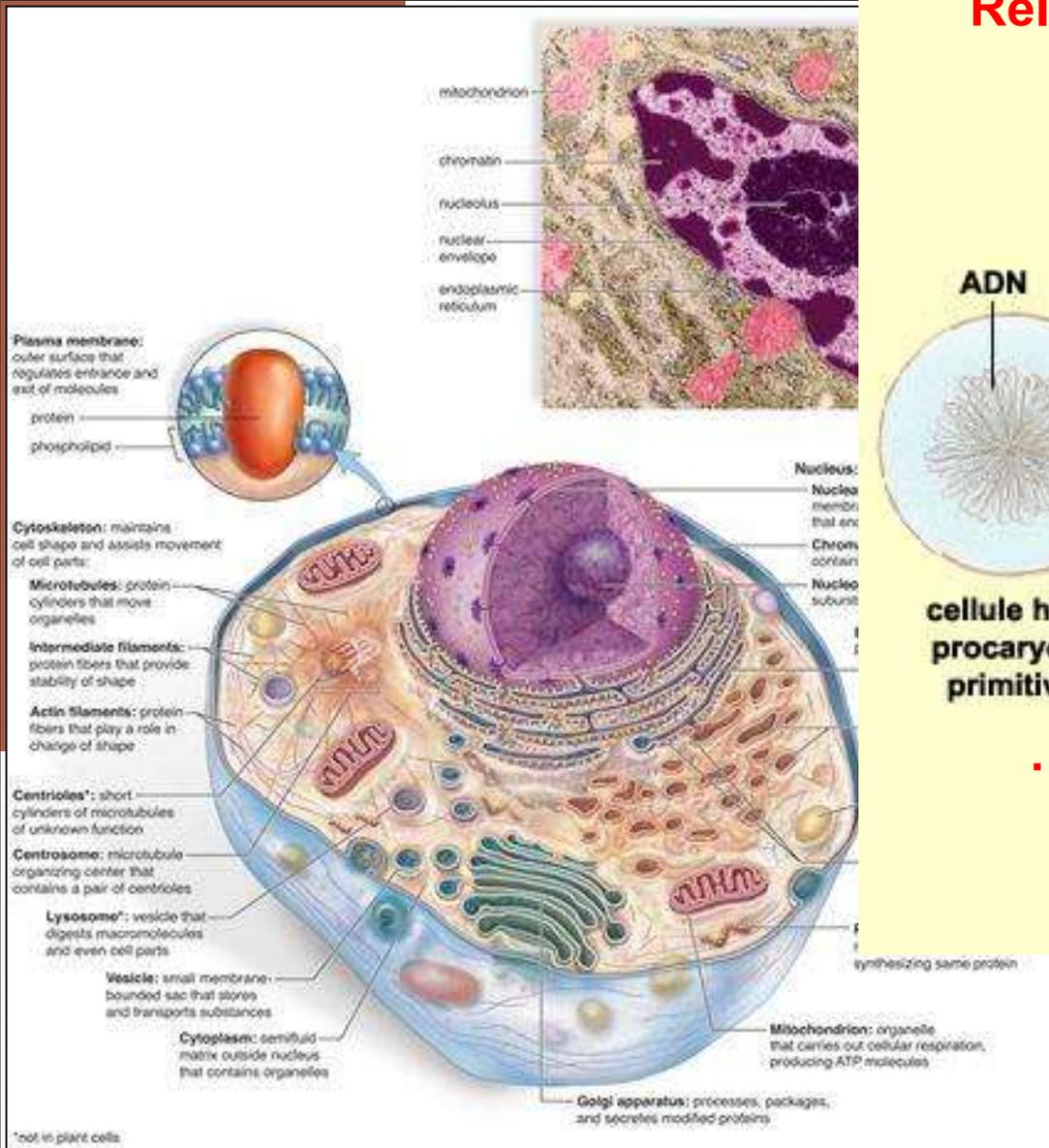
*« Every single one of our ancestors made it! We are successful tadpoles... Natural selection is selection against bad models. »*  
(Paul Cisek)



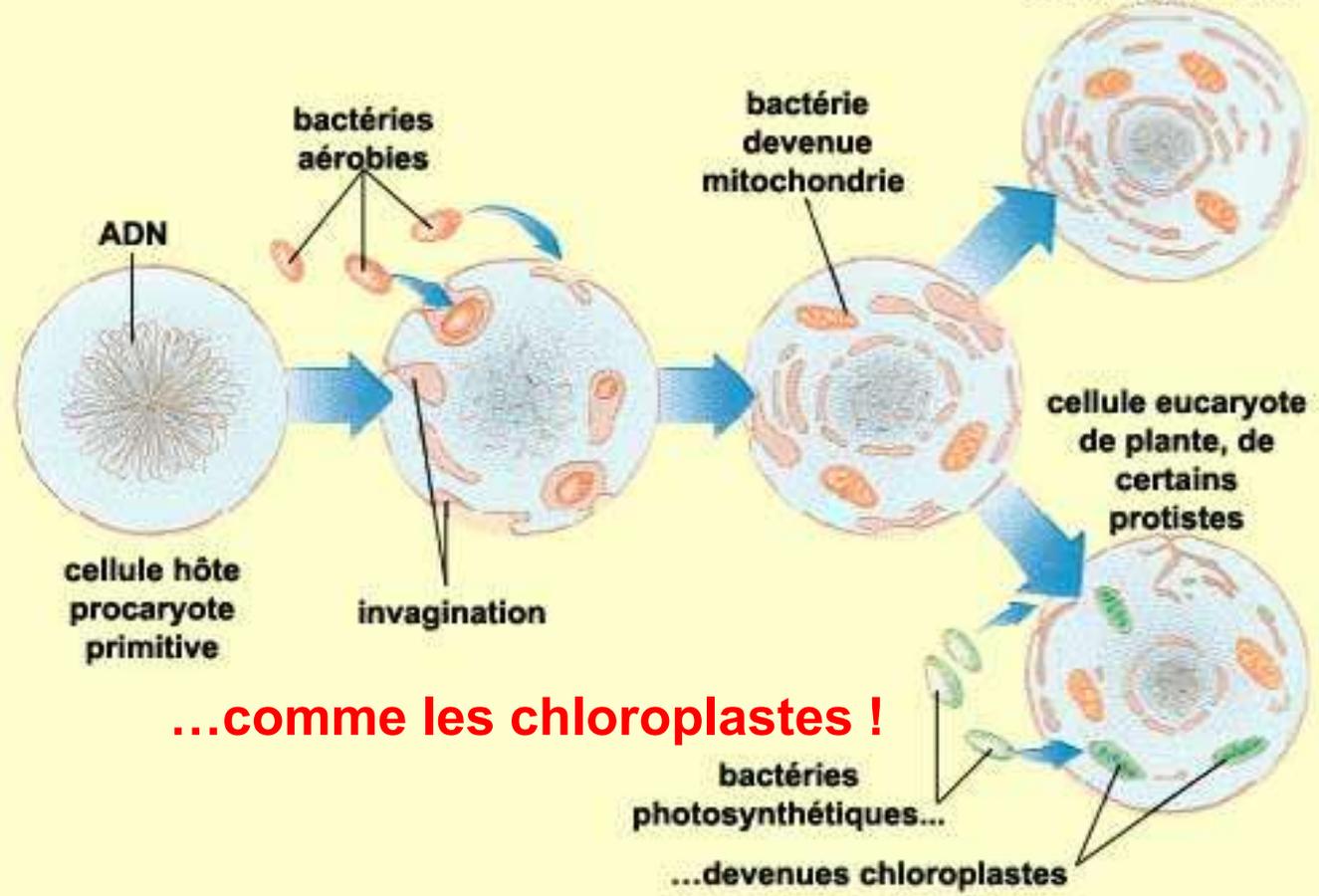
Toutes les espèces vivantes de la biosphère sont ainsi le produit de **divergences**, mais il existe des contraintes environnementales communes qui **contraignent et délimitent les adaptations possibles** des êtres vivants.

Autrement dit, bien que des bifurcations phylogénétiques anciennes aient fait **diverger** des lignées entières (du point de vue anatomique, comportemental ou social), il est fréquent d'observer plus tard des **convergences**, des solutions adaptatives similaires à des pressions environnementales semblables.

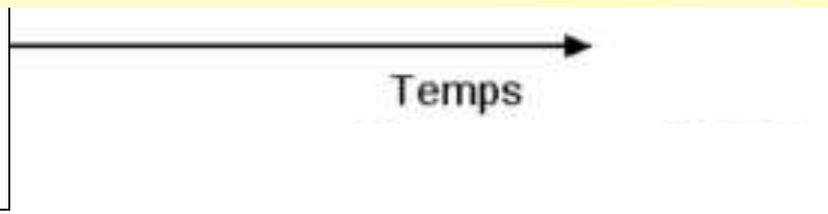




## Relation symbiotique...



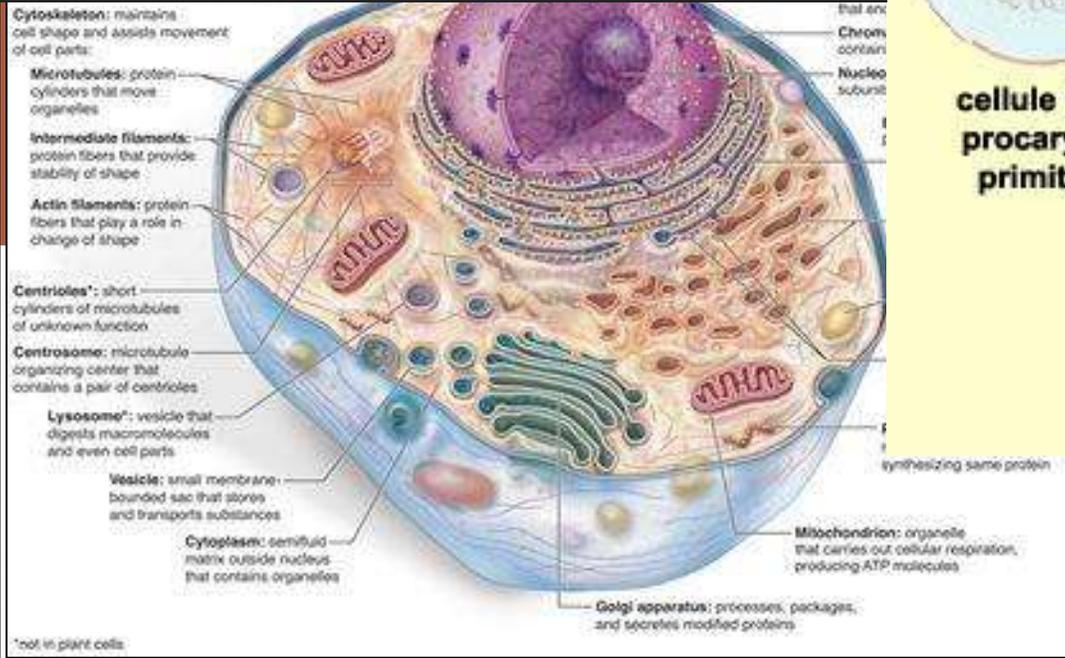
...comme les chloroplastes !



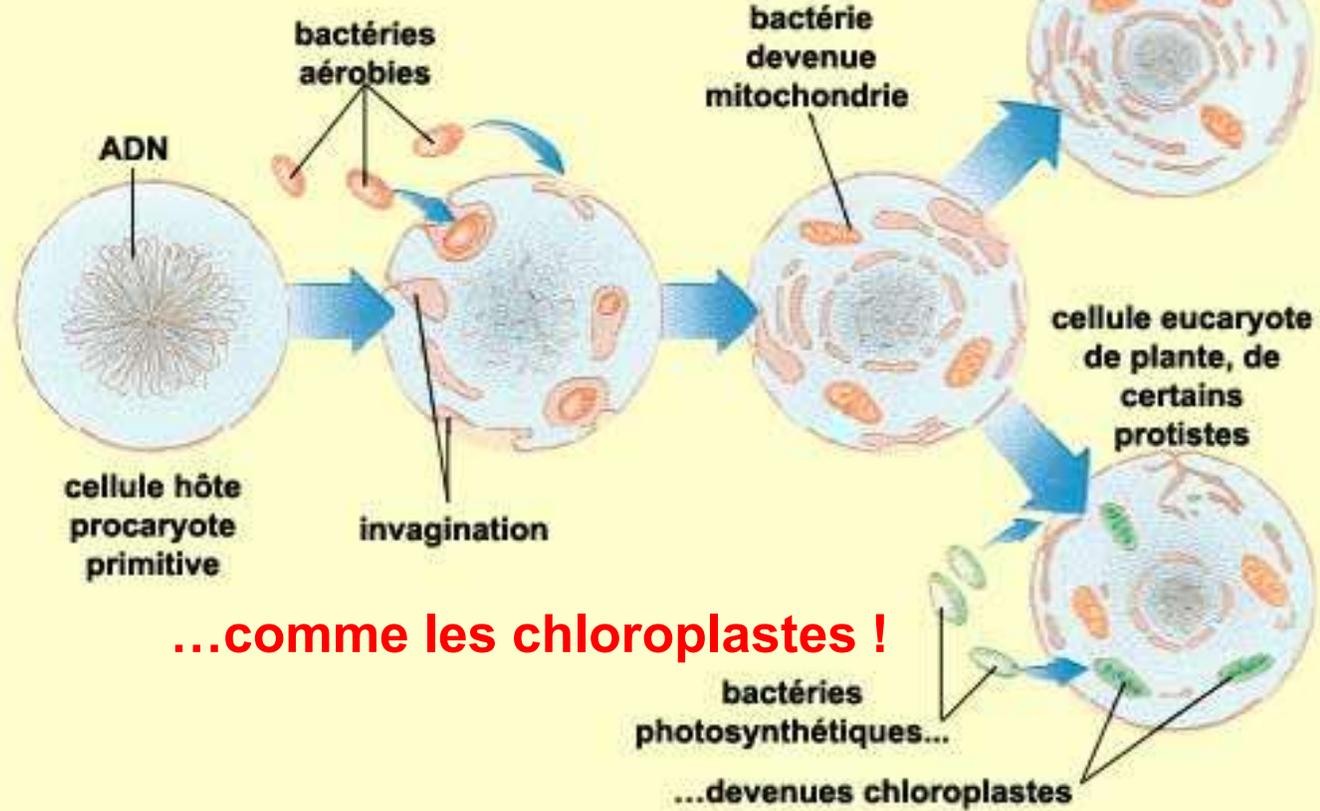
Les « transition majeure de l'évolution » se sont bien plus souvent produits par la coopération entre les organismes que par la compétition

(mais il y en a aussi : tronc des arbres pour la lumière...)

La **sélection naturelle** va retenir tout ce qui procure un avantage reproductif, que ce soit de la coopération, de la compétition, de la symbiose, etc.



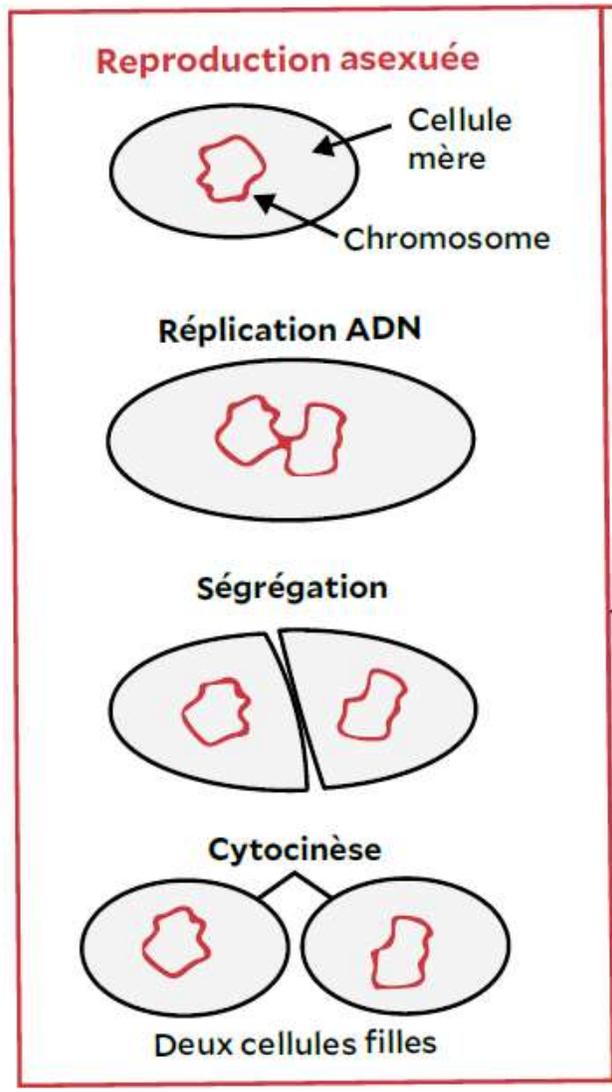
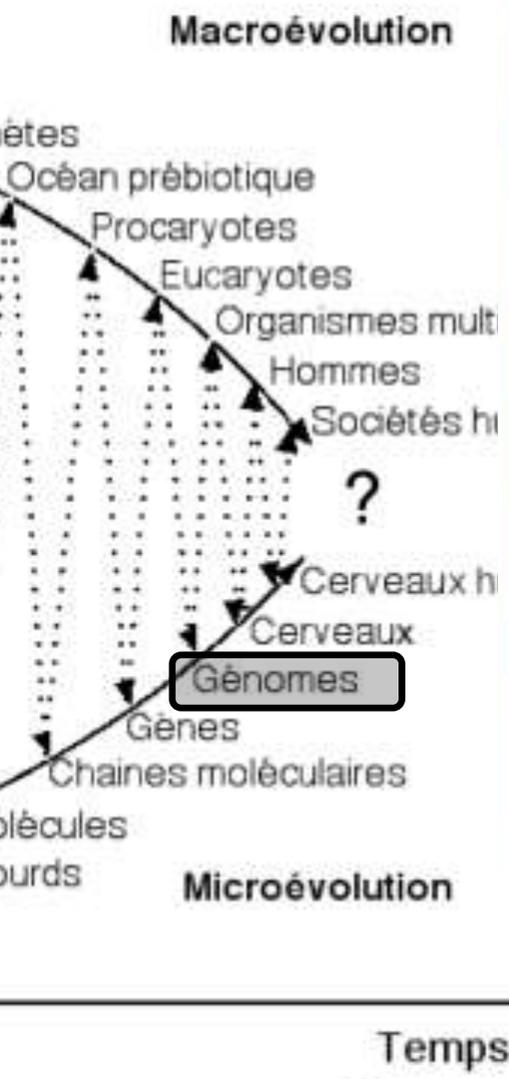
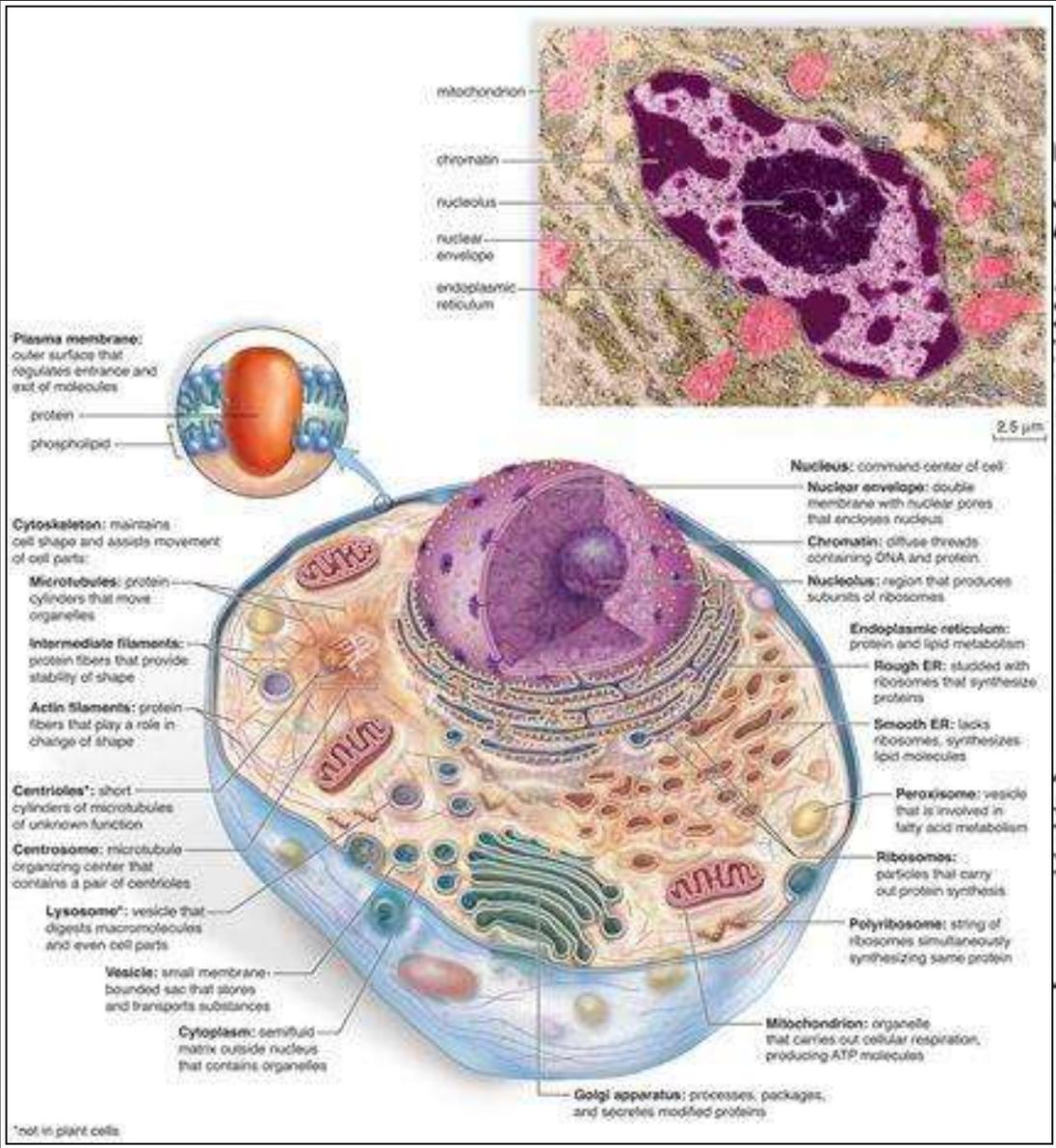
## Relation symbiotique...



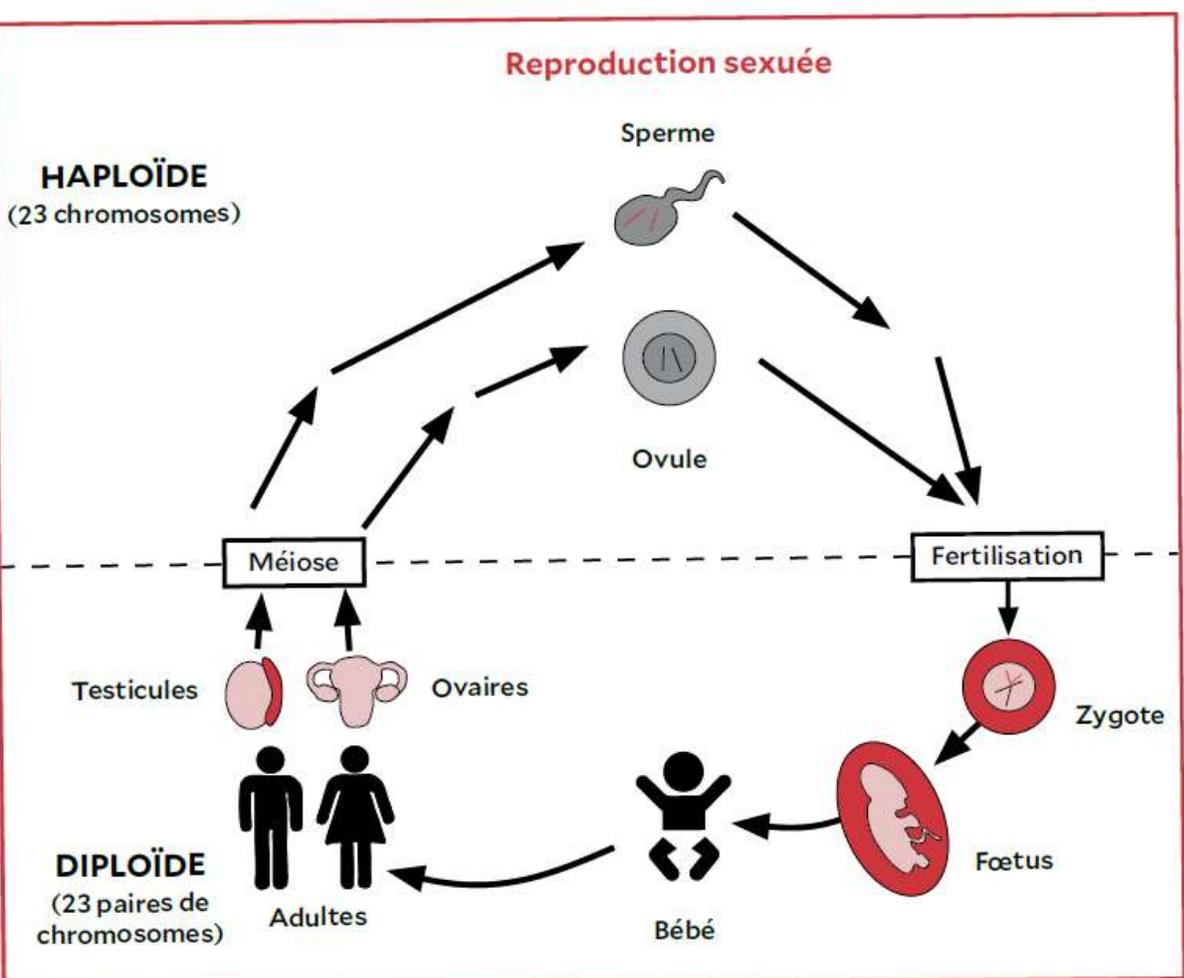
...comme les chloroplastes !

bactéries photosynthétiques...  
...devenues chloroplastes

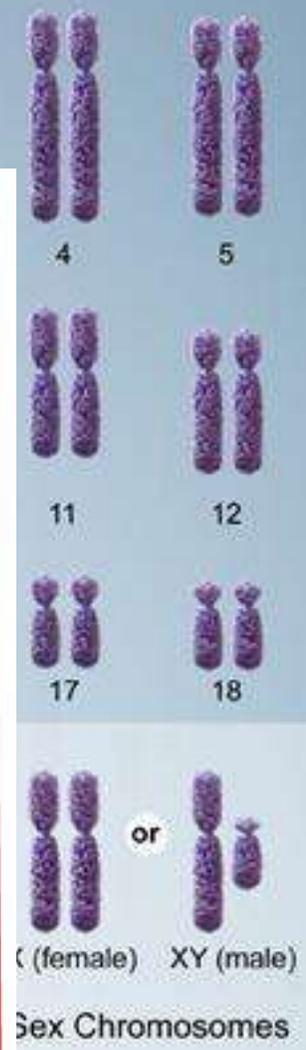
Et toutes les cellules des plantes et des animaux sont maintenant ainsi faites...



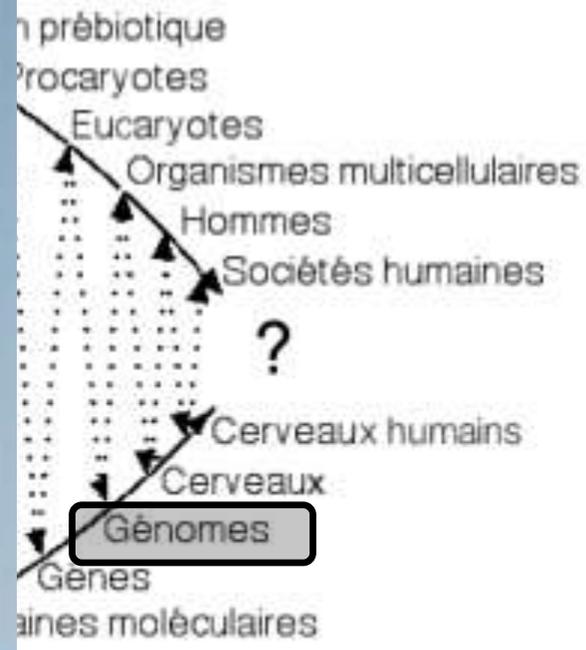
Cette propriété que les humains partagent avec bien d'autres êtres vivants est apparue à ce moment-là, avec les eucaryotes (environ 2 milliards d'années)



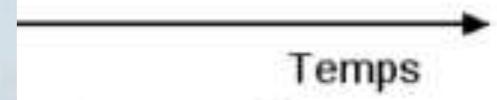
Normal Human Karyotype



**Macroévolution**



**Microévolution**



Commentaires ?  
Questions ?

« Nous sommes faits de poussières d'étoiles »

Les « niveaux d'organisation » et les « propriétés émergentes »

De l'évolution cosmique à l'évolution chimique

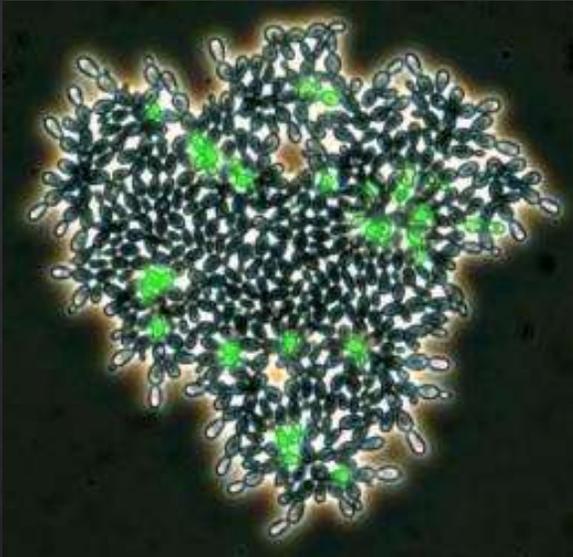
Qu'est-ce que la vie ?

La reproduction et la sélection naturelle

**Le passage aux multicellulaires et à la spécialisation cellulaire**

L'origine des systèmes nerveux

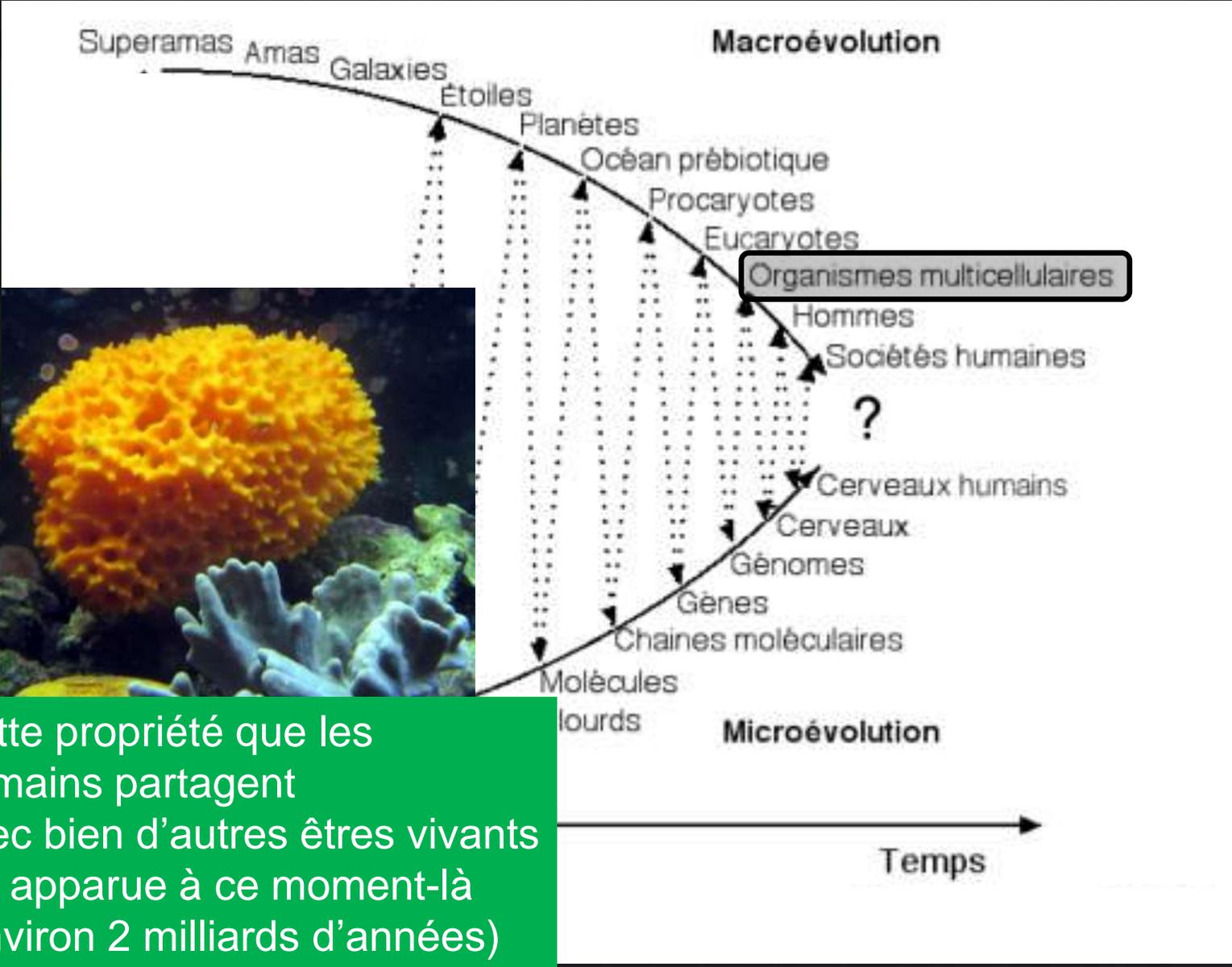
L'expansion spectaculaire du volume cérébral durant l'hominisation

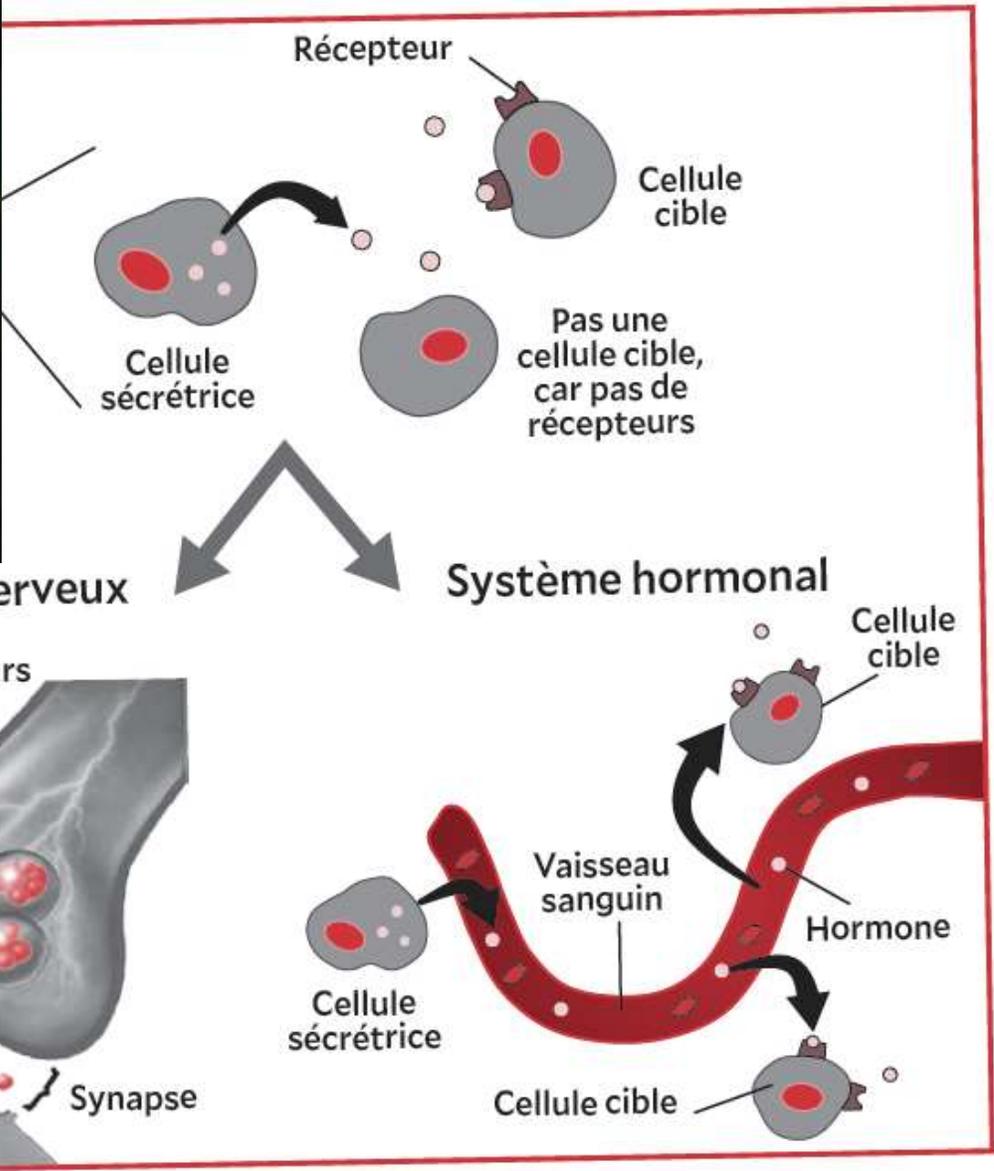
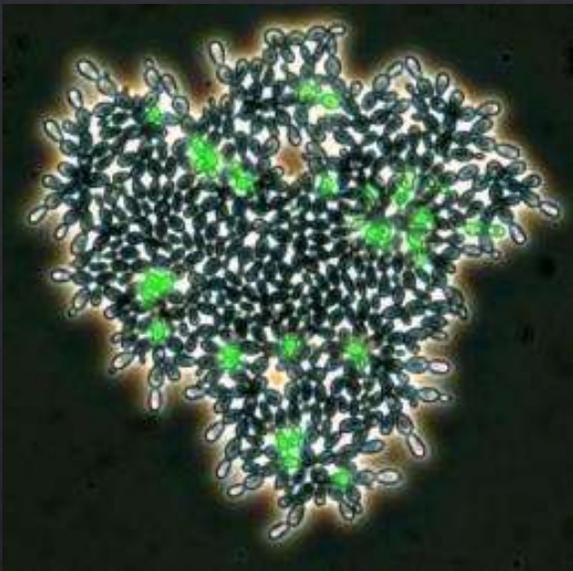


Autre transition majeure de l'évolution, encore le fruit d'une mise en commun, de la coordination et de la coopération de divers éléments auparavant isolés.



Cette propriété que les humains partagent avec bien d'autres êtres vivants est apparue à ce moment-là (environ 2 milliards d'années)





évolution

e

tes

nismes multicellulaires

ommes

Sociétés humaines

?

Cerveaux humains

iveaux

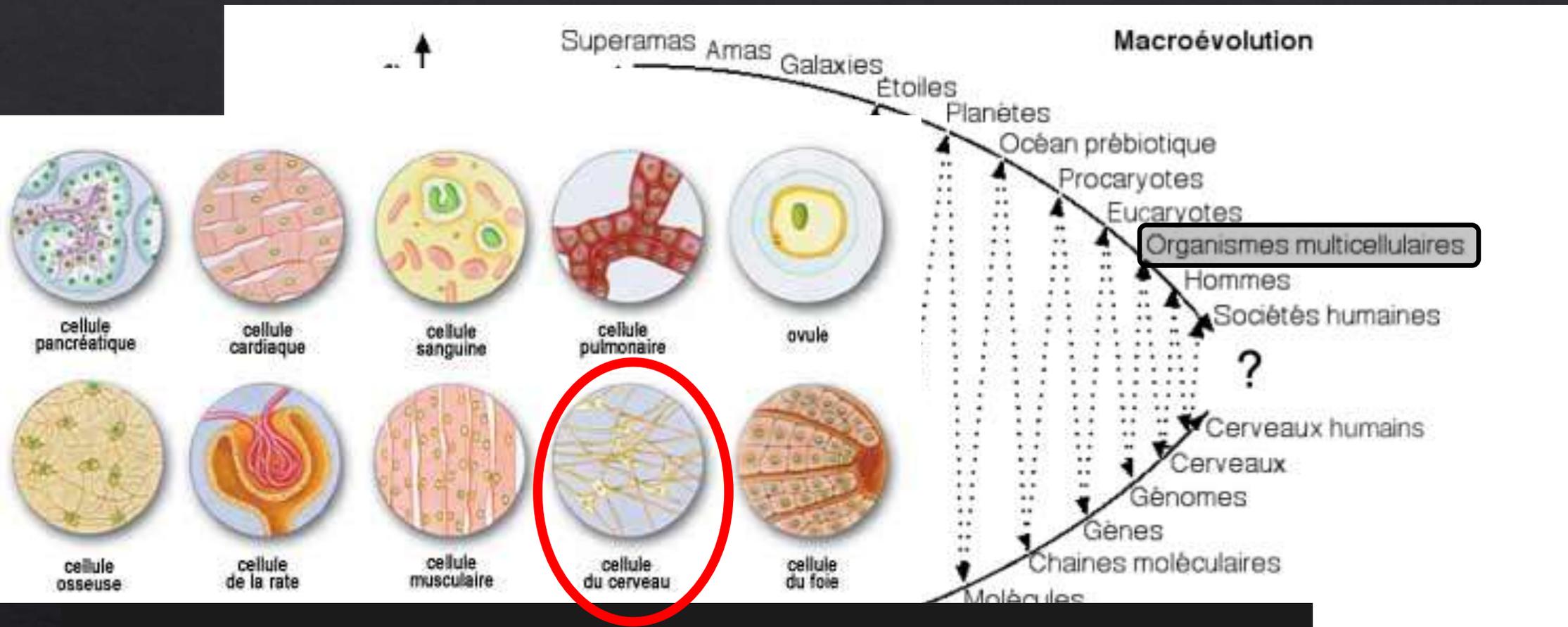
nes

ulaires

évolution



Temps



## Spécialisation cellulaire

Comme la « variation et sélection », un principe général qui s'applique à différents niveaux, cellulaire comme social, avec la **spécialisation du travail** chez les humains, par exemple.

**Commentaires ?**  
**Questions ?**

**« Nous sommes faits de poussières d'étoiles »**

**Les « niveaux d'organisation » et les « propriétés émergentes »**

**De l'évolution cosmique à l'évolution chimique**

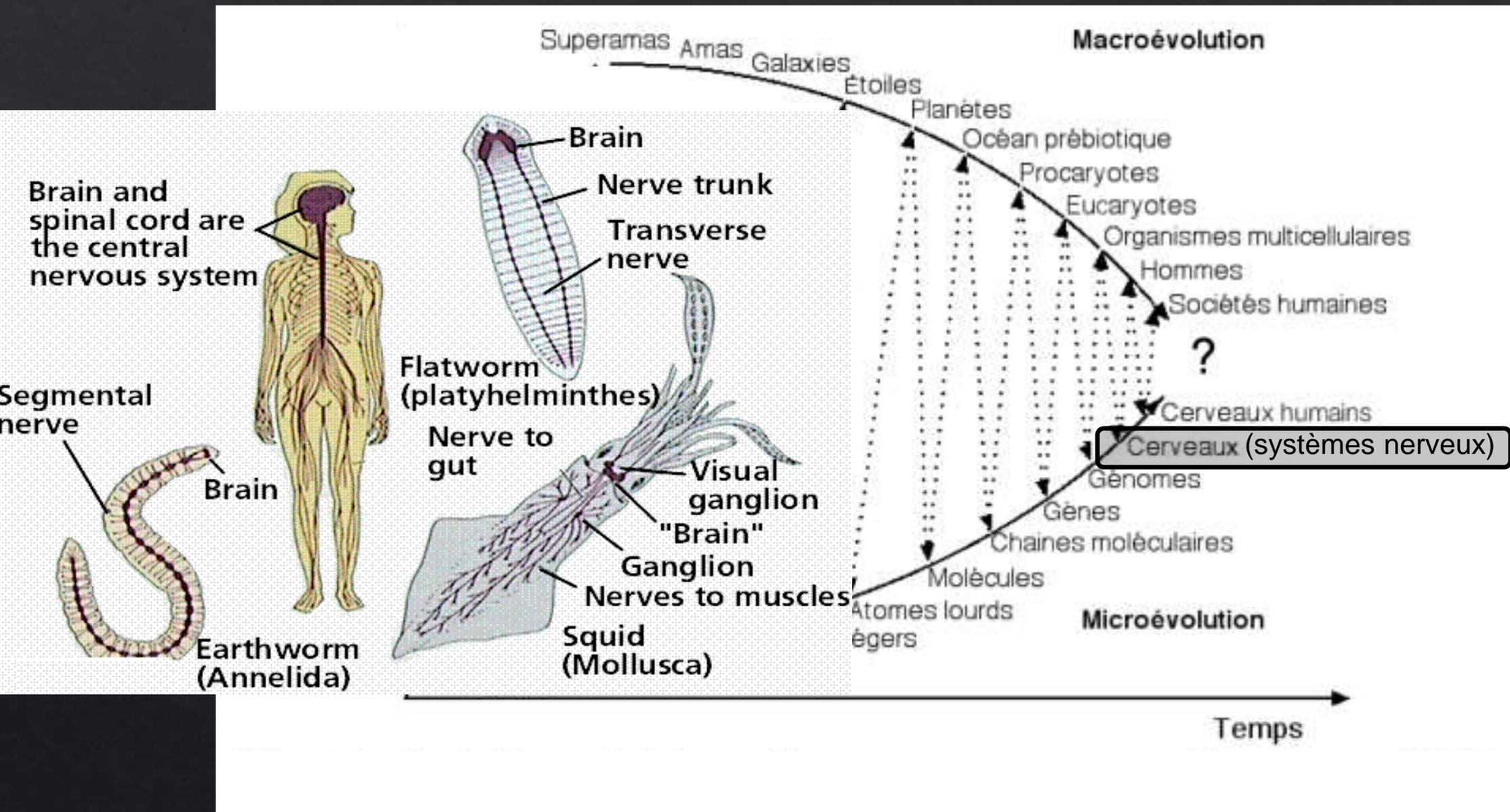
**Qu'est-ce que la vie ?**

**La reproduction et la sélection naturelle**

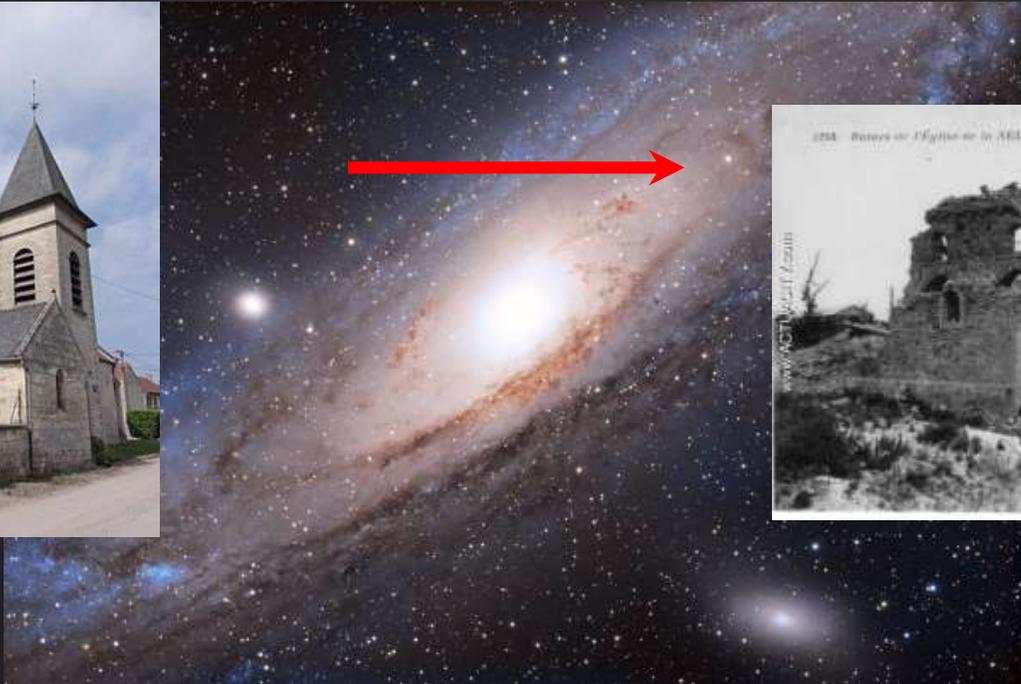
**Le passage aux multicellulaires et à la spécialisation cellulaire**

**L'origine des systèmes nerveux**

**L'expansion spectaculaire du volume cérébral durant l'hominisation**



## 2<sup>e</sup> principe de la thermodynamique : l'entropie (désordre) croît constamment



Fais un château de sable sur une plage et revient le lendemain : ça va être devenu un tas de sable tout en désordre. Ou jette toutes les pièces d'un casse-tête sur une table : elles vont se retrouver toutes mélangées, parce qu'il y a une infinité de façons d'être mélangées, mais une seule de se placer correctement pour faire le casse-tête.

Même chose pour les atomes qui constituent un être vivant : les probabilités associées à leur organisation très précise sont incroyablement faibles comparées au nombre astronomique des possibilités d'être répartis autrement dans l'espace de façon moins ordonnée.

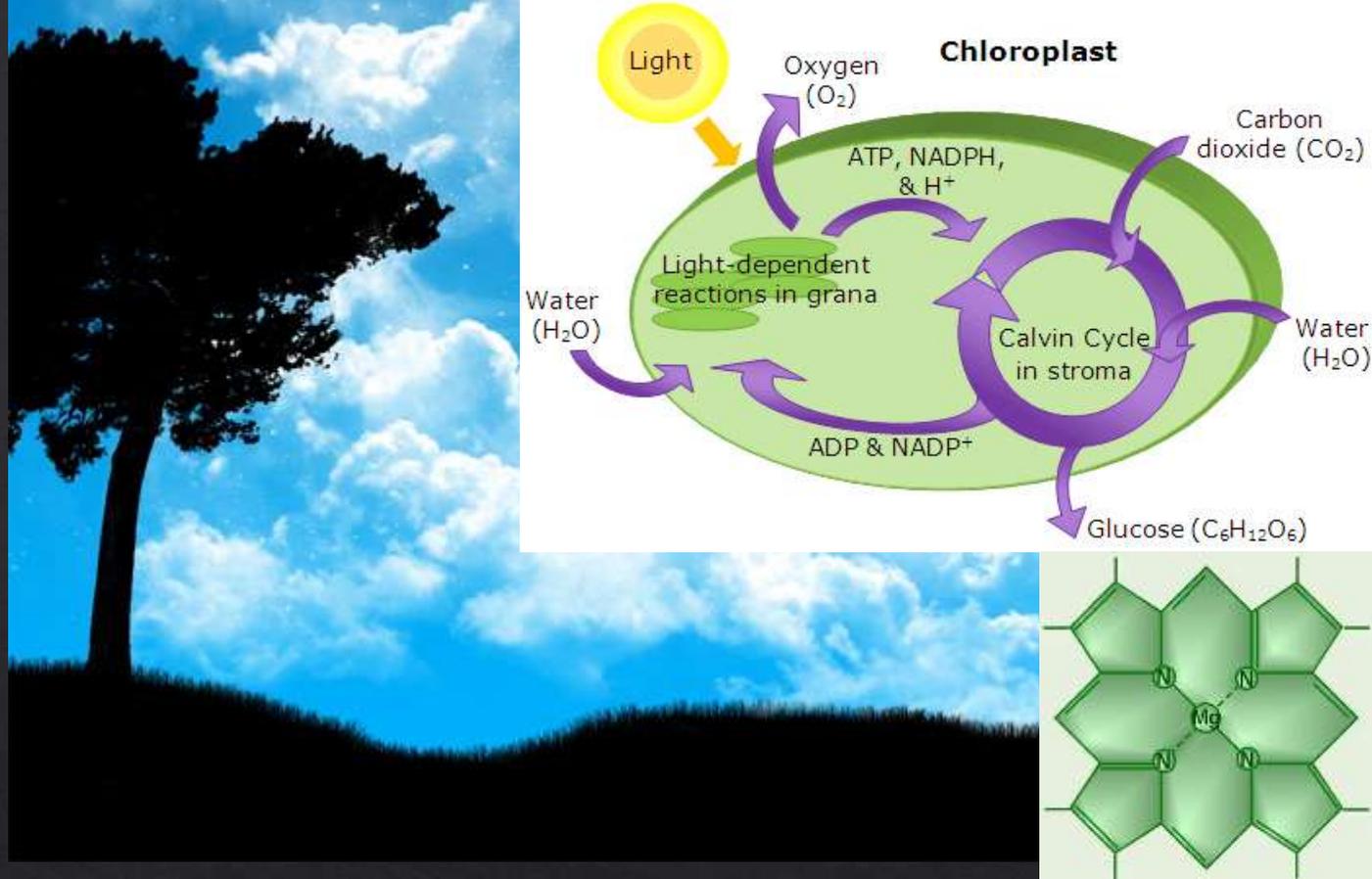


« les être vivants sont caractérisés par le fait que, littéralement, ils sont continuellement en train de **s'auto-produire.** »

Maturana et Varela

« La seule raison d'être d'un être vivant, c'est **d'être**, c'est-à-dire de **maintenir sa structure.** »

- Henri Laborit



Plantes :

photosynthèse  
grâce à l'énergie du  
soleil





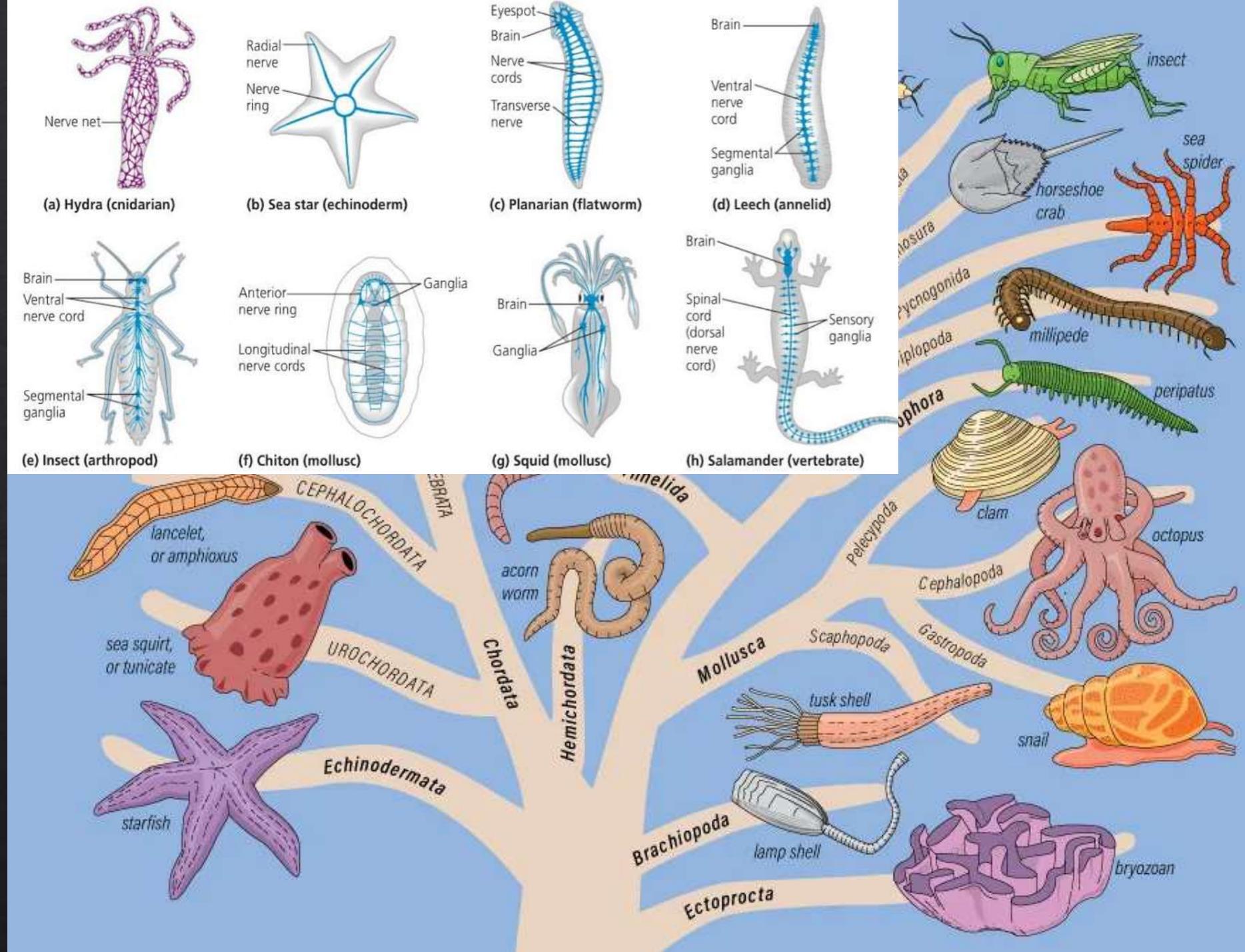
Faire ressortir du **sens** du chaos du monde,  
**prévoir** ce qui va s'y passer,  
et y **réagir** promptement,  
voilà le rôle du **système nerveux**.  
(différent du système hormonal ou immunitaire...)

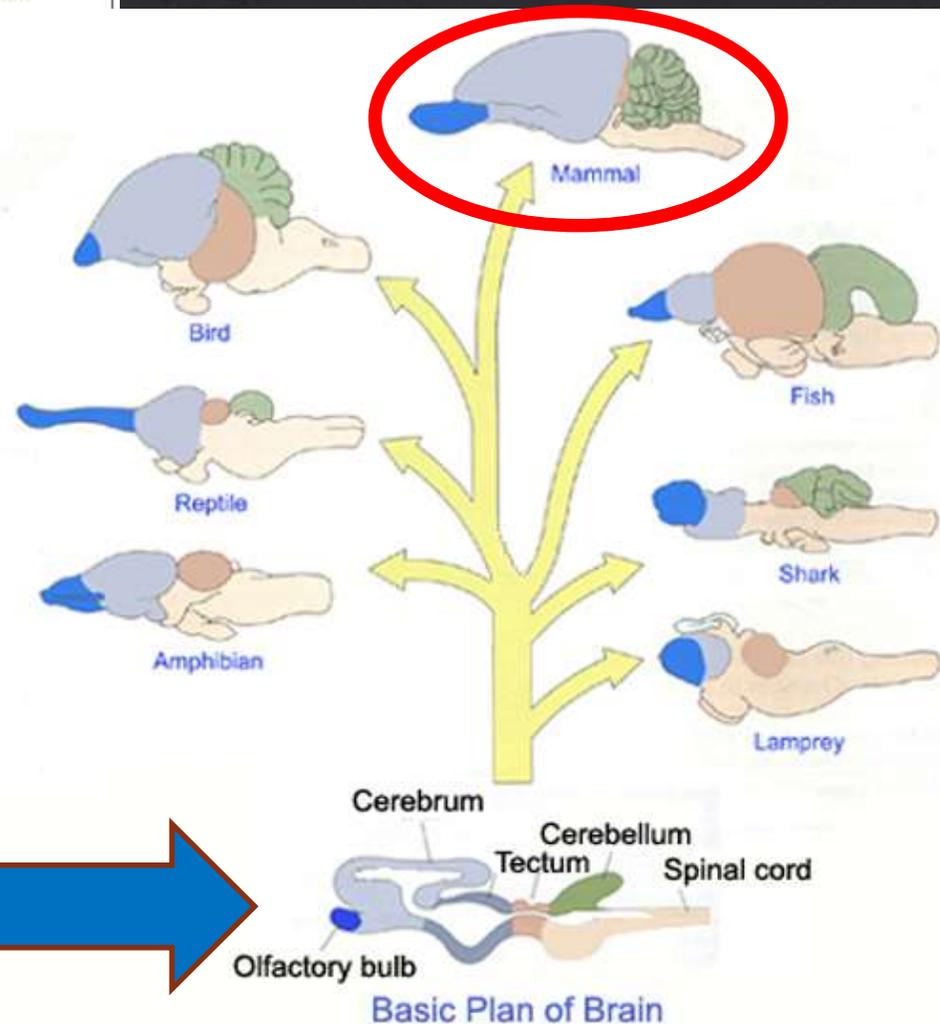
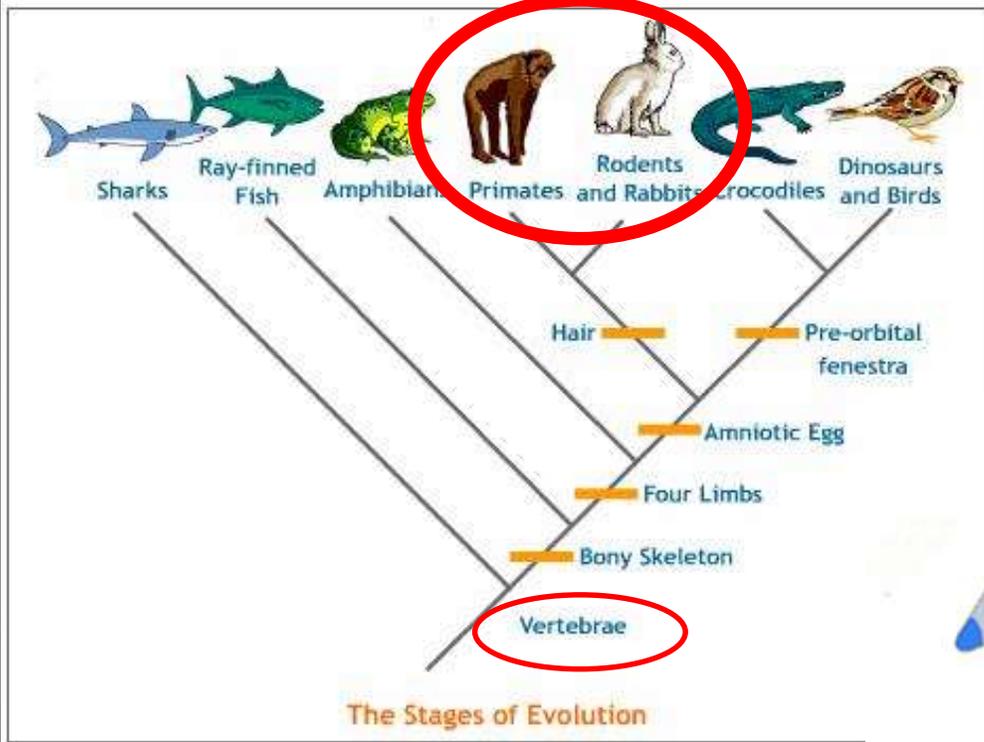
**Animaux :**  
**autonomie motrice**  
pour trouver leurs ressources  
dans l'environnement

# Arbre phylogénétique simplifié du règne animal

Chez les **invertébrés** la forme du système nerveux était encore liée à la **forme générale du corps**, à la diversité des organes sensoriels, etc.

(pas encore de « céphalisation » comme chez les vertébrés)





Chez les vertébrés :

« céphalisation » croissante

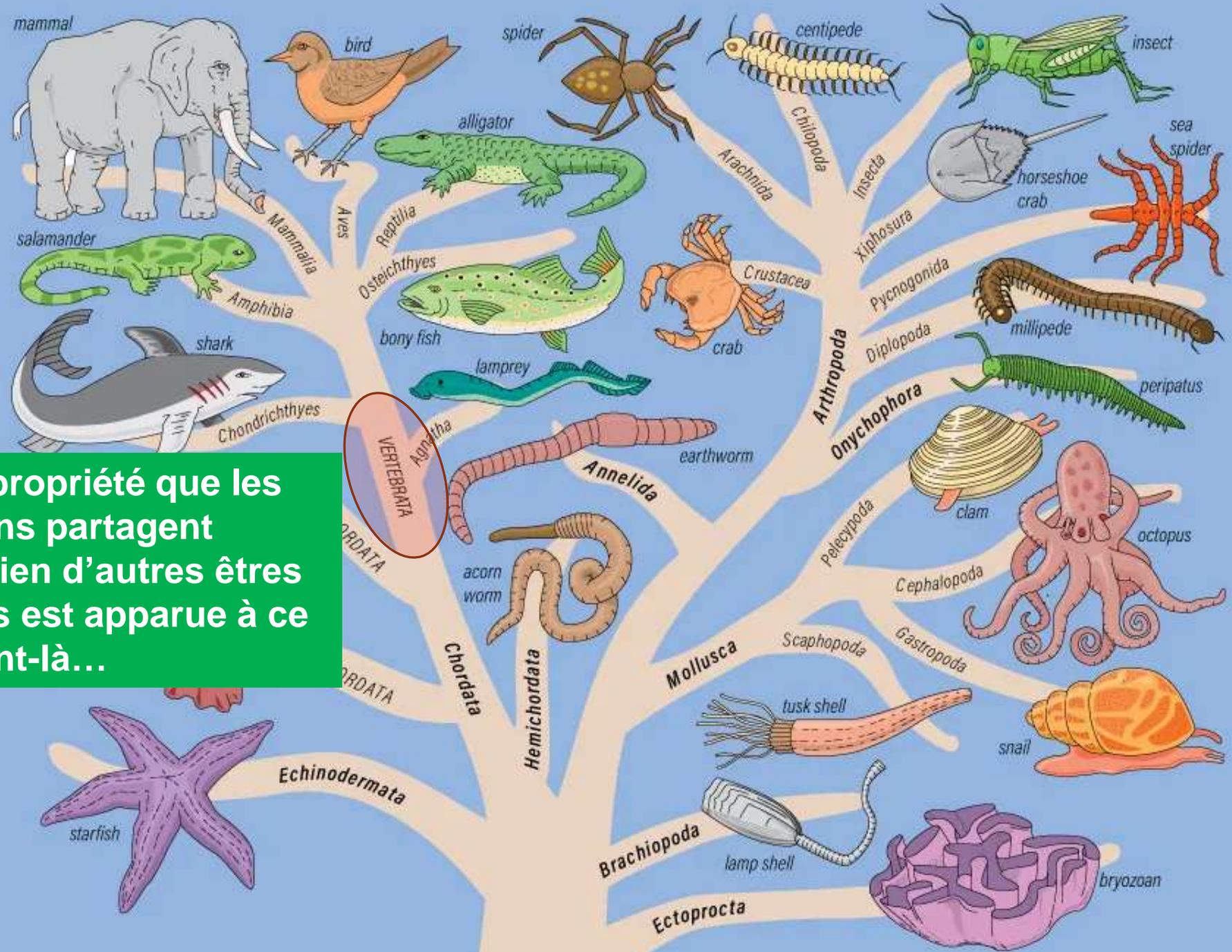
(les neurones se concentrent dans un cerveau)

à partir d'un modèle commun

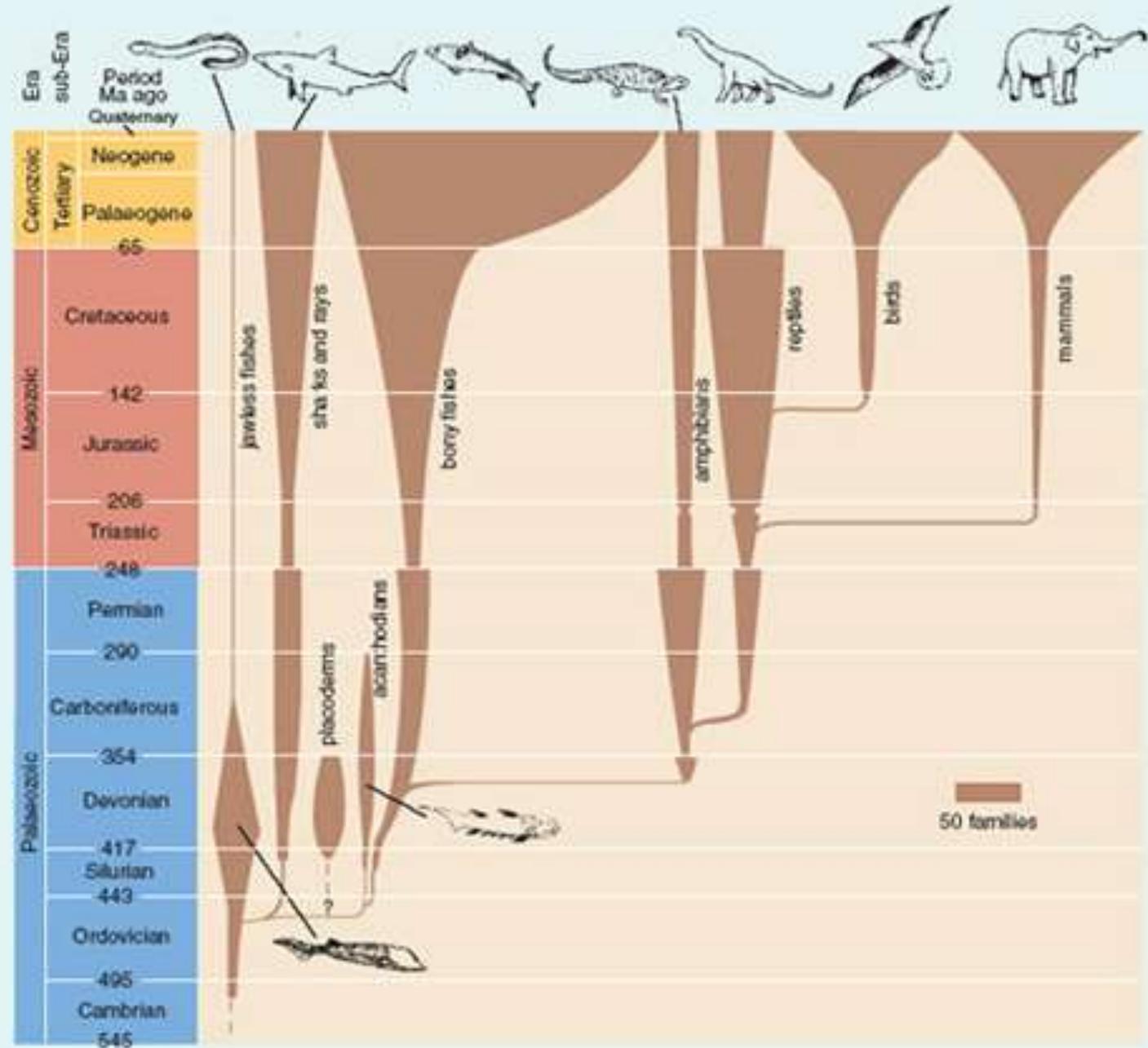


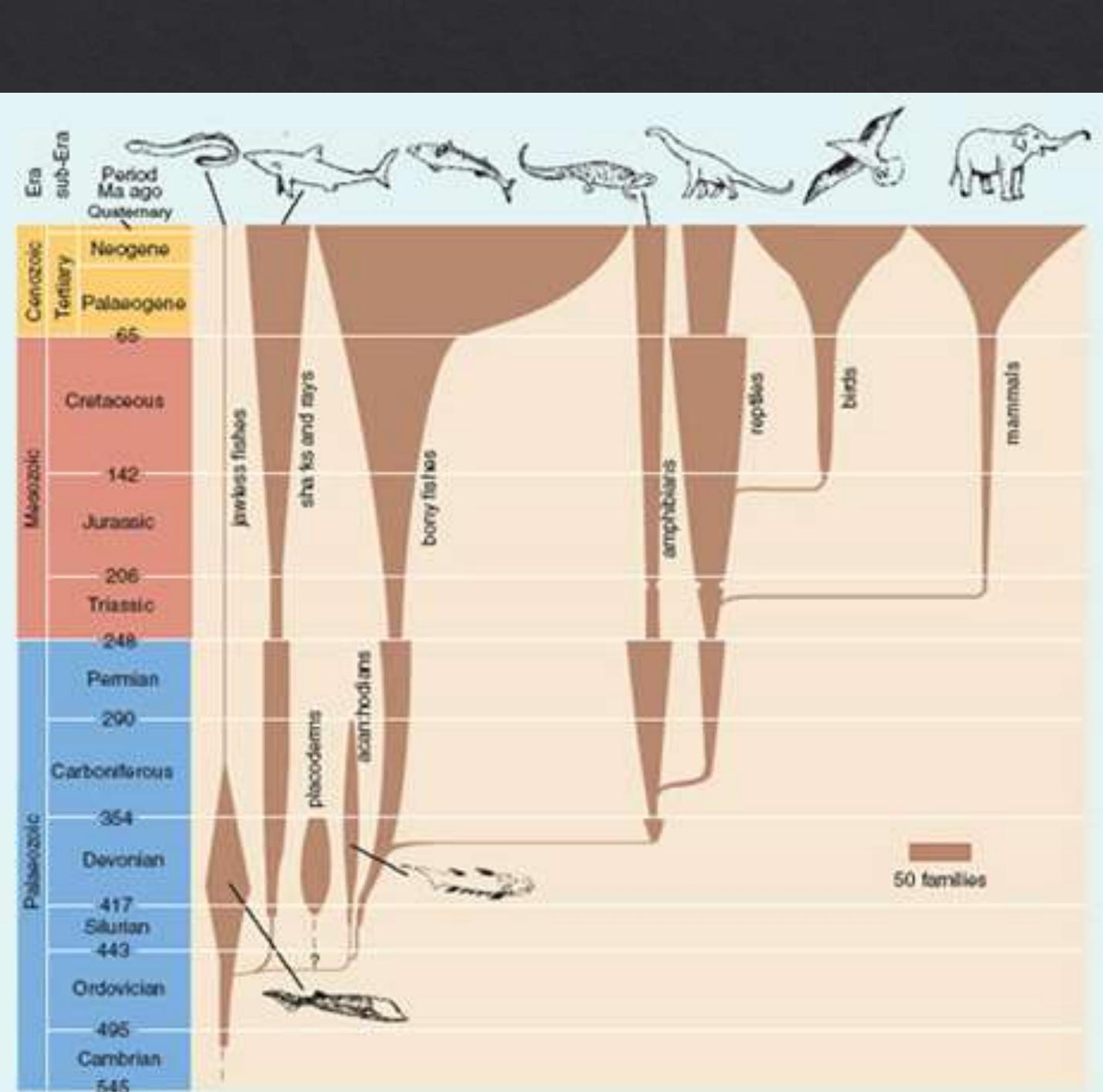
# Arbre phylogénétique simplifié du règne animal

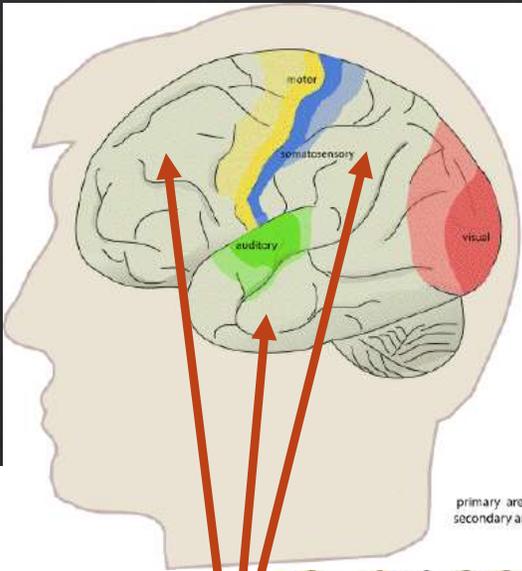
Cette propriété que les humains partagent avec bien d'autres êtres vivants est apparue à ce moment-là...



**Diversité relative des espèces de vertébrés de leur origine, il y a plus de 500 millions d'années, à aujourd'hui.**



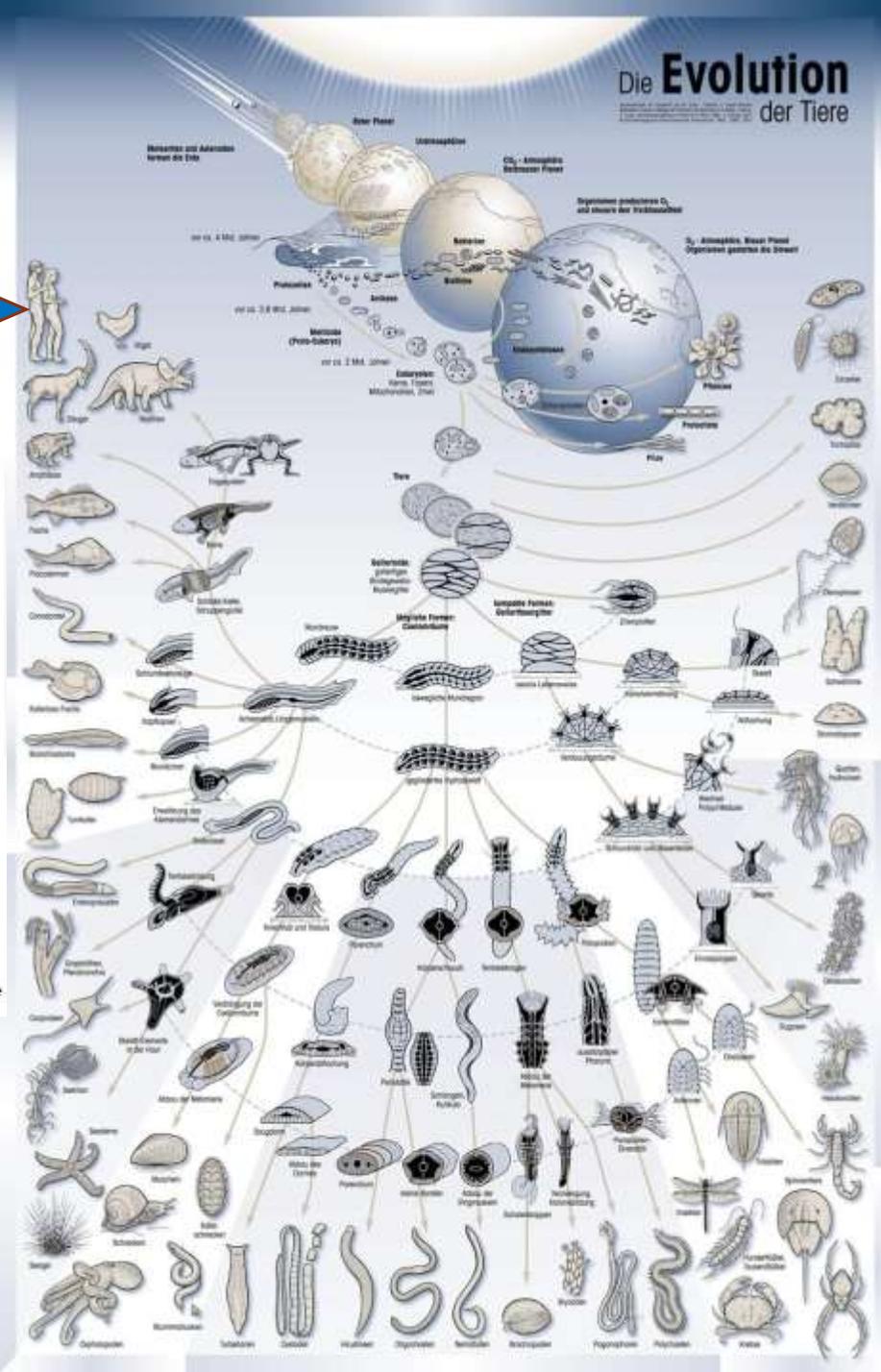
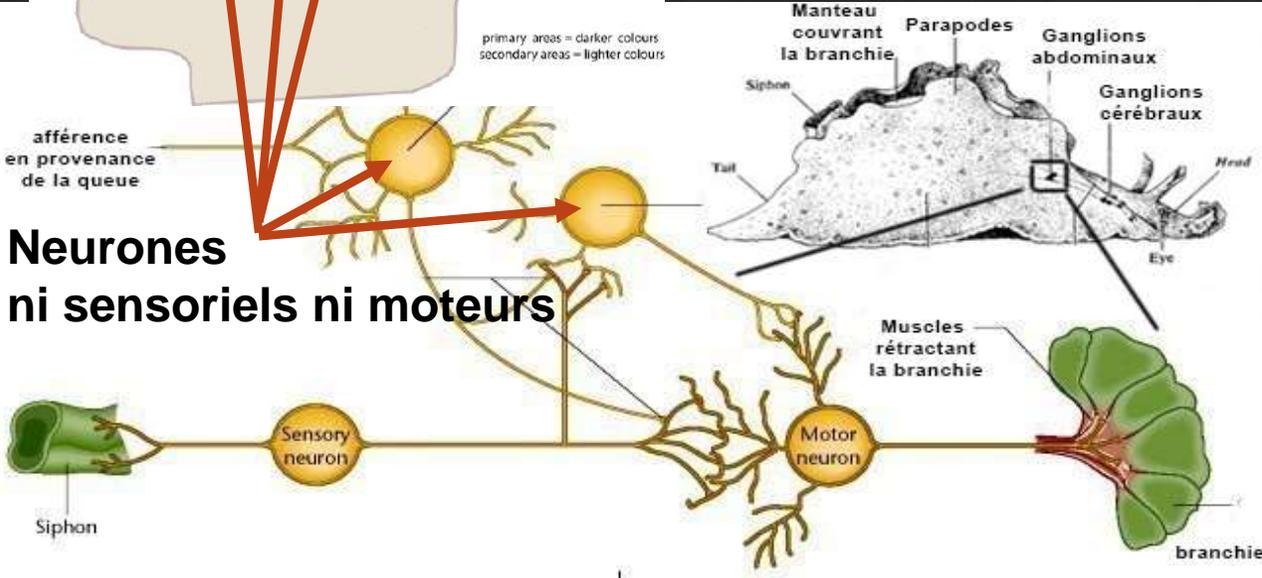




primary areas = darker colours  
secondary areas = lighter colours

afférence  
en provenance  
de la queue

**Neurones  
ni sensoriels ni moteurs**



Pendant des centaines de millions d'années, la boucle-sensorimotrice s'est donc diversifiée et complexifiée...

Commentaires ?  
Questions ?

« Nous sommes faits de poussières d'étoiles »

Les « niveaux d'organisation » et les « propriétés émergentes »

De l'évolution cosmique à l'évolution chimique

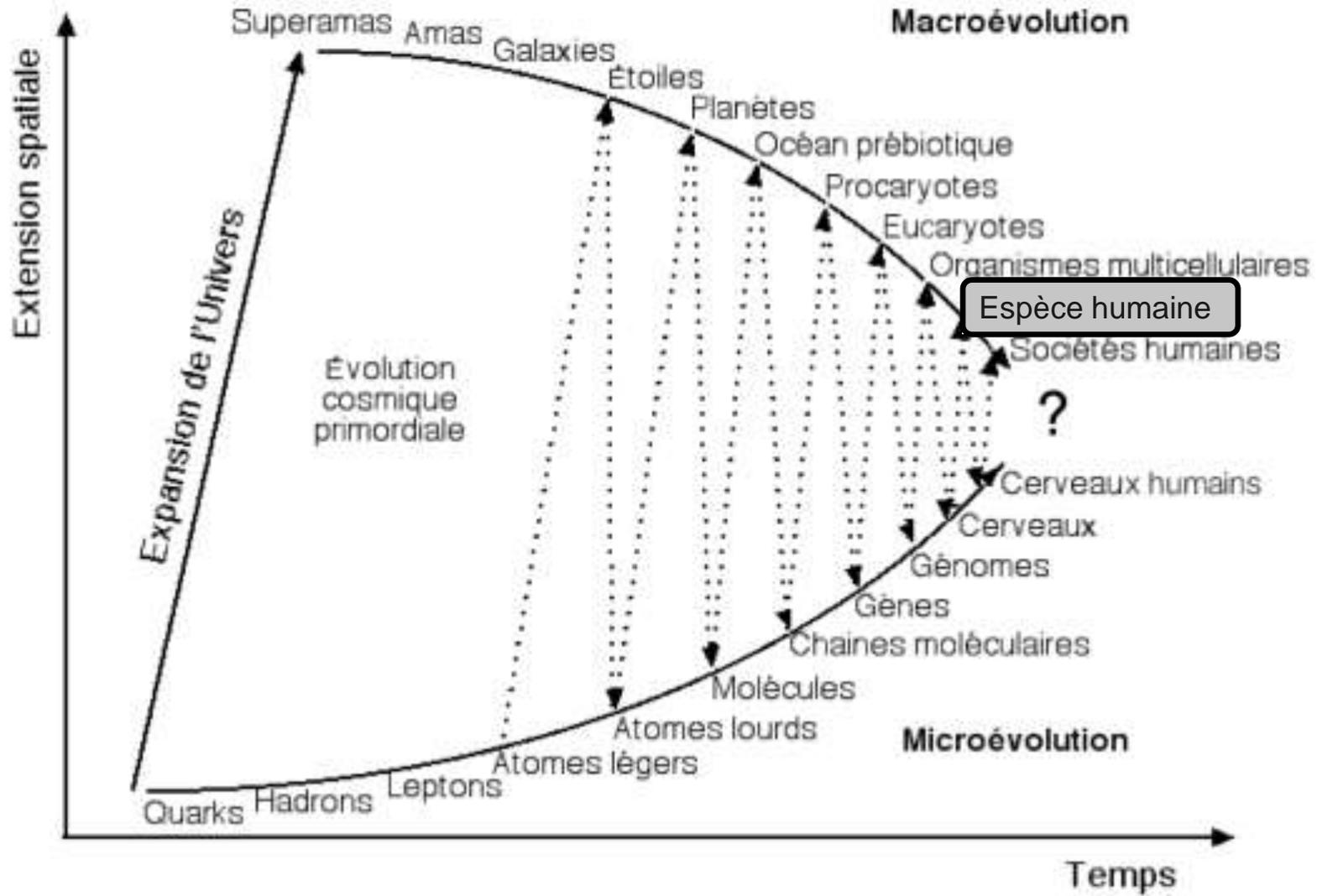
Qu'est-ce que la vie ?

La reproduction et la sélection naturelle

Le passage aux multicellulaires et à la spécialisation cellulaire

L'origine des systèmes nerveux

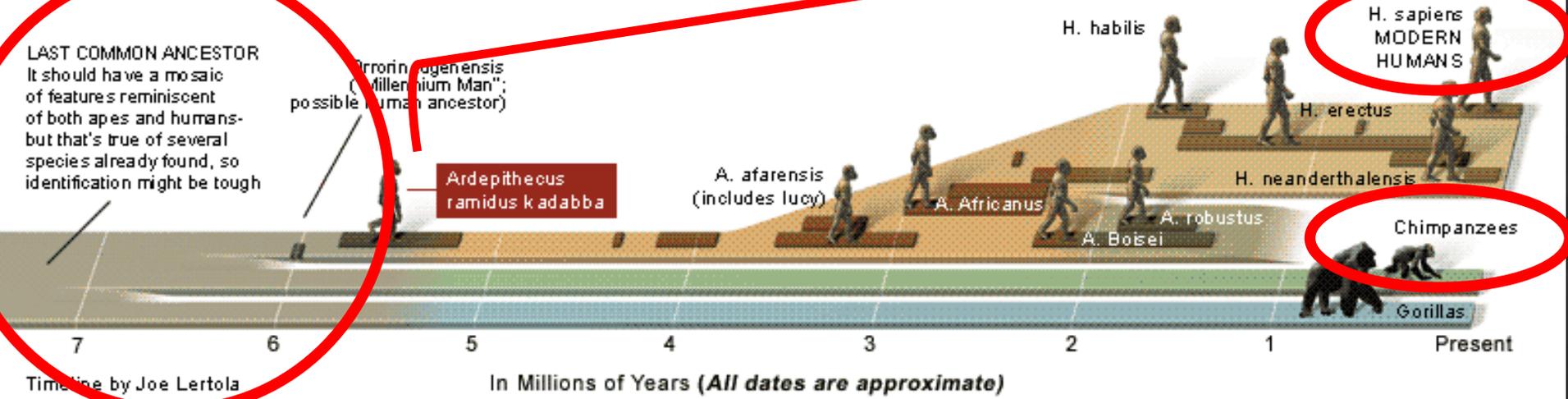
**L'expansion spectaculaire du volume cérébral durant l'hominisation**



# A WALK THROUGH HUMAN EVOLUTION

The newest fossils have brought scientists tantalizingly close to the time when humans first walked upright—splitting off from the chimpanzees. Their best guess now is that it happened at least 6 million years ago [Click here to read the cover story >>](#)

**LAST COMMON ANCESTOR**  
It should have a mosaic of features reminiscent of both apes and humans—but that's true of several species already found, so identification might be tough



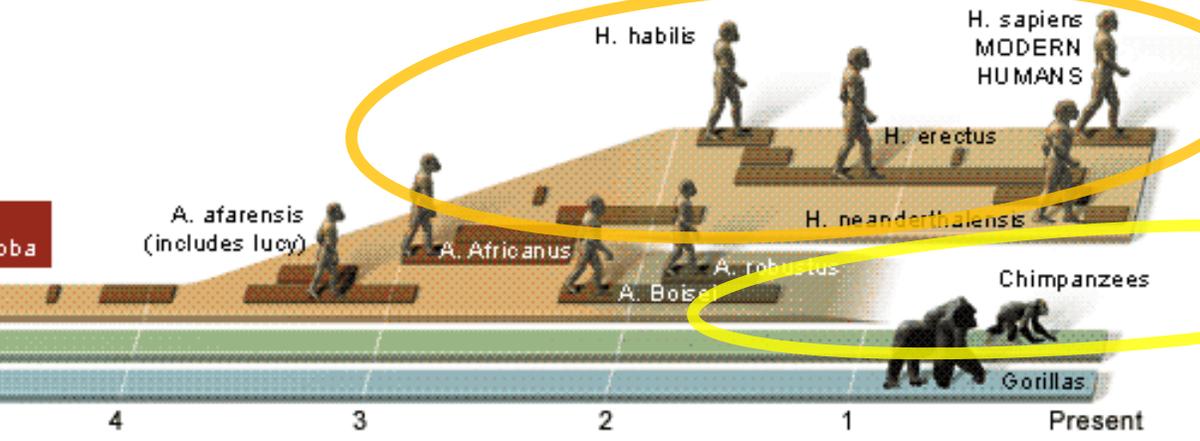
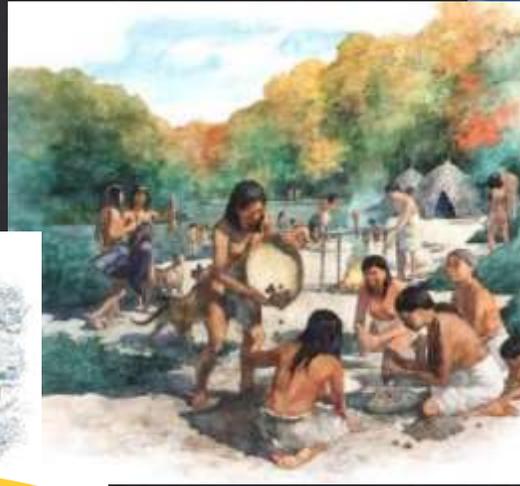
L'hominisation,

ou l'histoire de la lignée humaine.

[http://lecerveau.mcgill.ca/flash/capsules/histoire\\_bleu03.html](http://lecerveau.mcgill.ca/flash/capsules/histoire_bleu03.html)

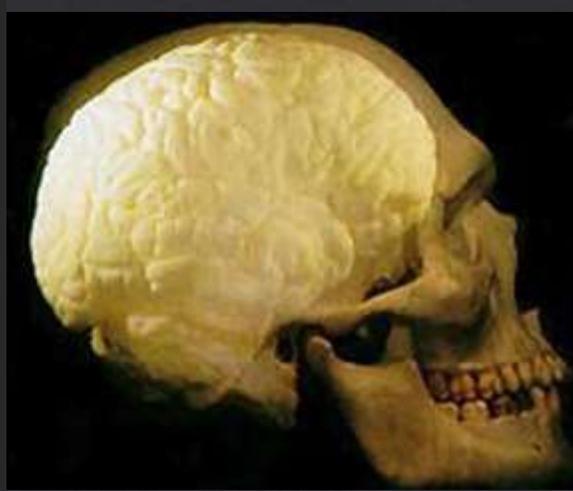
Mais rien de comparable aux transformations cognitives chez les hominidés durant à peine plus longtemps (3 millions d'années)

- langage, technologies, structure sociale complexe, etc.



bonobos

Évolution divergente chimpanzés / bonobos il y a 1-2 millions d'année.



L'expansion cérébrale est sans doute une part importante de l'explication derrière ces changements cognitifs spectaculaires de comportements.

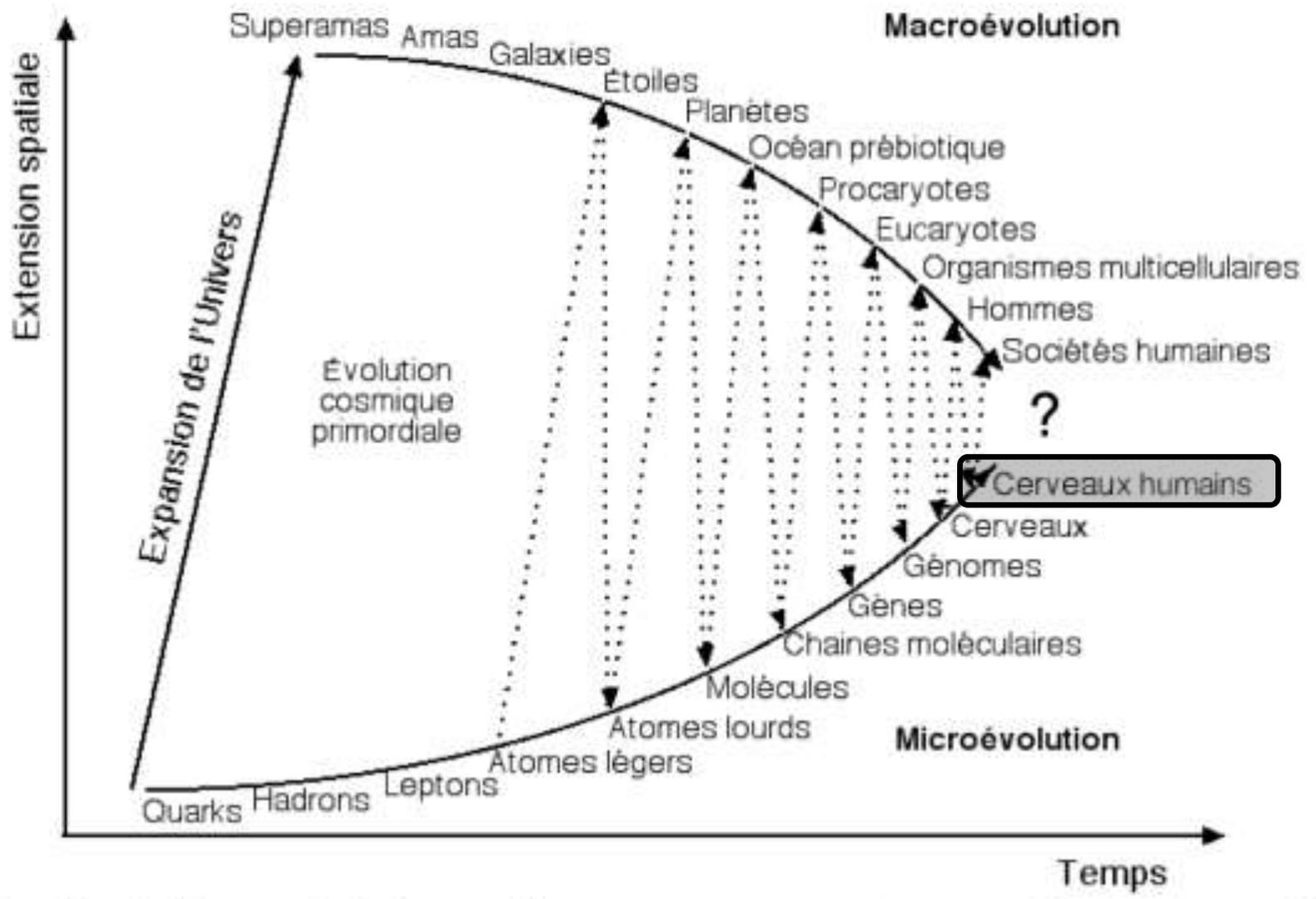


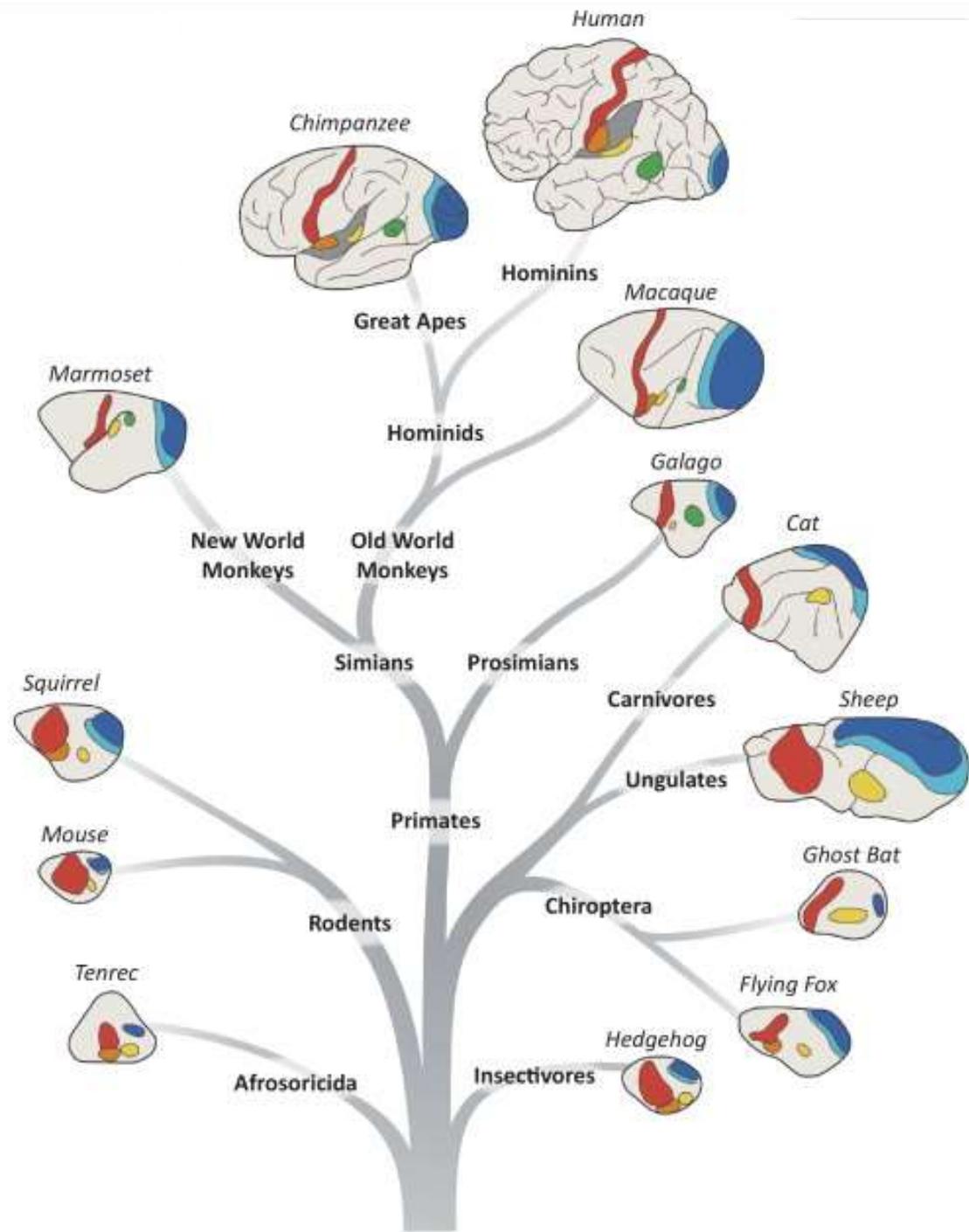
**CHIMPANZEE** vs **BONOBO**

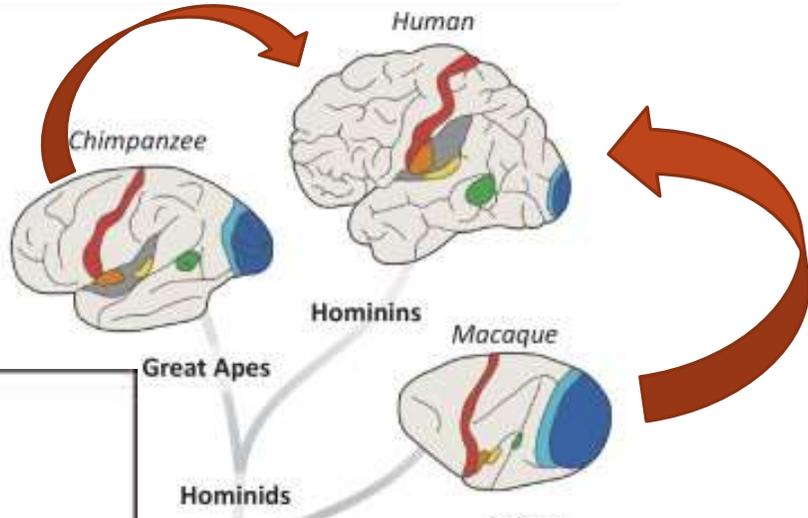
**WHICH TEAM ARE YOU ON?**

War, violence & **MEN** rule

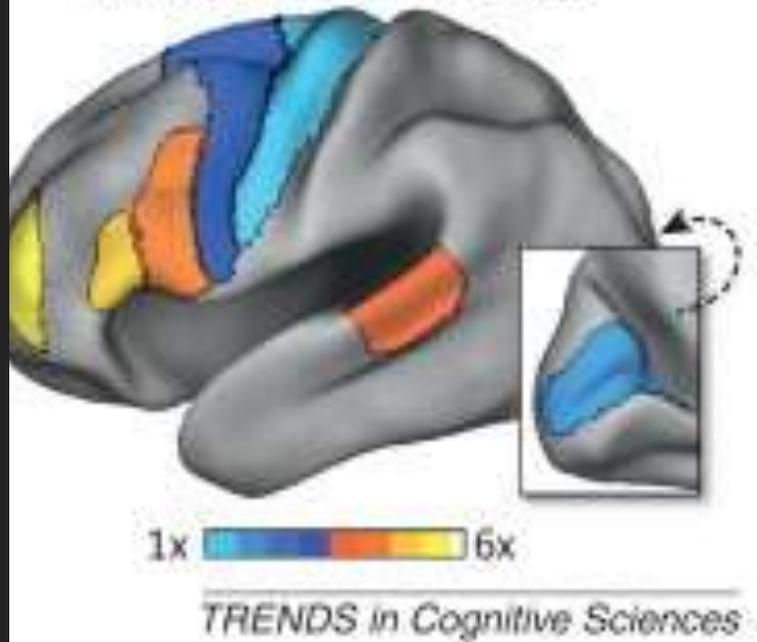
Peace, love & **WOMEN** rule



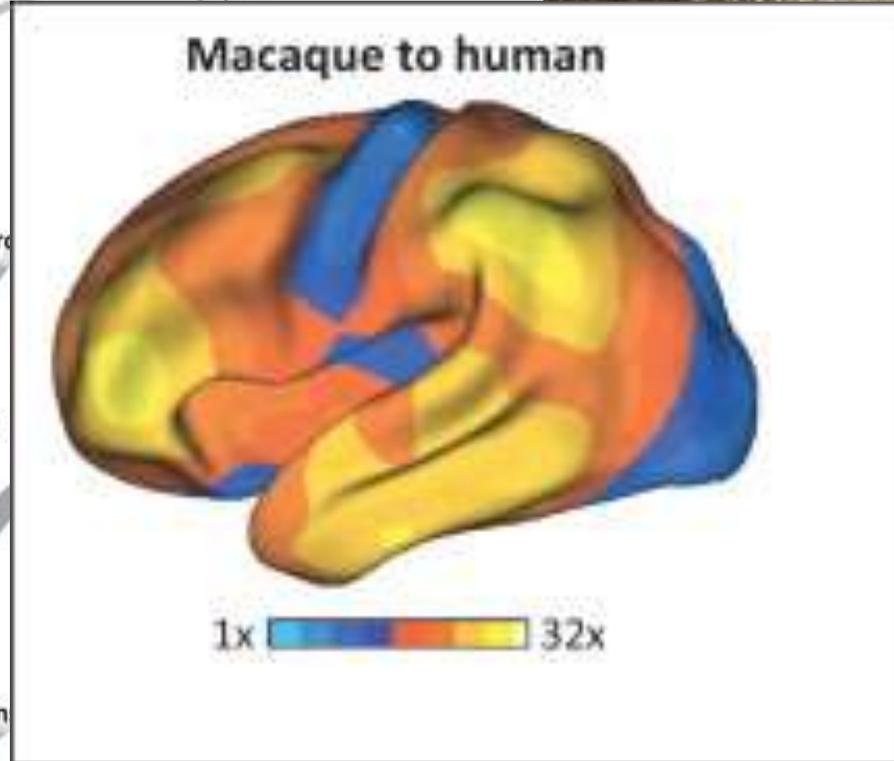




### Chimpanzee to human

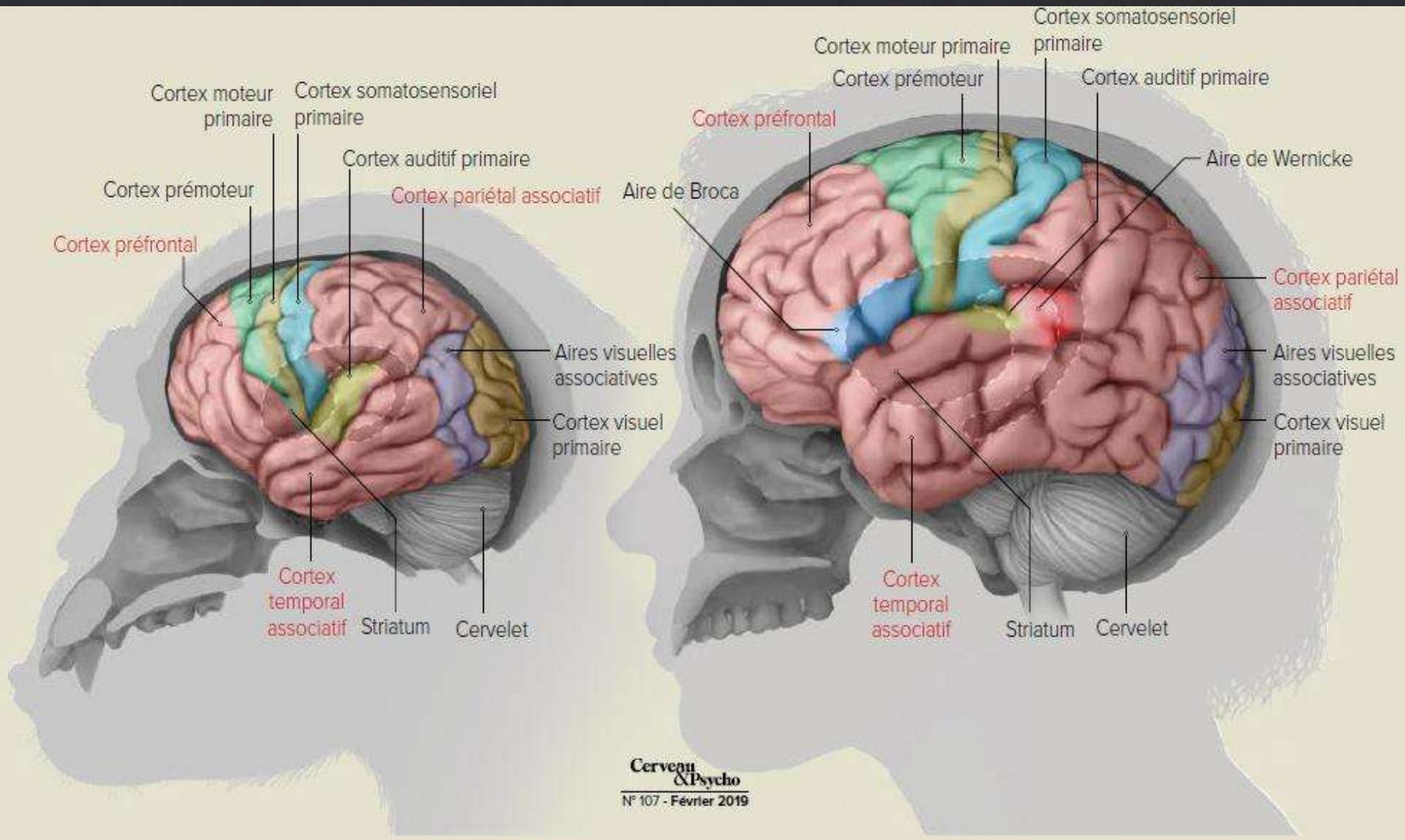


### Macaque to human



ents

In

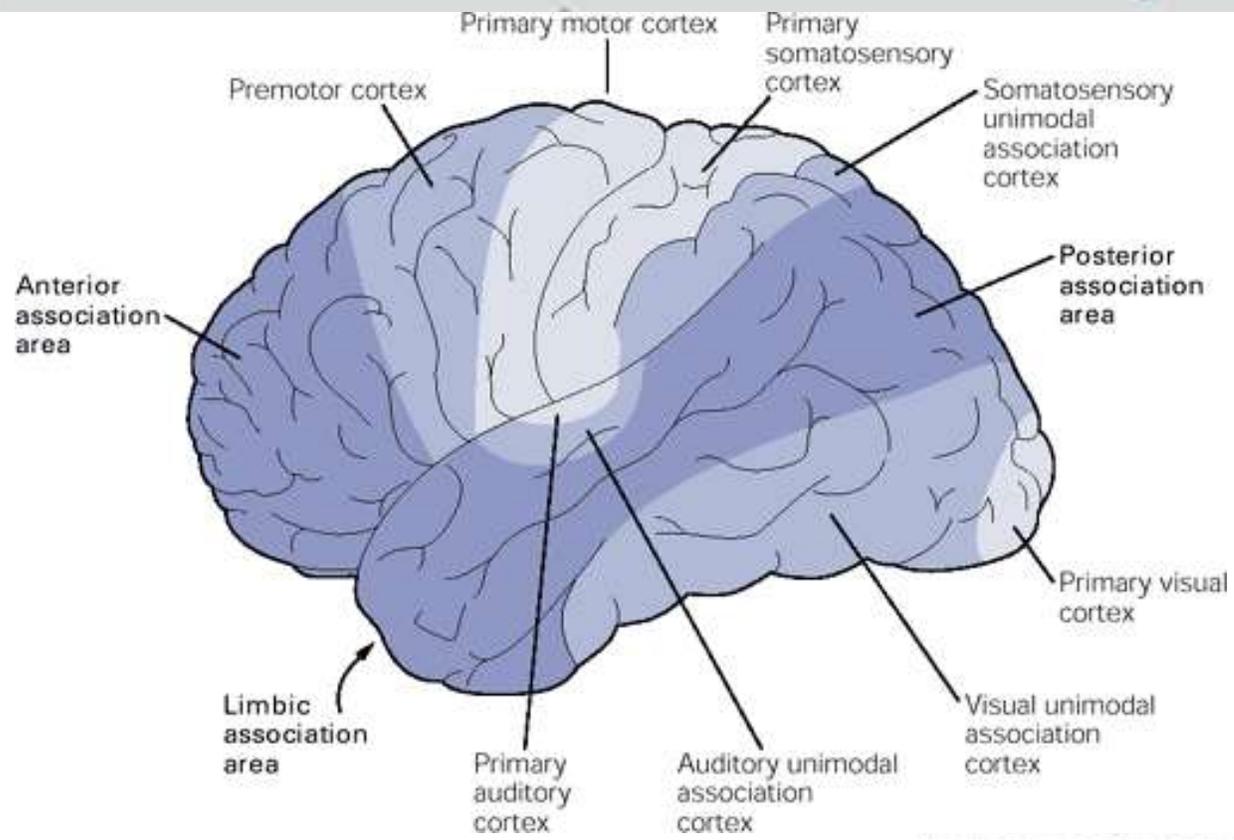
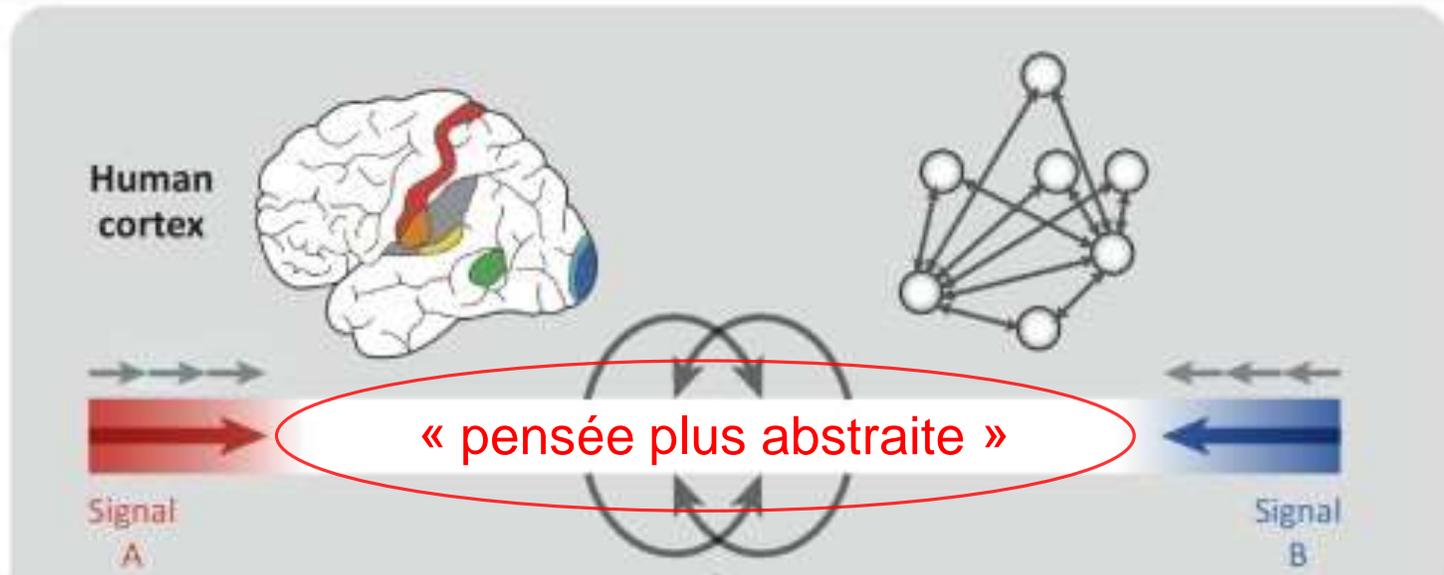
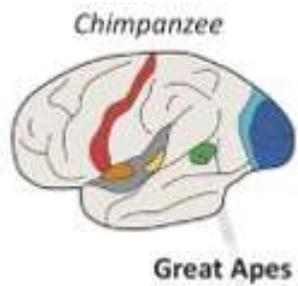


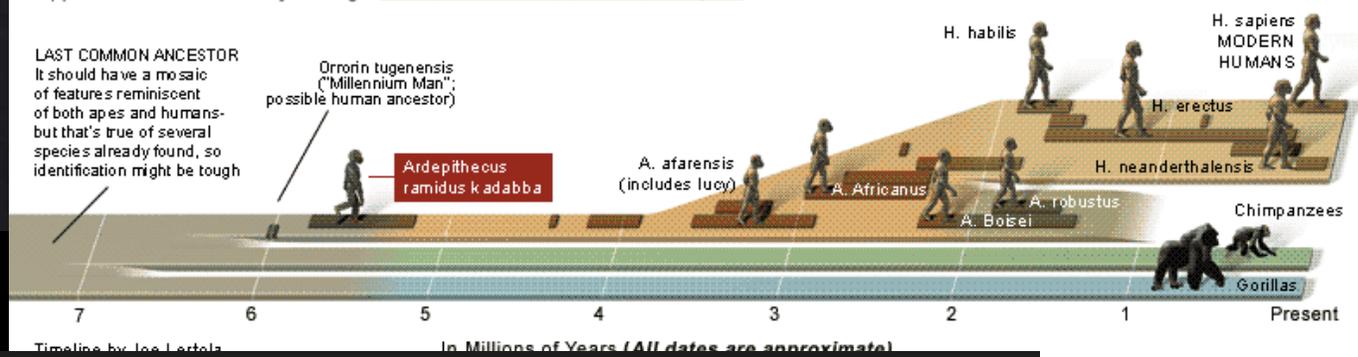
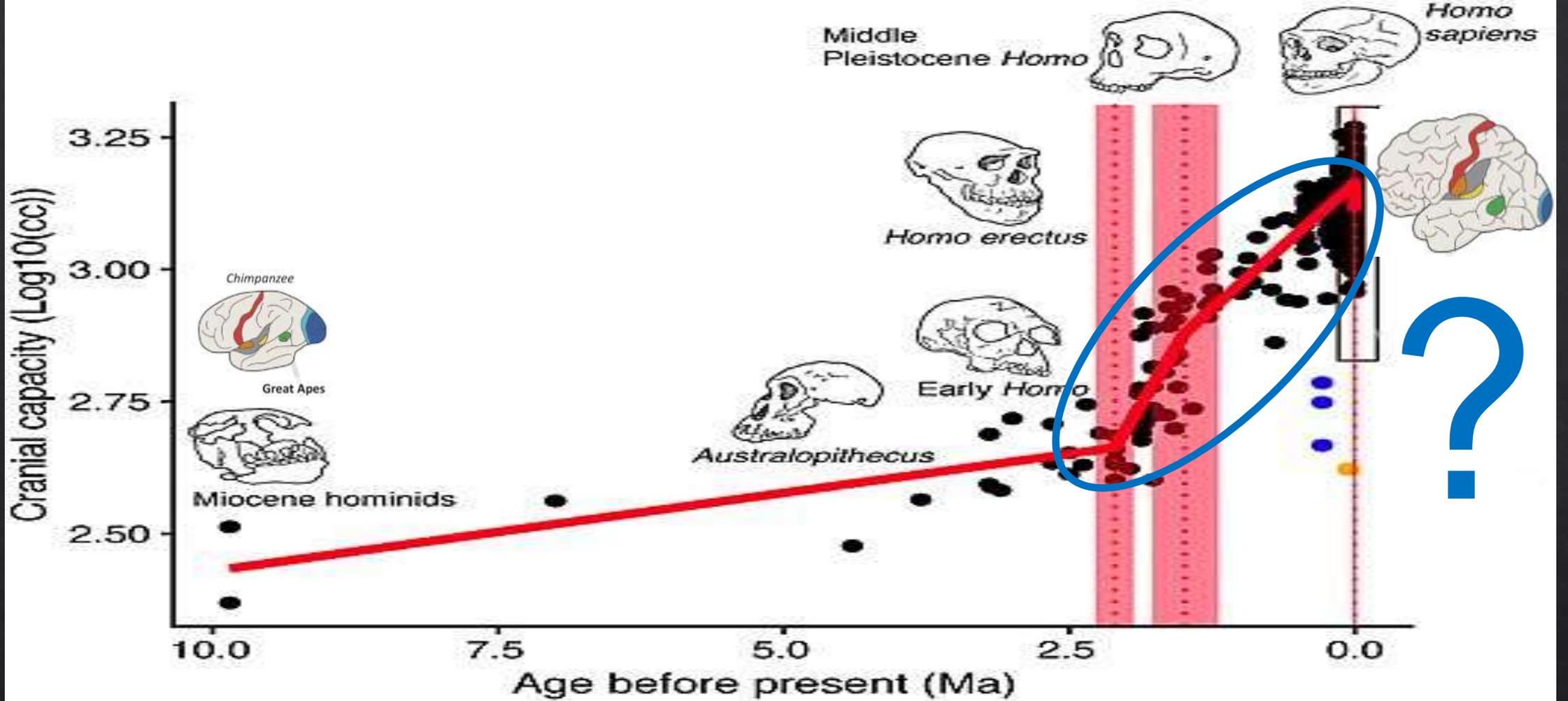
© Mesa Schumacher

Cerveau  
& Psycho  
N° 107 - Février 2019

chimpanzé

humain





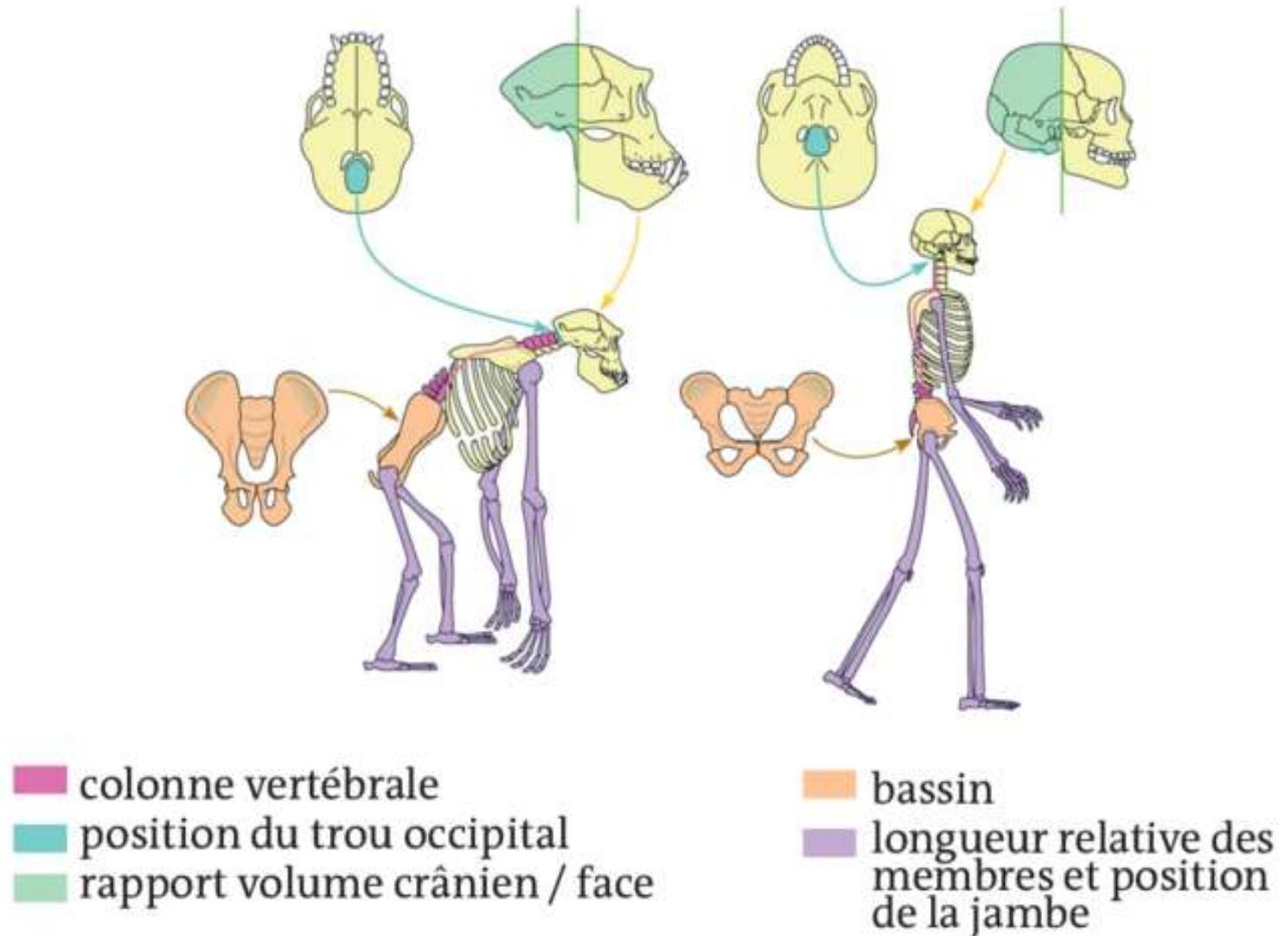
Pour comprendre l'expansion cérébrale dans notre lignée,

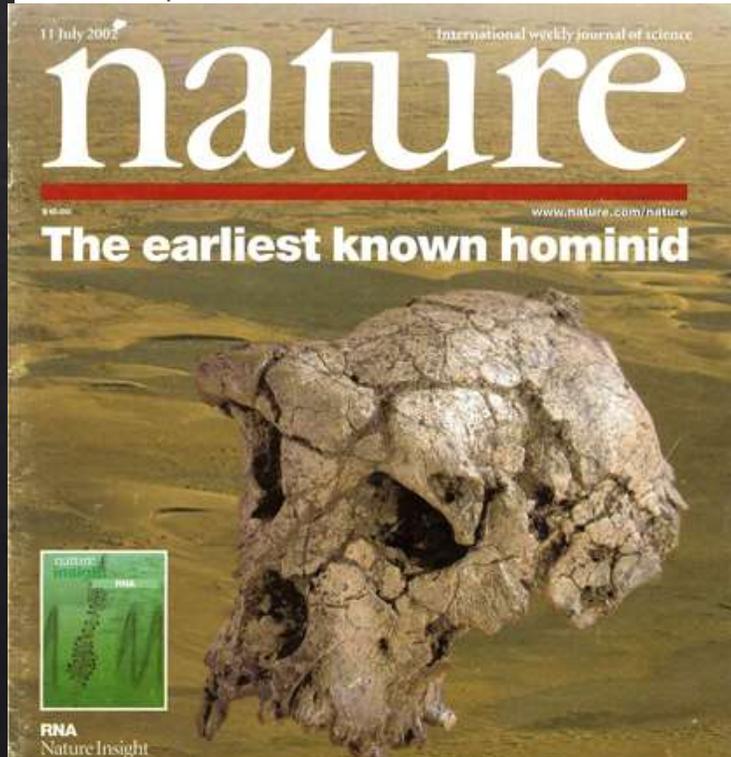
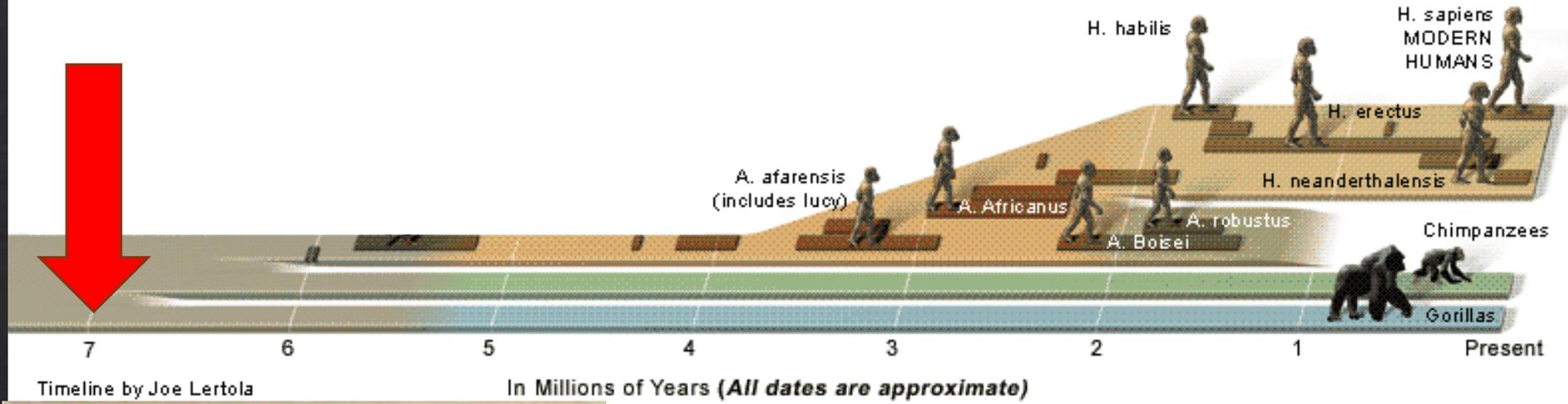
il faut considérer que le **corps** et le cerveau ont toujours évolué ensemble.

Un phénomène incontournable devient alors l'apparition de la bipédie.

Je vous donne juste un bref aperçu à valider et à développer par Michelle...!

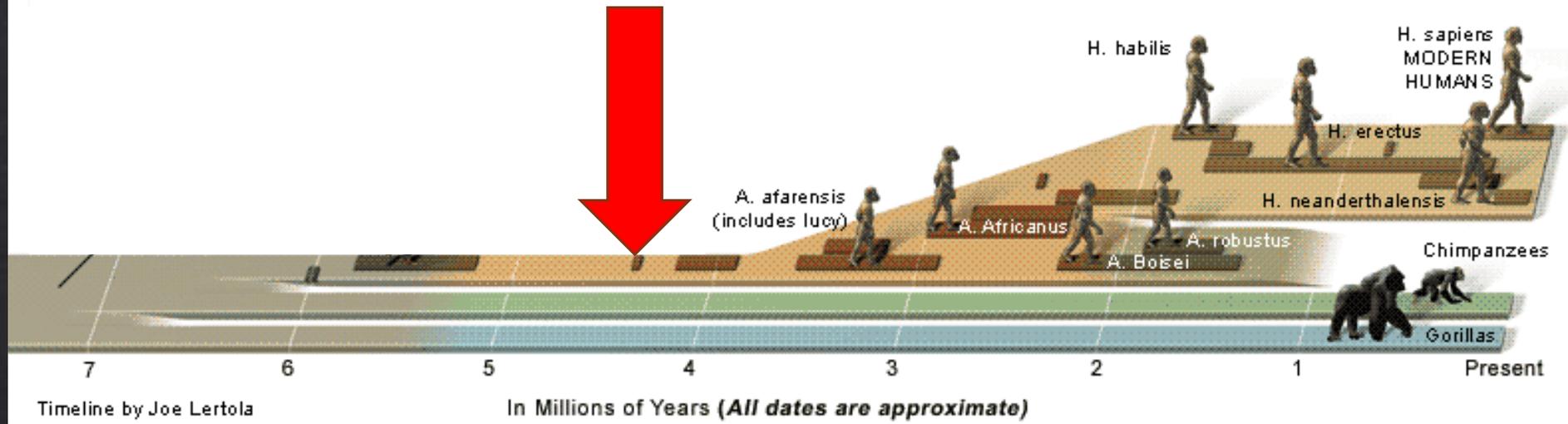
## Les caractères qui distinguent l'humain et le chimpanzé





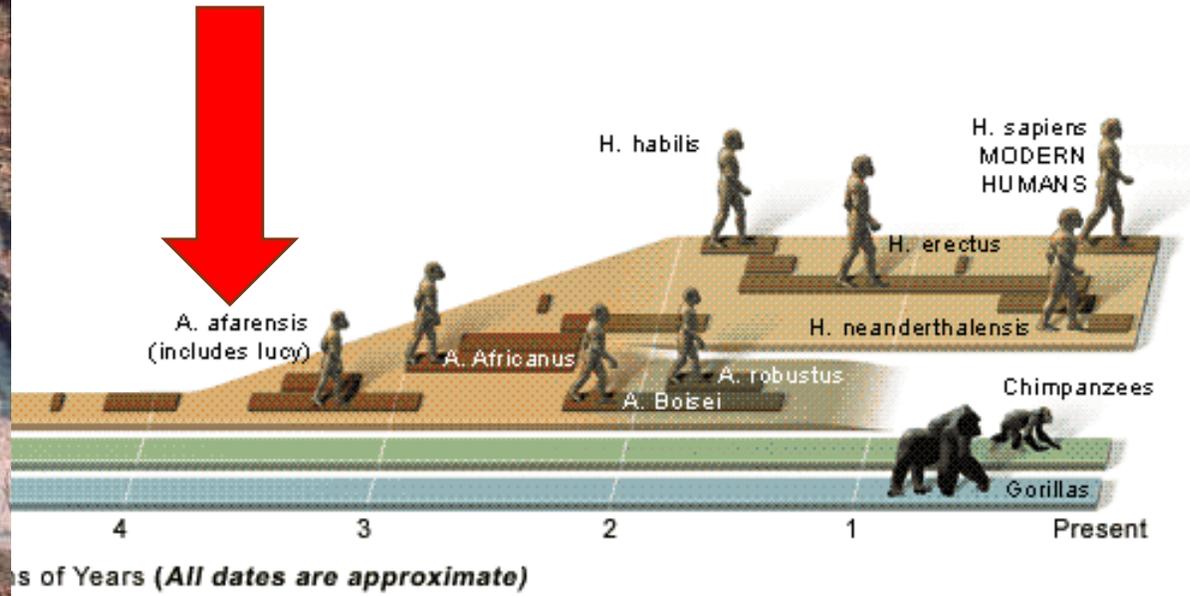
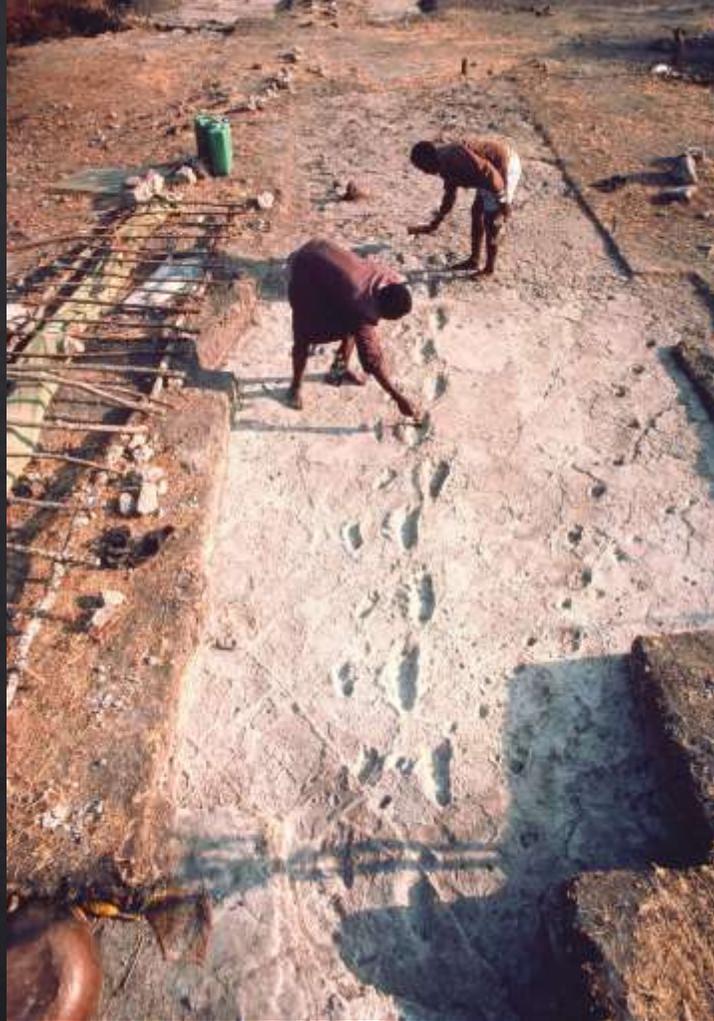
Le premier spécimen fossile de *Sahelanthropus tchadensis* a été surnommé « Toumaï » et son âge est estimé à environ 7 millions d'années, a été découvert au Tchad par l'équipe de Michel Brunet en juillet 2001.

La bipédie de *Sahelanthropus tchadensis* est très probable pour ses découvreurs parce que le trou occipital correspond à celui d'une colonne vertébrale redressée...

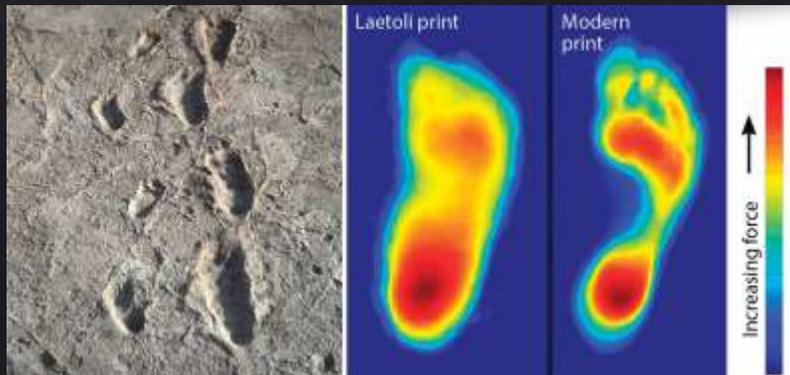


*Ardipithecus ramidus*, qui vivait en Afrique de l'Est au Pliocène inférieur, il y a **4,4 millions d'années**, possède de nombreux traits intermédiaires entre les chimpanzés et *Australopithecus afarensis*.

Il pouvait probablement **marcher debout** mais **seulement sur de courtes distances**.



Le site de Laetoli, découvert en 1977 en Tanzanie, a livré des empreintes de pas d'hominidés bipèdes exceptionnellement conservées dans de la cendre volcanique durcie il y a 3,66 millions d'années.



## Laetoli footprints reveal bipedal gait biomechanics different from those of modern humans and chimpanzees

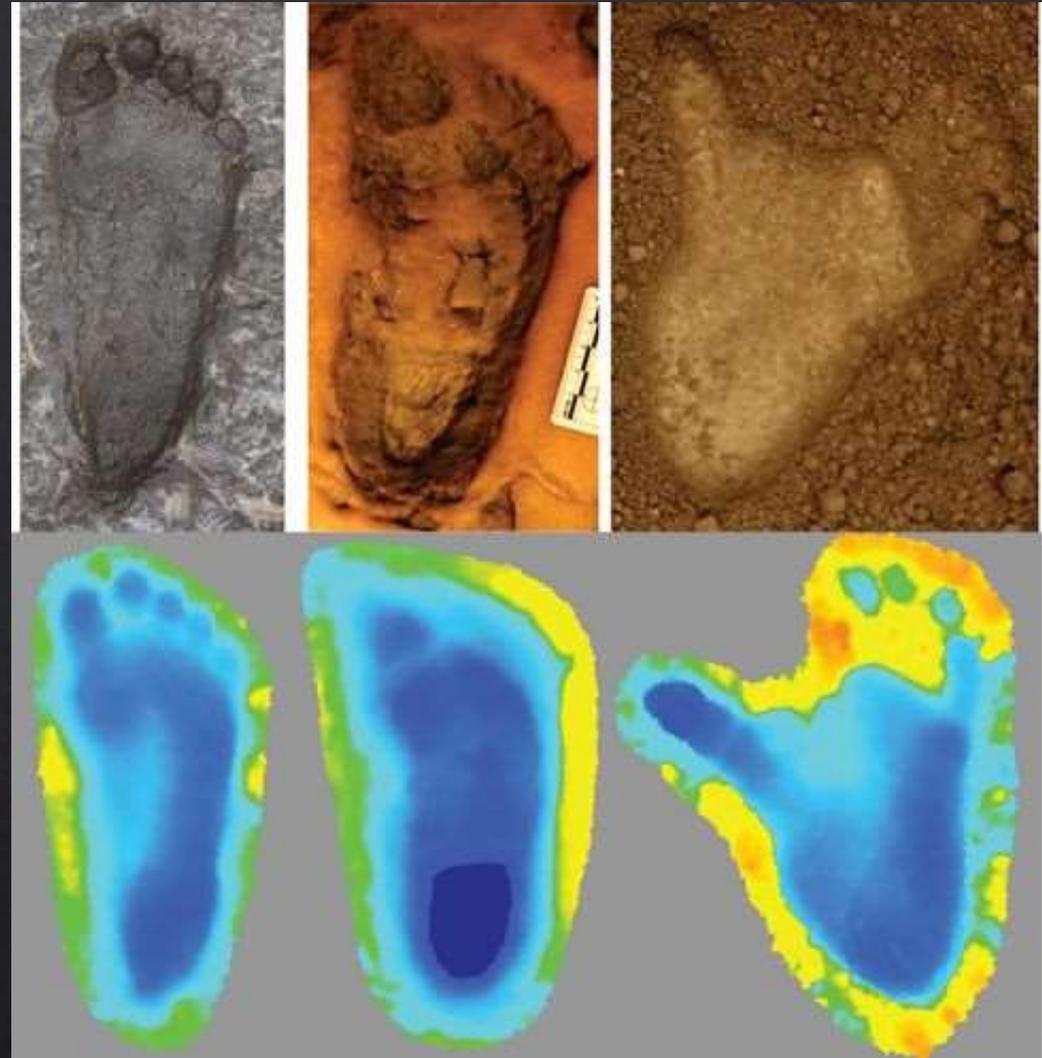
Kevin G. Hatala, Brigitte Demes and Brian G. Richmond

17 August 2016

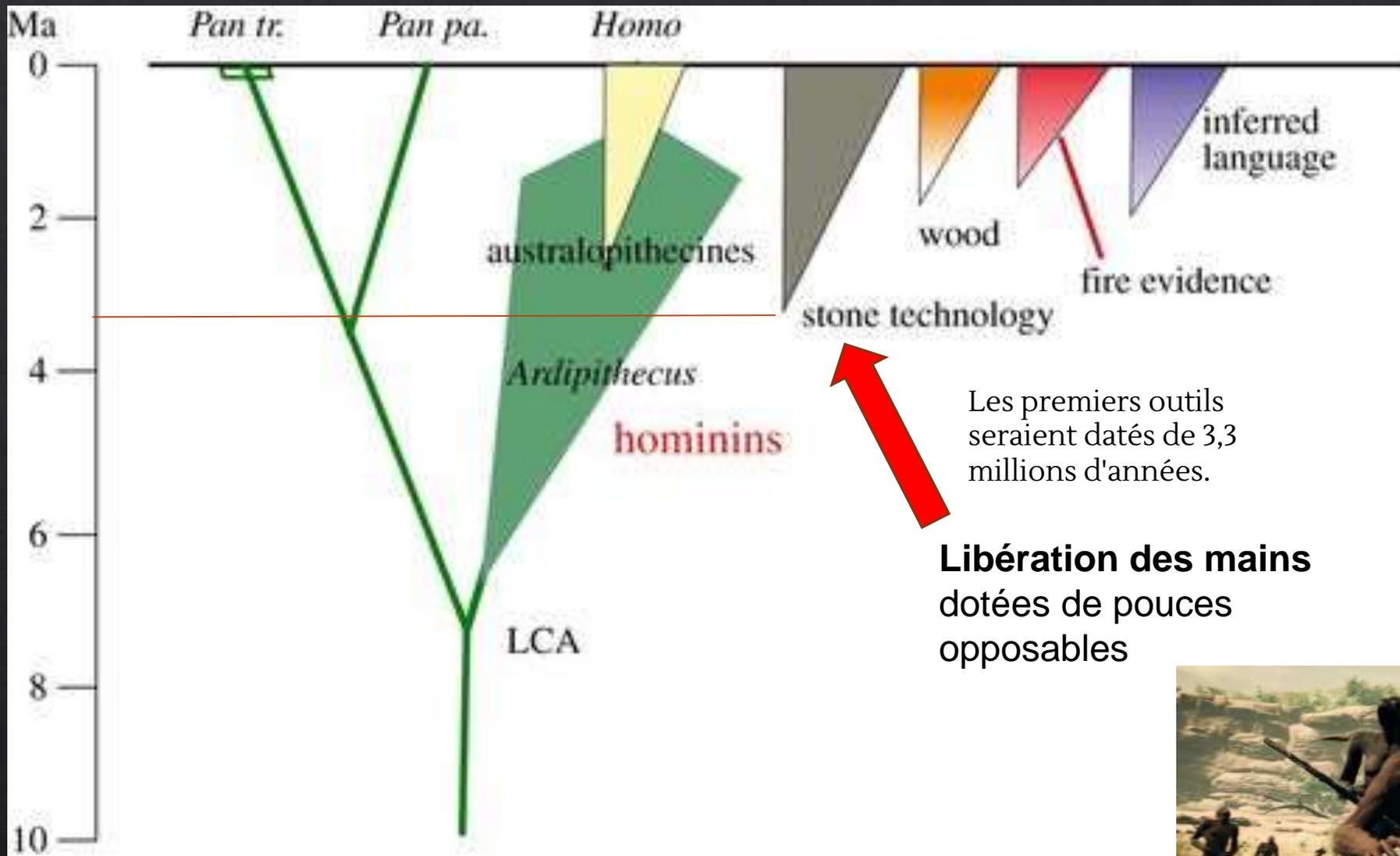
<https://royalsocietypublishing.org/doi/full/10.1098/rspb.2016.0235>

...the ca 3.66 Ma hominin footprints at Laetoli, Tanzania, provided what is still today the **earliest indisputable evidence of bipedalism** in the human fossil record.

These trackways are widely considered to have been made by *Australopithecus afarensis*...



Examples of human, Laetoli hominin and chimpanzee footprints.

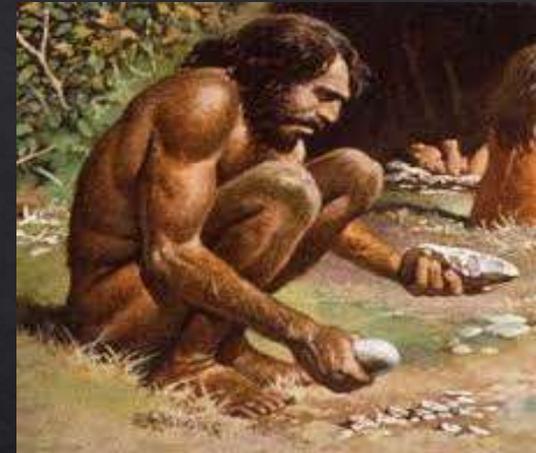


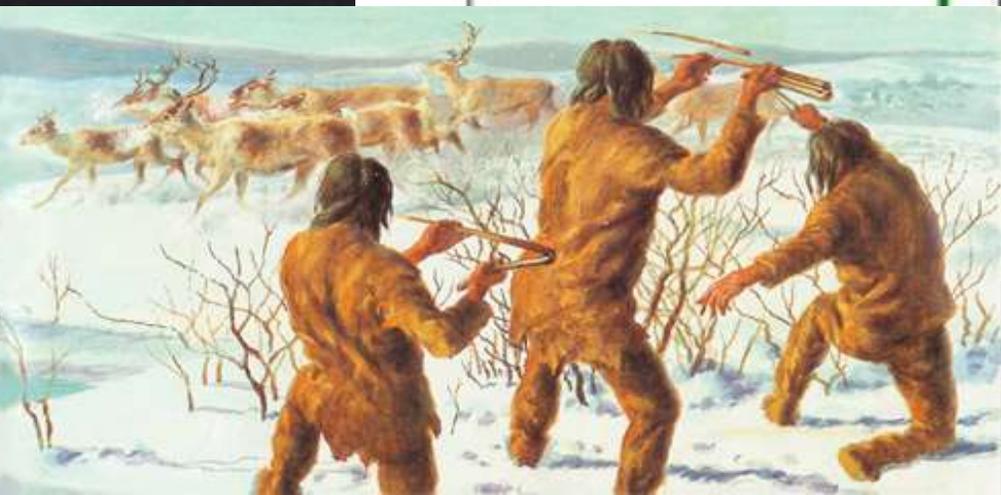
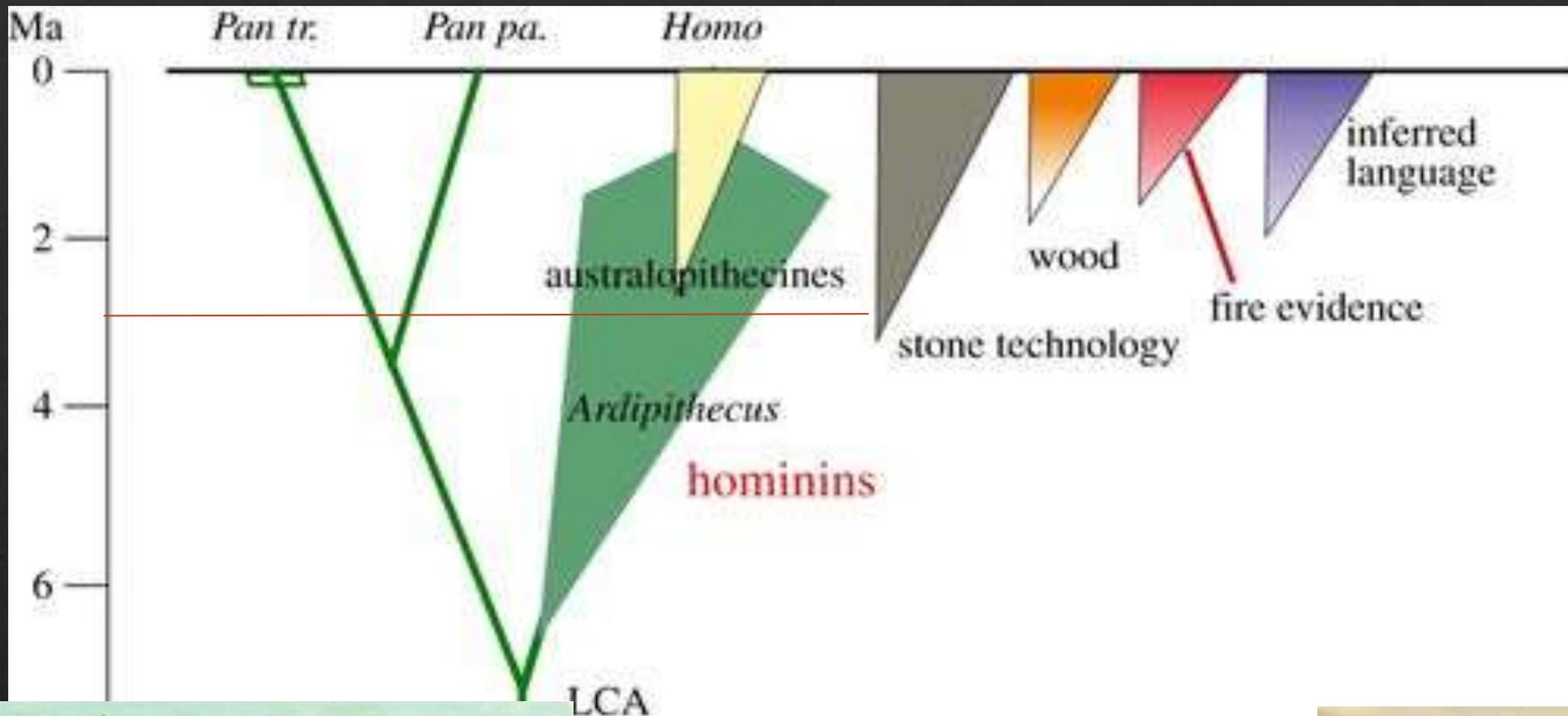
***On connaît l'utilisation d'outils simples dans de nombreuses espèces animales*** : la taupe et son terrier, l'oiseau et son nid, la fourmi et sa fourmilière, l'abeille et sa ruche, le castor et ses barrages, l'araignée et sa toile, les chimpanzés et leurs brindilles pour attraper les fourmis ou les termites, leur technique de cassage de noix, etc.

L'humain fabrique et utilise des ***artefacts*** (outils ou dispositifs techniques), comme d'autres animaux, mais à un **degré incomparable**.

Ceci l'amène à ***construire son environnement*** plutôt qu'à le subir (de plus en plus de « cognition étendue » !)

Pression sélective pour plus gros cerveau (parce que nécessite précision motrice, mémoire et planification)

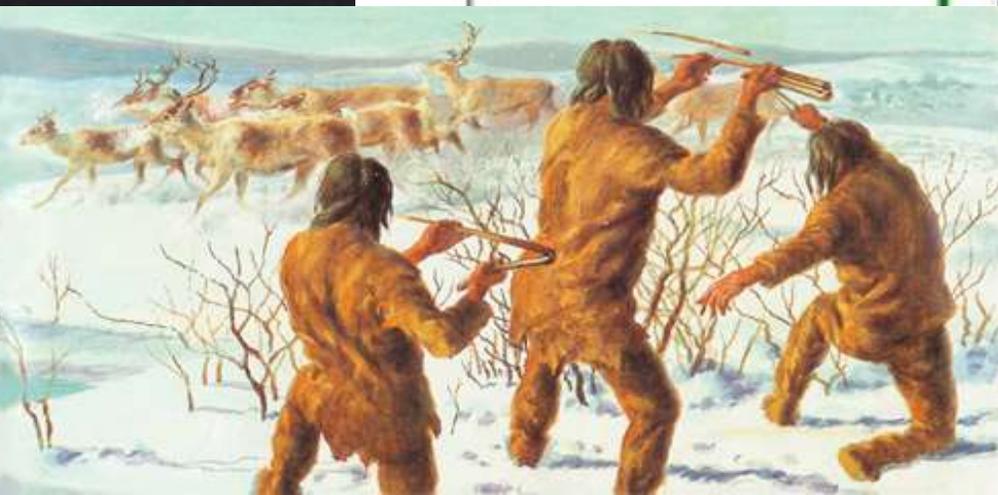
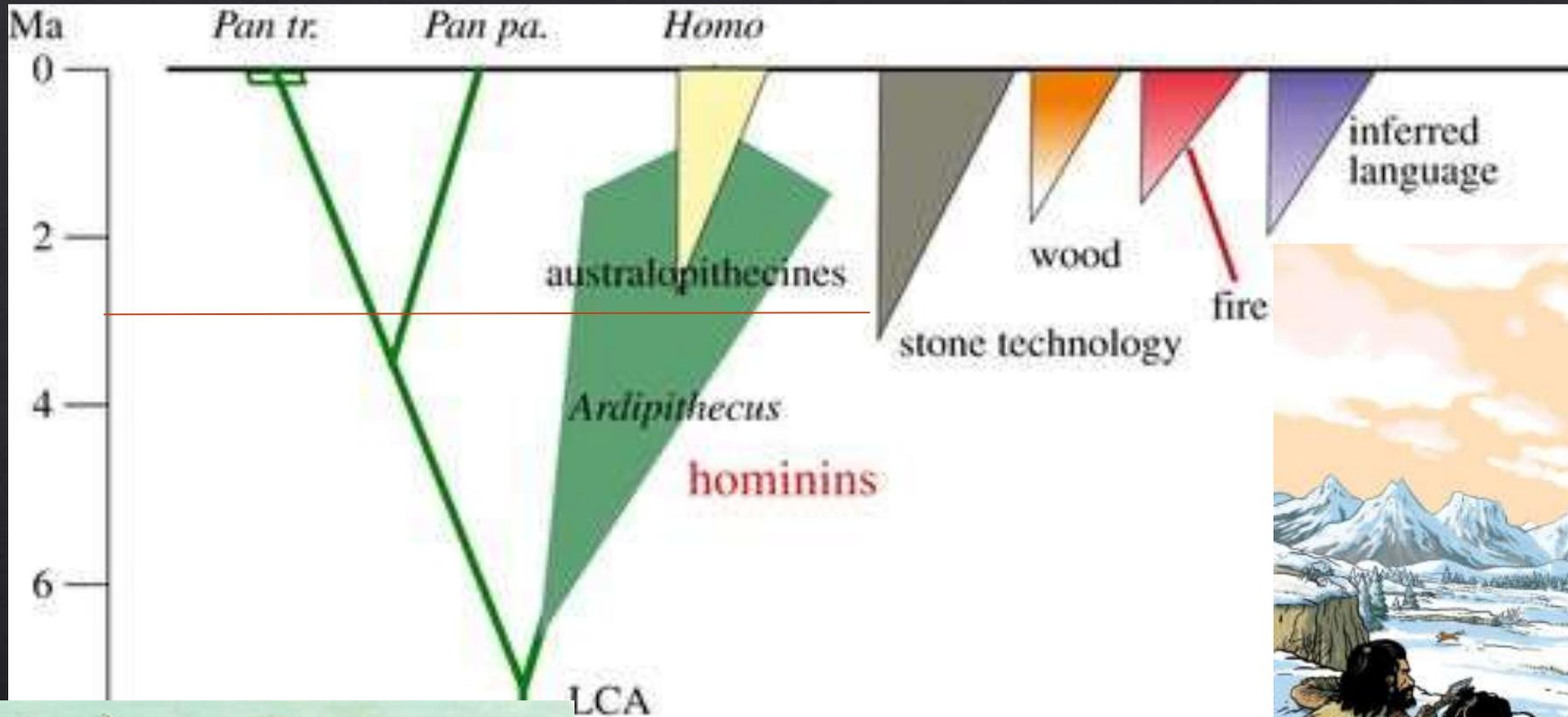




- la chasse (suivre et prédire le parcours du gibier est facilité par la mémoire d'un gros cerveau)



- Apparition progressive du langage : représentations symboliques communes permettant de coordonner des actions...

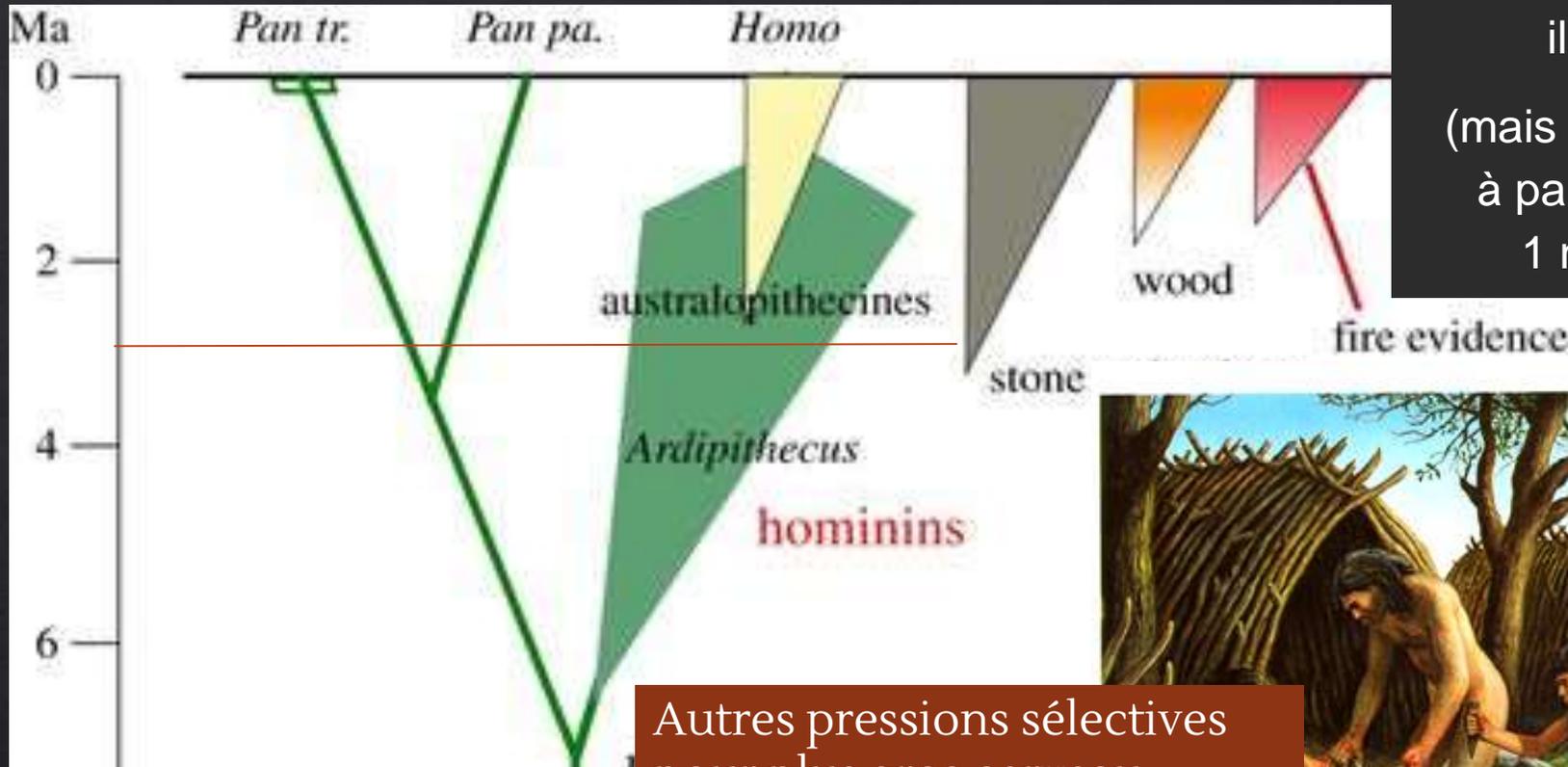


- la chasse (suivre et prédire le parcours du gibier est facilité par la mémoire d'un gros cerveau)

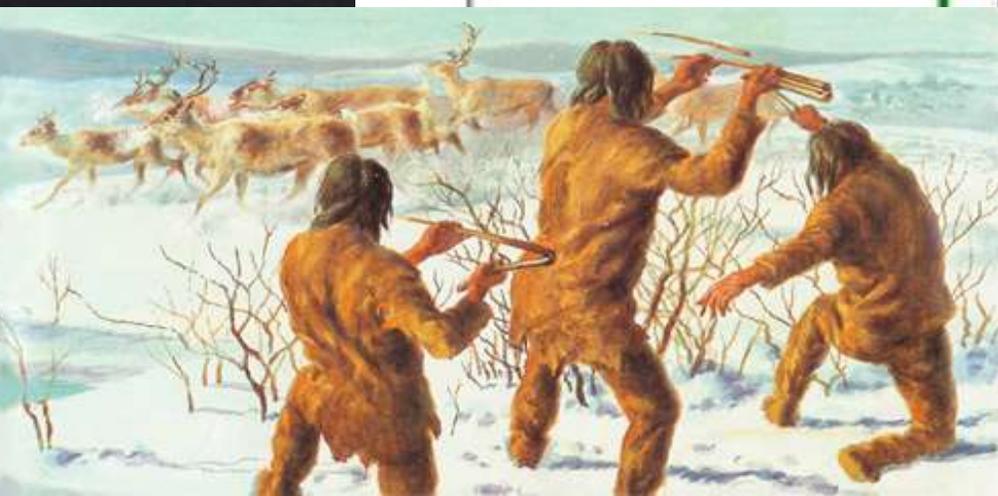
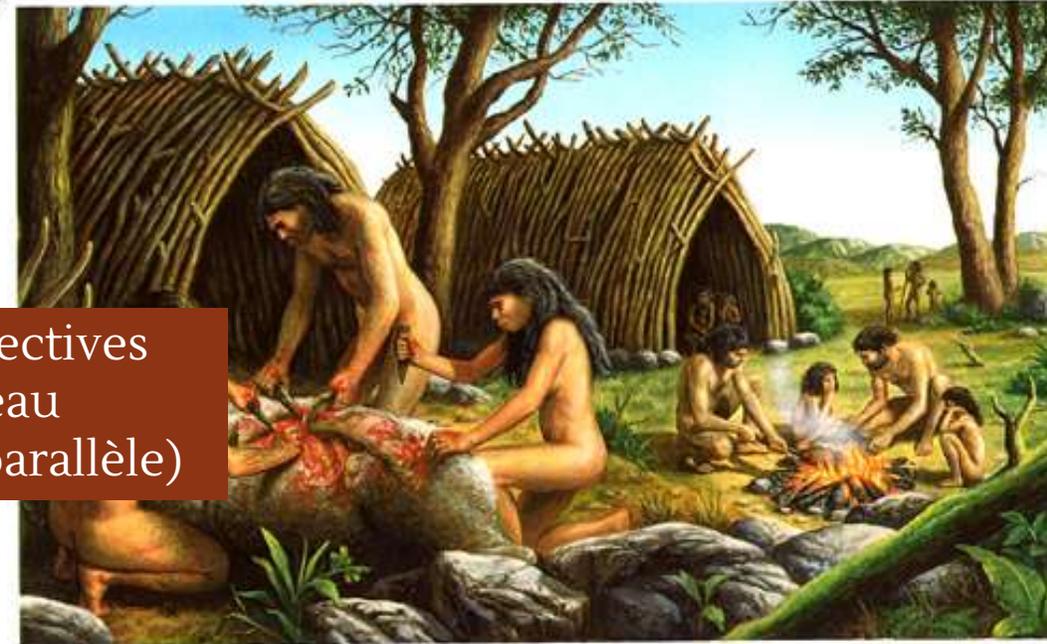


## Maîtrise du feu :

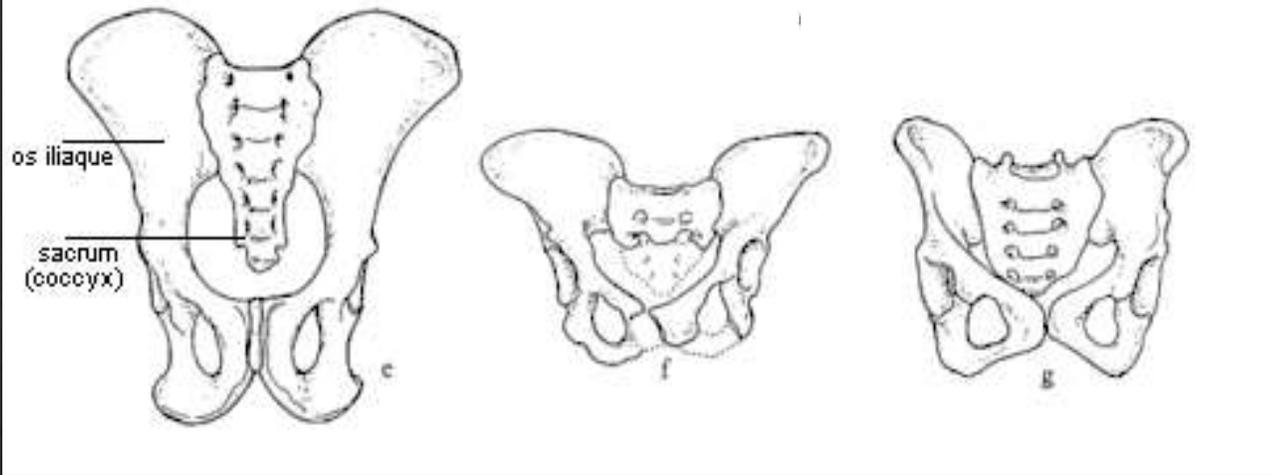
il y a environ 500 000 ans  
(mais indices de son utilisation  
à partir de feux naturels il y a  
1 million et demi d'années)



Autres pressions sélectives  
pour plus gros cerveau  
(qui ont pu agir en parallèle)



**Cuisson des aliments** : externalise une partie de la digestion  
(on dépense moins d'énergie et on assimile mieux ce qu'on mange)



Chimpanzé

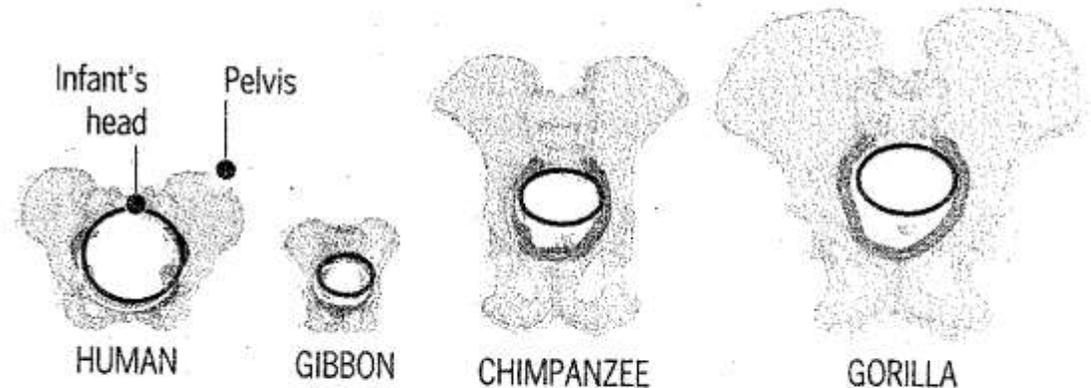
Australopithèque

Humain

La bipédie va aussi amener un bassin plus bas et plus large capable de soutenir les viscères et le poids du tronc.

Le bébé humain avec son gros cerveau va avoir de la difficulté à passer dans le canal pelvien lors de l'accouchement (sans doute le plus compliqué et douloureux de tous les mammifères).

#### INFANT'S HEAD DIMENSION AND MOTHER'S PELVIS



SOURCE: Wenda Trevathan, New Mexico State University; American Journal of Physical Anthropology

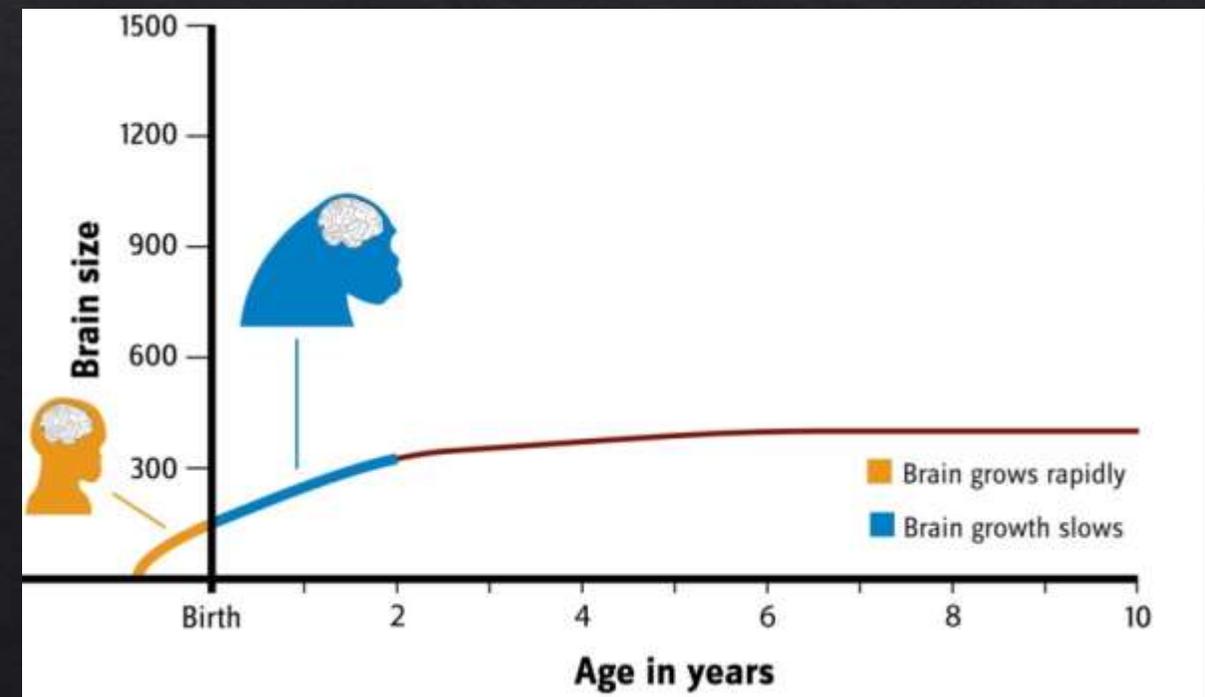
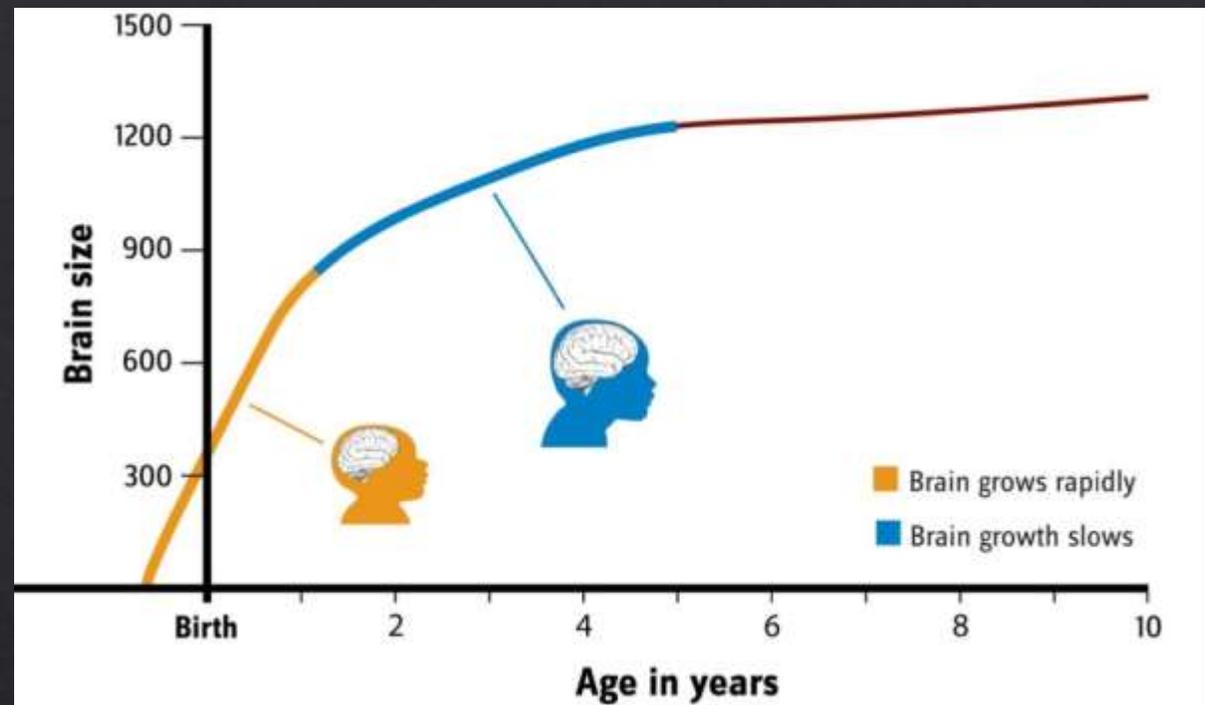
La sélection naturelle a donc favorisé les enfants **prématurés** (cerveau encore pas trop gros et/ou trop énergivore).

Il est de loin le **moins précoce** de tous les primates (« altricialité »).

À la naissance, le cerveau humain ne représente que **25 %** du volume qu'il atteindra à l'âge adulte.

Chez le chimpanzé nouveau-né, cette proportion est de **40 %**.

Pour atteindre ce même niveau, la grossesse humaine devrait durer **16 mois !**



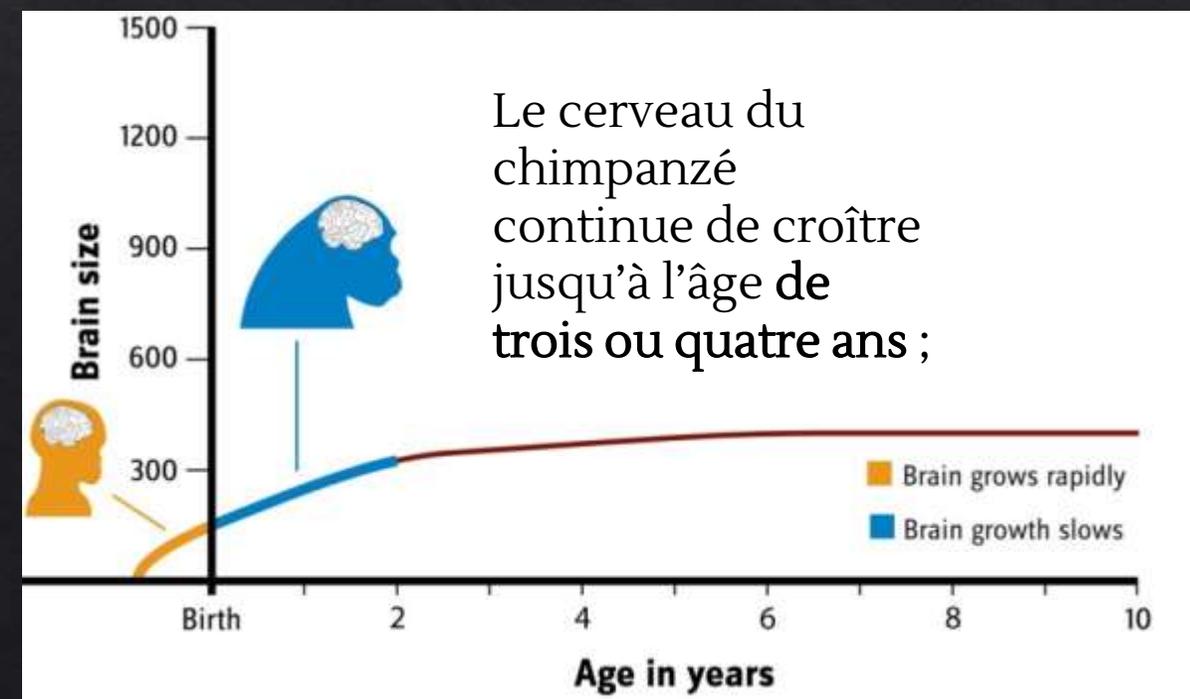
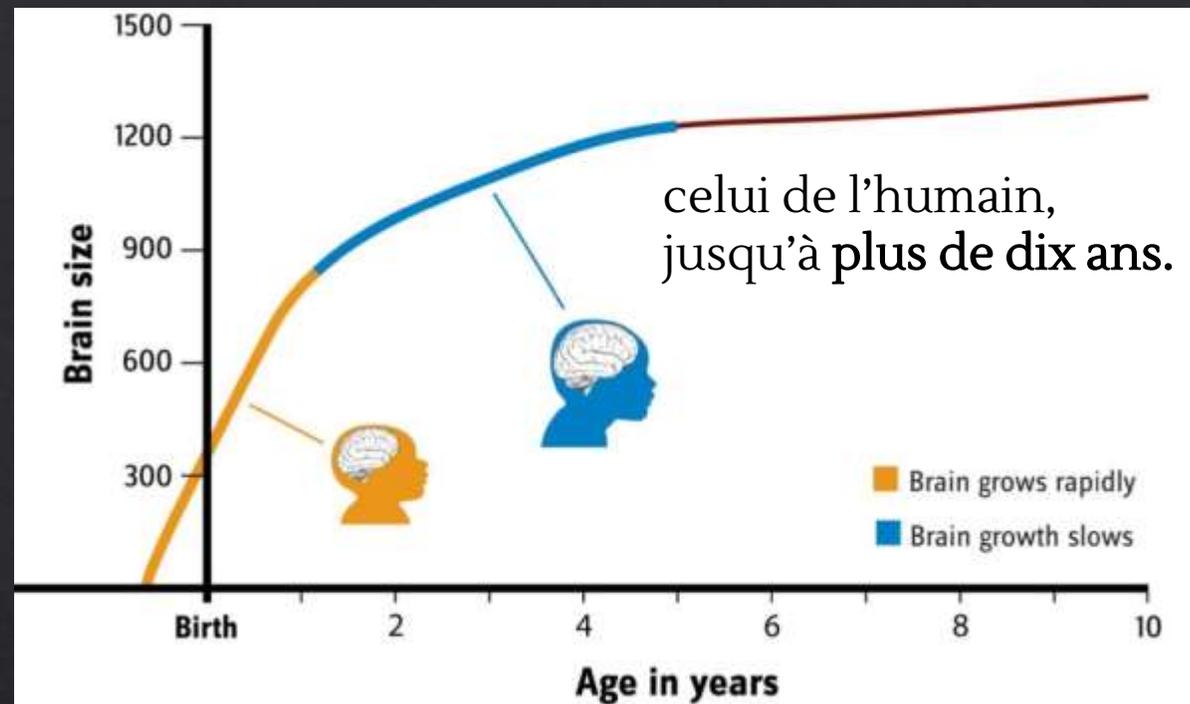
À un an, le cerveau n'a atteint que 50 % de son volume final chez l'humain,

mais 80 % chez notre plus proche parent

→ **Implications :**

- un individu ne peut survivre durant les premières années de sa vie que grâce aux **soins d'autres humains** qui se sentent « obligés » de le protéger;

- de nombreuses étapes du développement cognitif se déroulent dans un **contexte social riche** qui feront de nous des êtres hyper-sociaux et hyper-culturels.





Car chez les autres primates, les parentes n'approvisionnent plus les enfants passé l'âge du sevrage.

Les soins maternels constituent donc une activité **séquentielle** dans la vie des mères primates : elles ont un enfant dont elles s'occupent jusqu'au sevrage, puis un autre, etc.

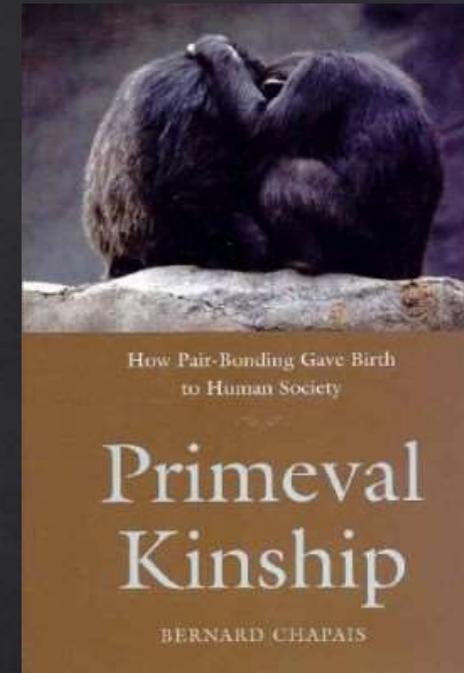
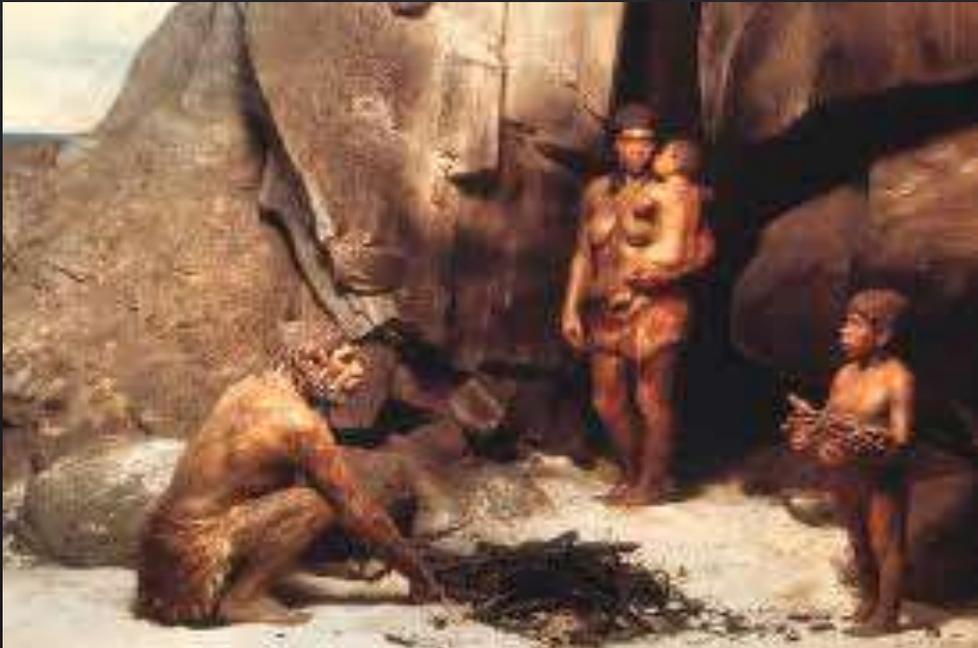


Mais chez l'humain, à cause de la période prolongée de dépendance, élever un enfant est considérablement **plus coûteux sur le plan biologique** qu'élever un petit primate.

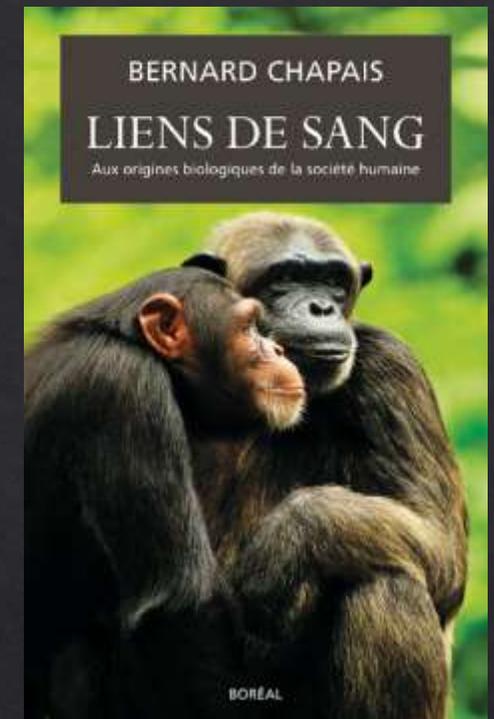
Et comme les mères humaines prennent soin de cette progéniture à développement lent jusque tard dans l'adolescence, il arrive souvent qu'elles élèvent **plusieurs enfants dépendants simultanément**.

**La contribution du père aux soins parentaux** chez l'humain va ainsi devenir déterminante.

Cette importance de la **coopération parentale** dans l'évolution de la famille humaine, qui renforce l'empathie et l'entraide dans notre espèce, est très bien exposée dans deux ouvrages de l'anthropologue et primatologue montréalais **Bernard Chapais** :



(2008)

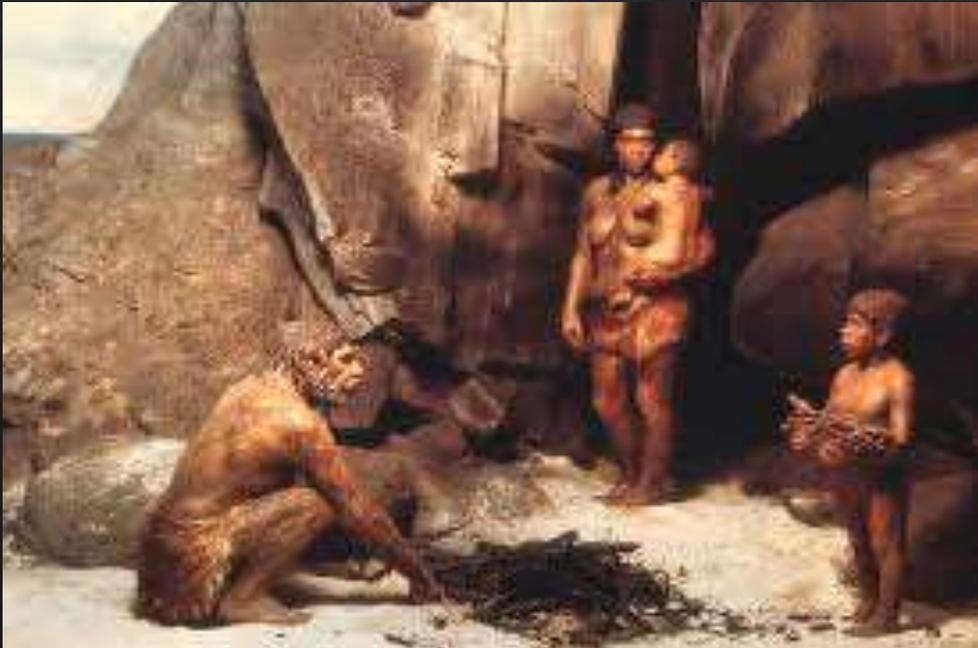


(2015).

Concrètement, cela a amené la formation d'un **couple monogame stable** durant plusieurs années qui va ainsi distinguer l'espèce humaine de ses plus proches cousins (chimpanzés et bonobos).

→ Favorisé par :

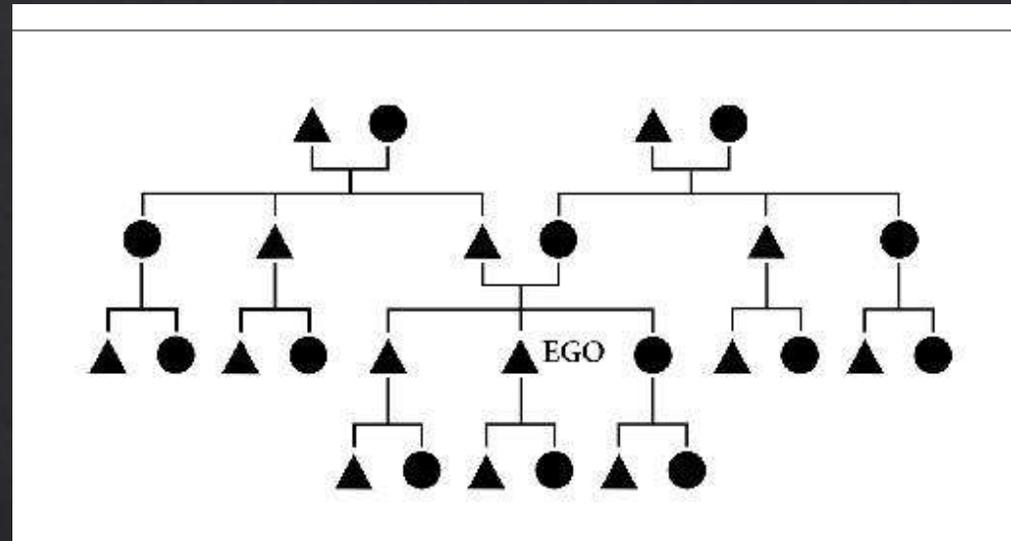
**l'expansion de la sexualité de la femme**, qui va passer d'un cycle annuel de désir d'accouplement à un désir continu, les signaux reproductifs associés à l'ovulation devenant discrets, voire quasi invisibles.



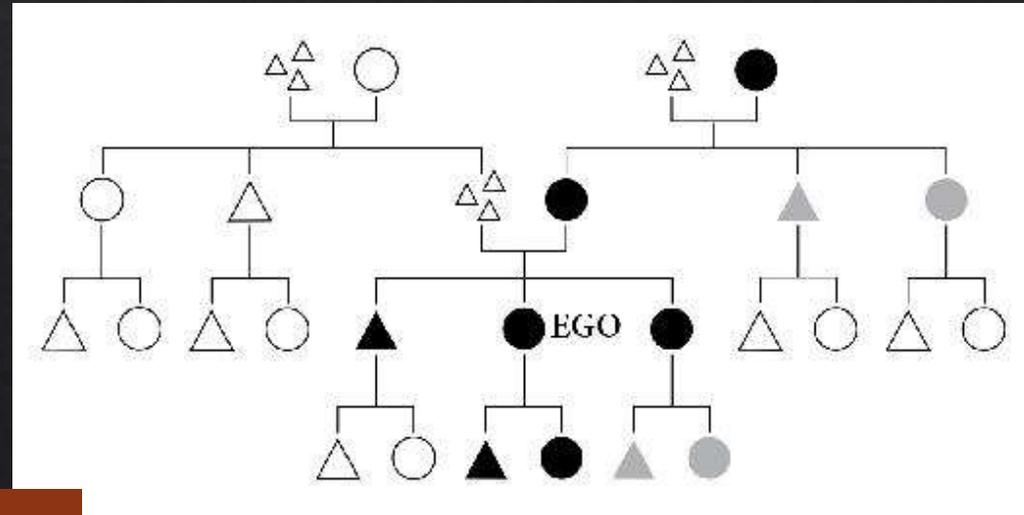
Ces changements dans la physiologie de la reproduction ont été qualifiés par l'anthropologue Camilla Power de chronophage pour les mâles dominants qui ne savent plus quelles femelles sont en oestrus.

Favorise alors la formation d'un **couple stable** où un mâle a un accès constant à une femelle mais l'aide en retour avec leur progéniture.

Ce phénomène nouveau va en amener un autre d'une grande importance : la **reconnaissance étendue de la parenté**, unique à chez l'espèce humaine.



Car cela n'est pas le cas chez les autres primates comme les chimpanzés où la promiscuité sexuelle fait en sorte que les petits, élevés par leur mère, ne savent pas qui est leur père.

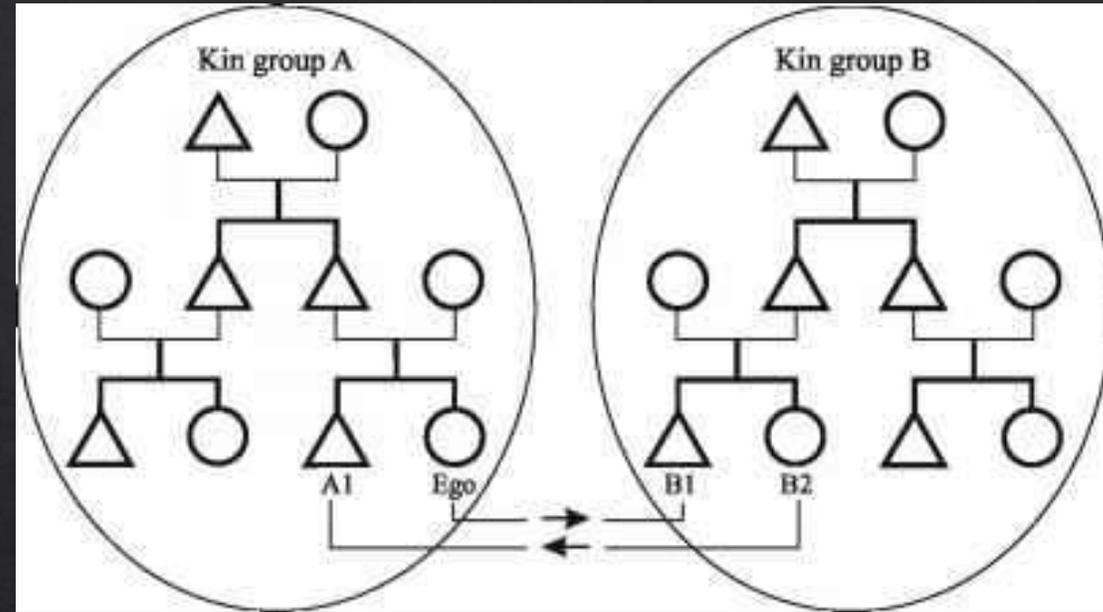


Donc des choses aussi banales que la parenté ont leurs racines dans la biologie de notre espèce !

À cela va s'ajouter le phénomène de l'évitement de l'inceste (déjà présents chez les autres primates)

mais qui, dans les groupes humains formés de couples monogames, va amener **l'exogamie reproductive**,

i.e. un individu quitte son groupe pour aller vivre et se reproduire dans un autre.



L'exogamie reproductive va amener un **processus de pacification et d'alliances entre les groupes (unique aux sociétés humaines)** :

une femelle du groupe A qui s'en va dans le groupe B demeure à la fois liée à ses parents restés dans le groupe A et à son mari du groupe B (et donc à la famille de son mari dans le groupe B).

→ Vu qu'il y a de la famille dans l'autre groupe, on va plutôt avoir tendance à négocier avec, à faire de la **politique**.

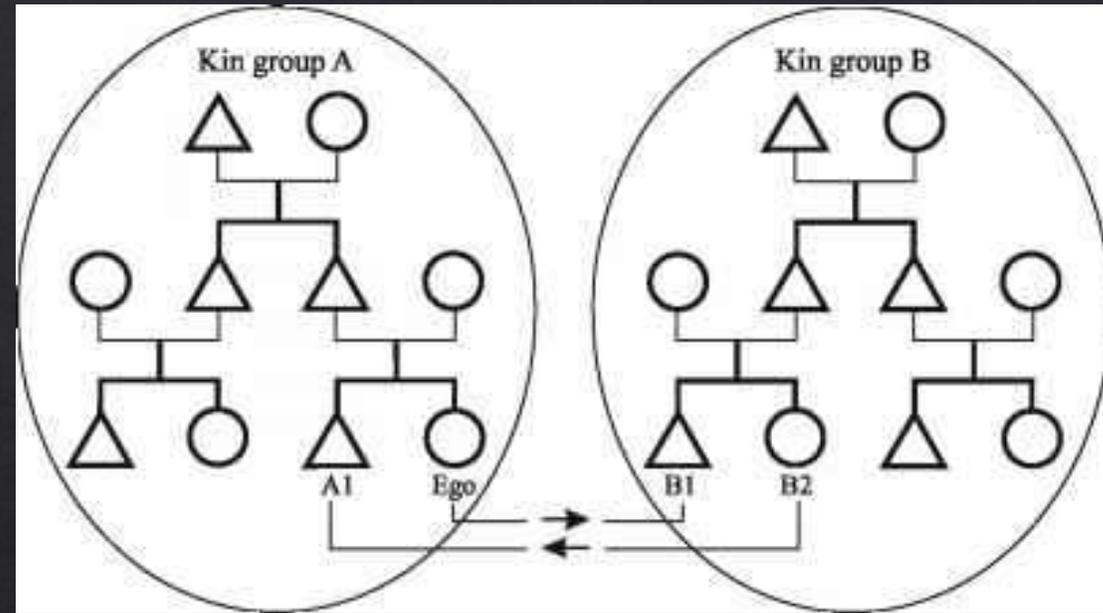
Ce que font aussi les chimpanzés au sein de leur groupe, mais pas avec des groupes étrangers où ils ont plutôt tendance à se taper dessus.

Nos systèmes politiques s'enracine aussi dans notre biologie !

À cela va s'ajouter le phénomène de l'évitement de l'inceste (déjà présents chez les autres primates)

mais qui, dans les groupes humains formés de couples monogames, va amener **l'exogamie reproductive**,

i.e. un individu quitte son groupe pour aller vivre et se reproduire dans un autre.

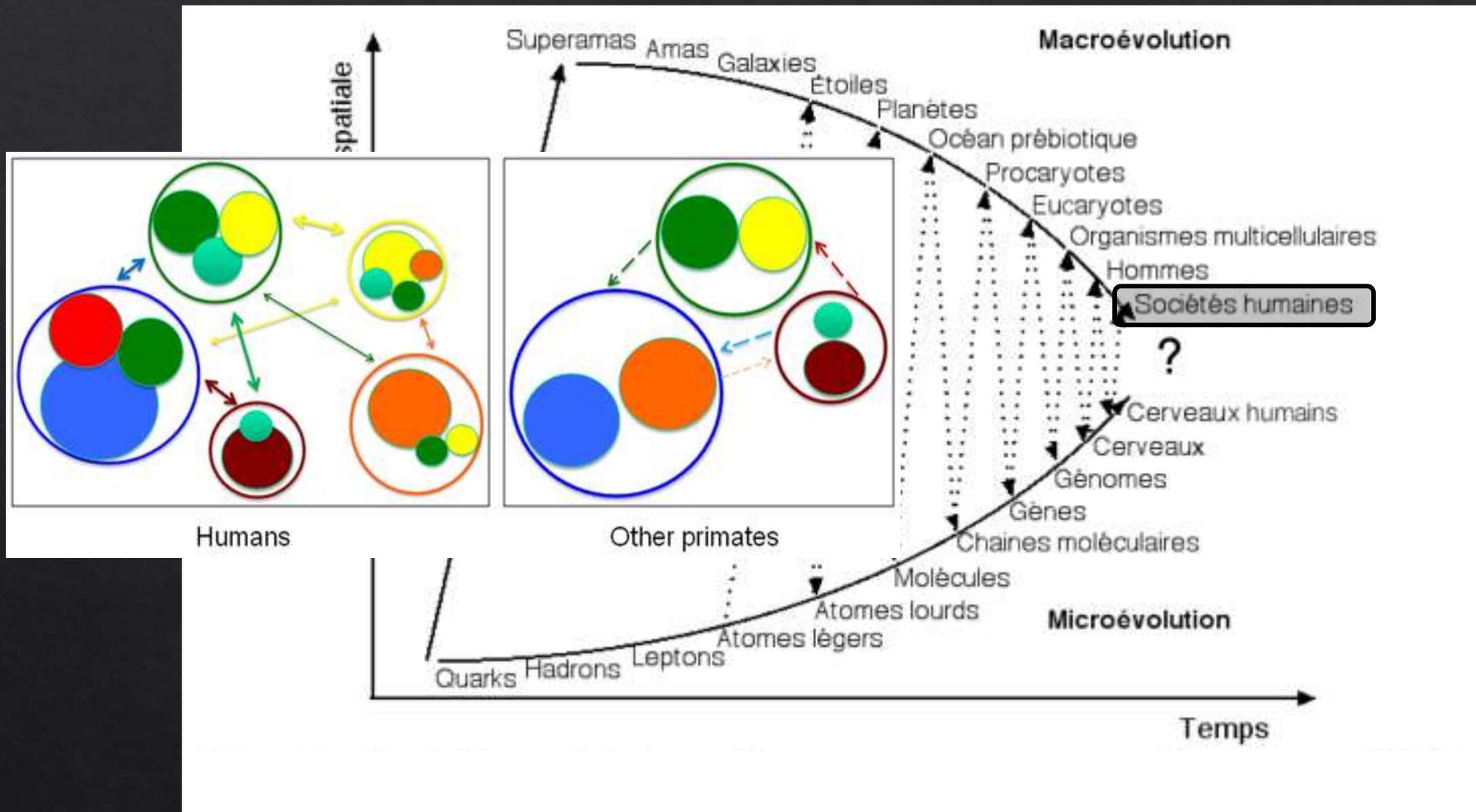


L'exogamie reproductive va amener un **processus de pacification et d'alliances entre les groupes (unique aux sociétés humaines)** :

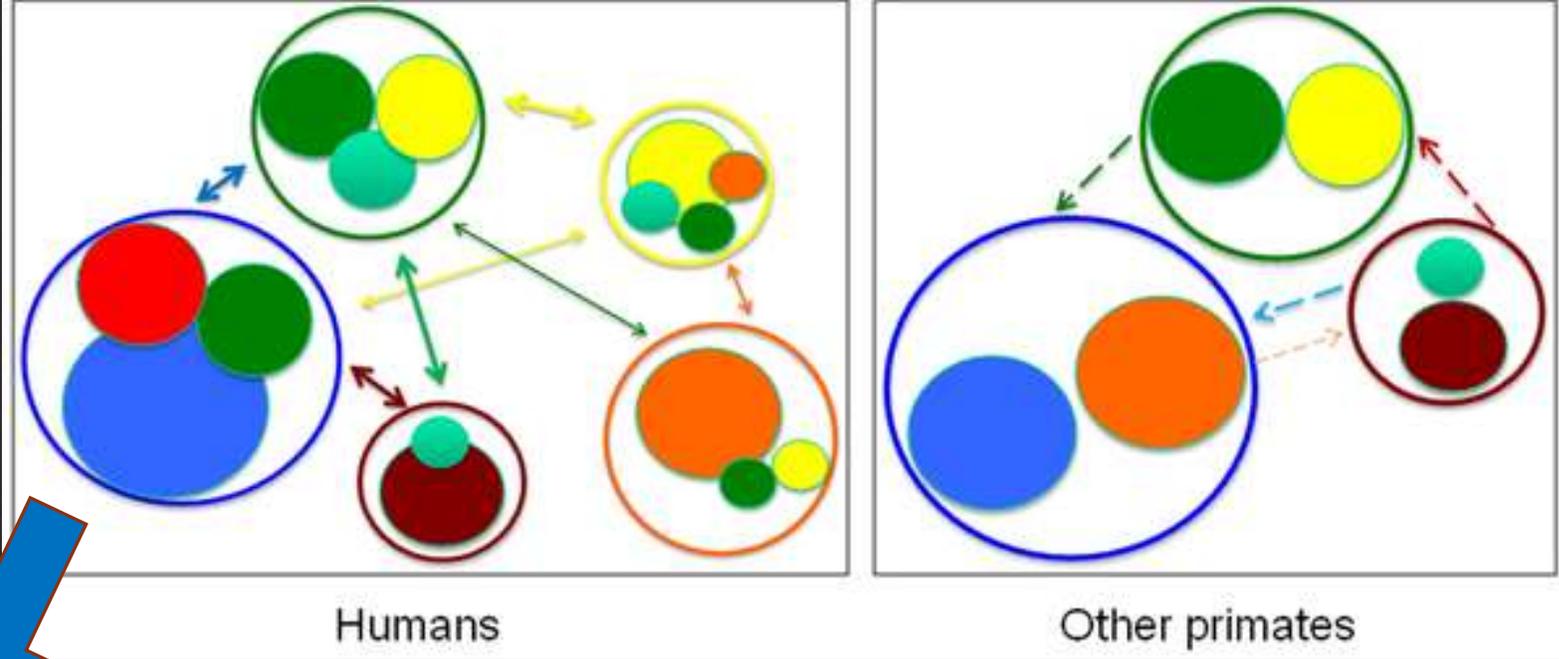
une femelle du groupe A qui s'en va dans le groupe B demeure à la fois liée à ses parents restés dans le groupe A et à son mari du groupe B (et donc à la famille de son mari dans le groupe B).

→ Vu qu'il y a de la famille dans l'autre groupe, on va plutôt avoir tendance à négocier avec, à faire de la **politique**.

Ce que font aussi les chimpanzés au sein de leur groupe, mais pas avec des groupes étrangers où ils ont plutôt tendance à se taper dessus.



Il faut se rappeler tout ce qu'on a évoqué avant et qui rend possible cette émergence.



Organisation sociale complexe facilitée par...

...un gros cerveau qui mature tard car...

- bipédie modifie la forme du bassin
- grande altricialité : dépendance juvénile prolongée
- couple plus stable et contribution du père
- connaissance de la parenté (avec exogamie reproductive)
- groupes complexes emboîtés (avec alliances et pacification)

règles sociales complexes: pression sélective pour plus gros cerveau !?

Car dans ces systèmes complexes, il s'agit pas de causalité linéaire, mais circulaire.

Recherche -> blogue

Billets par catégorie

 Abonnez-vous !

NOUVELLES  
RÉCENTES  
SUR LE CERVEAU 

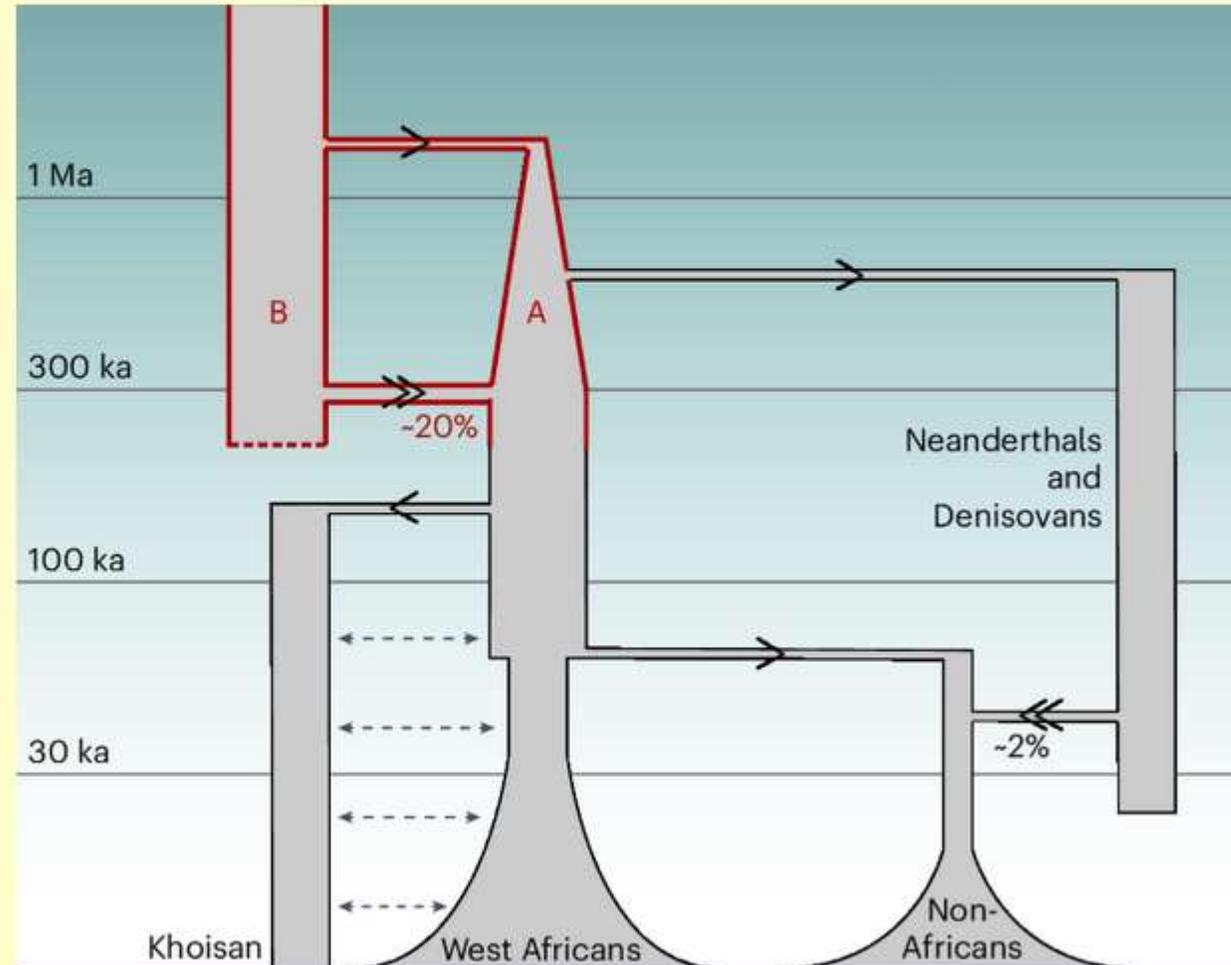
Deric Bownds'  
Mindblog 

Mastering diverse  
control tasks through  
world models

An example of AI  
representing concepts  
outside the current

lundi, 21 avril 2025

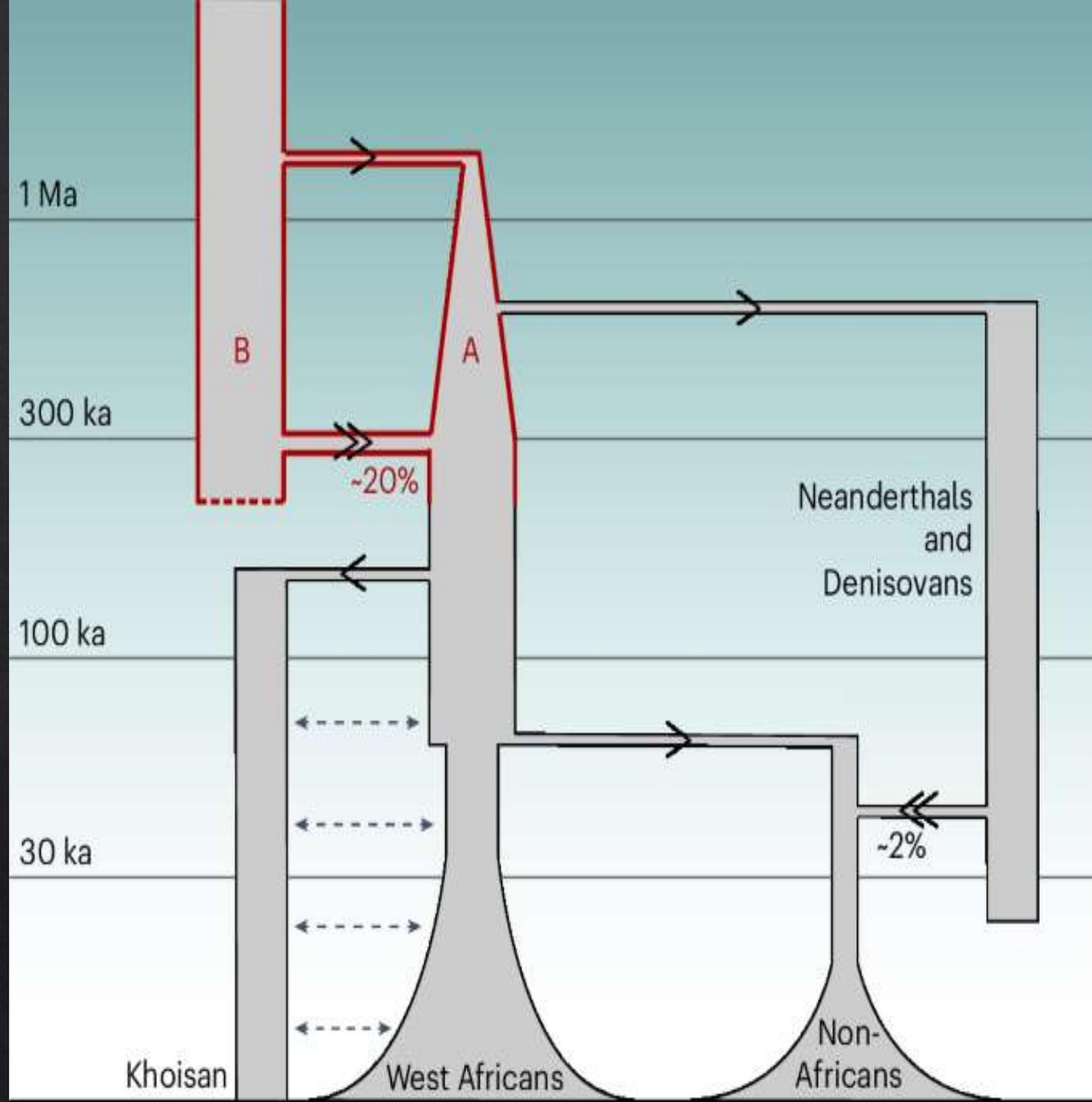
## La structure profonde de nos origines en tant qu'humains et... êtres vivants !



Anatomiquement, notre espèce *Homo sapiens* apparaît il y a au moins 300 000 ans.

Mais du point de vue comportemental, on parle plus de 40 000 à 50 000 ans, moment où nos ancêtres avaient à peu près tous les comportements qu'on observe aujourd'hui.

Dont 1) le langage articulé;  
2) la création artistique...



l'Homme de Néandertal est apparu il y a plus de 400 000 ans

et s'est éteint il y a environ 30 000 ans

1) Car le langage articulé va permettre de se raconter des histoires,

parler de choses qui n'étaient pas là, mais qu'on avait vues ou vécues durant la journée.

Et élaborer des **récits magico-religieux**, des **mythes** articulant des règles sociales et morales, etc.

Encore une fois, l'humain n'invente rien mais « pousse » son mode de communication comparé aux autres espèces : **expression symbolique** (présent chez d'autres espèces, dont les abeilles ), mais surtout **langage à double articulation, avec lexique et syntaxe.**



Comme l'a fait si bien...

**SUR LES ÉPAULES DE DARWIN**  
par Jean-Claude Ameisen  
le samedi de 11h à 12h  
l'émission | (ré)écouter | archives | à venir | contactez-nous | podcast :

Exemple : samedi 18 juillet 2015  
La glace et le feu

<http://www.franceinter.fr/emission-sur-les-epaules-de-darwin-la-glace-et-le->

Les plus anciennes peintures rupestres figuratives : grottes de l'île de Sulawesi, Indonésie, il y a environ 40 000 ans

09/10/2014

[http://www.pourlascience.fr/ewb\\_pages/a/actu-les-plus-anciennes-peintures-rupestres-decouvertes-en-asie-33383.php](http://www.pourlascience.fr/ewb_pages/a/actu-les-plus-anciennes-peintures-rupestres-decouvertes-en-asie-33383.php)



Grotte Chauvet, en France, il y a plus de 30.000 ans

08/05/2012

<http://www.lefigaro.fr/sciences/2012/05/07/01008-20120507ARTFIG00738-grotte-chauvet-la-plus-ancienne-au-monde.php>



Grotte de Lascaux : il y a 17 000 – 18 000 ans

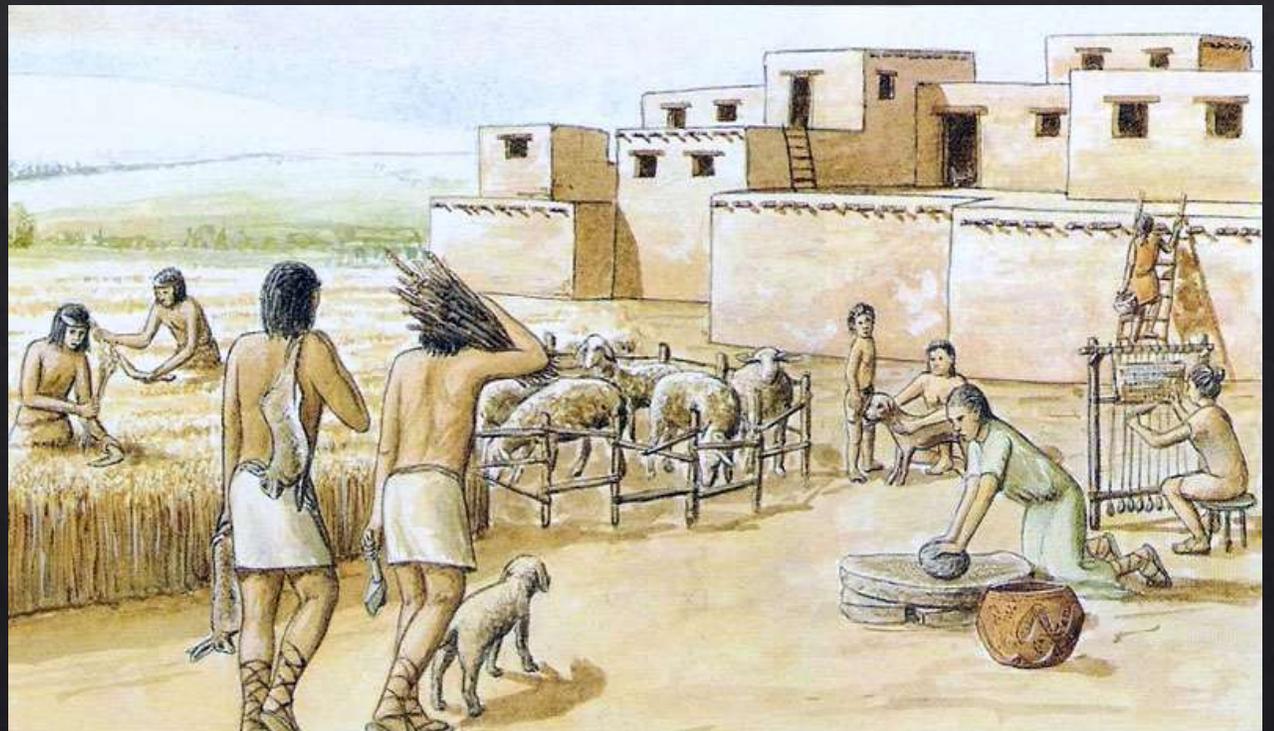
[https://fr.wikipedia.org/wiki/Grotte\\_de\\_Lascaux](https://fr.wikipedia.org/wiki/Grotte_de_Lascaux)

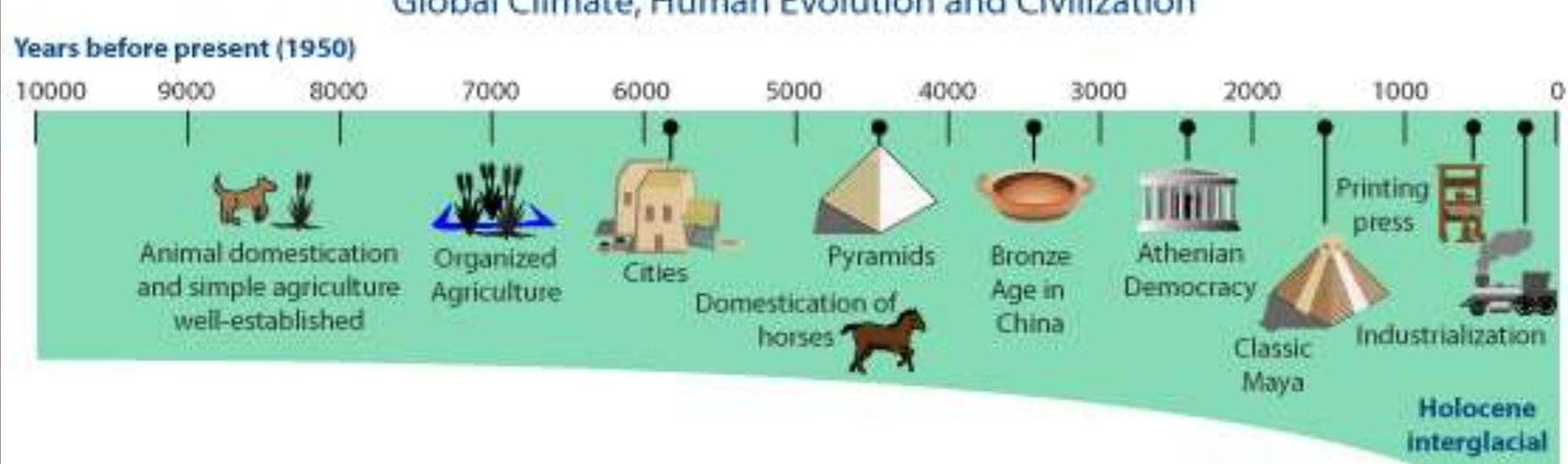


Et puis, il y a environ 10 000 ans, on va passer de ce qu'on appelle le paléolithique, commencé avec les premiers outils il y a 3,3 millions d'années,



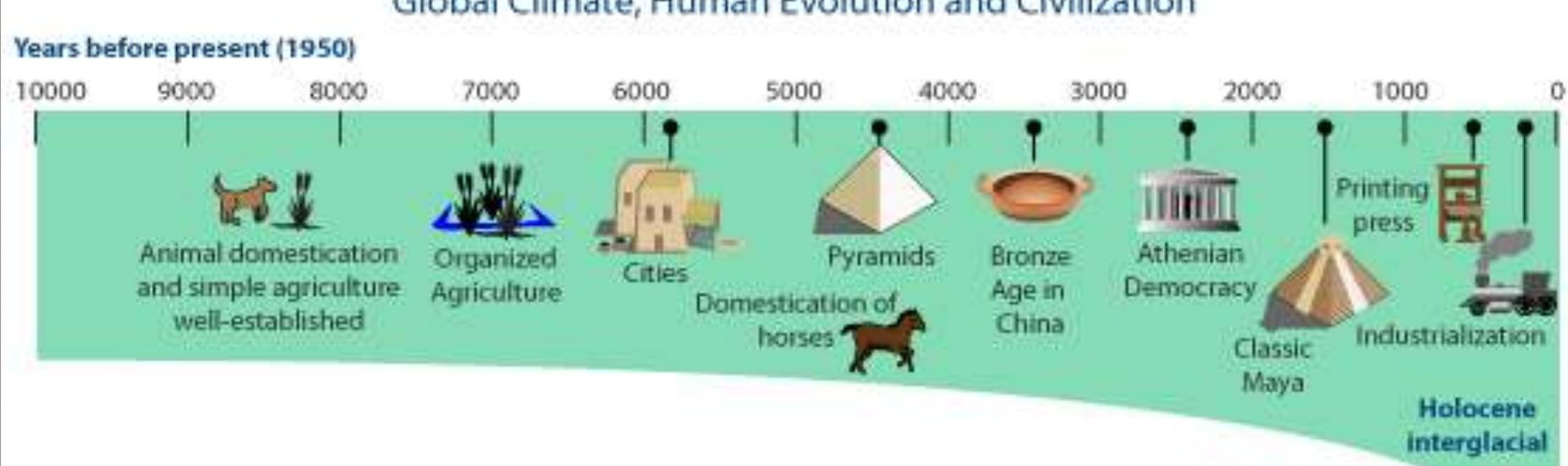
au Néolithique, c'est-à-dire la sédentarisation progressive et avec de plus en plus d'agriculture et d'élevage





Et on entre à plein dans la **cumulativité** culturelle :

l'espèce humaine construit son environnement, chaque génération trouvant à sa naissance l'accumulation de toutes les connaissances et acquis des générations précédentes.



Phénomène de **coévolution gène-culture** : les transformations que font subir les humains à leur environnement exerce de nouvelles pressions sélectives qui vont, au bout de plusieurs générations, modifier leur génome par sélection naturelle.

Exemple : la pratique culturellement transmise de l'élevage qui a favorisé la transmission de gènes permettant de digérer le lactose dans certaines populations **adultes** humaines, surtout des Européens, mais très peu d'Asiatiques ou d'Africains.

Autre exemple : la culture du riz en Asie nécessite des efforts collectifs. Une pression sélective semble avoir joué contre le gène de type 7R du récepteur à la dopamine, qui est une **variante connue pour favoriser l'impulsivité** que l'on retrouve beaucoup **moins** dans les cultures **collectivistes** asiatiques.

## > Appareil digestif modifié par la cuisson des aliments

« Préparer la nourriture, c'est externaliser la digestion [55] », écrit très justement Joseph Henrich.

Cuits, découpés, hachés, broyés, les aliments sont plus facilement mangeables et digérables.

> A contribué à raccourcir les intestins, puis à rétrécir l'estomac, ce qui a représenté une économie d'énergie en matière de digestion, et a donné la possibilité à un cerveau énergivore de se développer et de s'agrandir.

> A permis aussi à nos dents et à notre mâchoire d'être moins sollicitées et de voir leur taille ou leur puissance diminuer.

## > Usage généralisé de la césarienne lors d'accouchements difficiles

Aux États-Unis, le quart des naissances se font par cette voie, et jusqu'à 90 % dans certaines cliniques privées au Brésil.

De plus en plus de femmes au bassin étroit survivront et transmettront un trait qui signifiait un arrêt de mort il y a encore quelques générations.

Il en résultera inévitablement un nombre grandissant de césariennes qui fera baisser la pression sélective pour moins de bassins étroit (une conséquence de la bipédie), et donc de plus en plus de césariennes nécessaires...

**Le biologiste Theodosius Dobzhansky** avait bien résumé l'enjeu des transformations culturellement produites en écrivant :

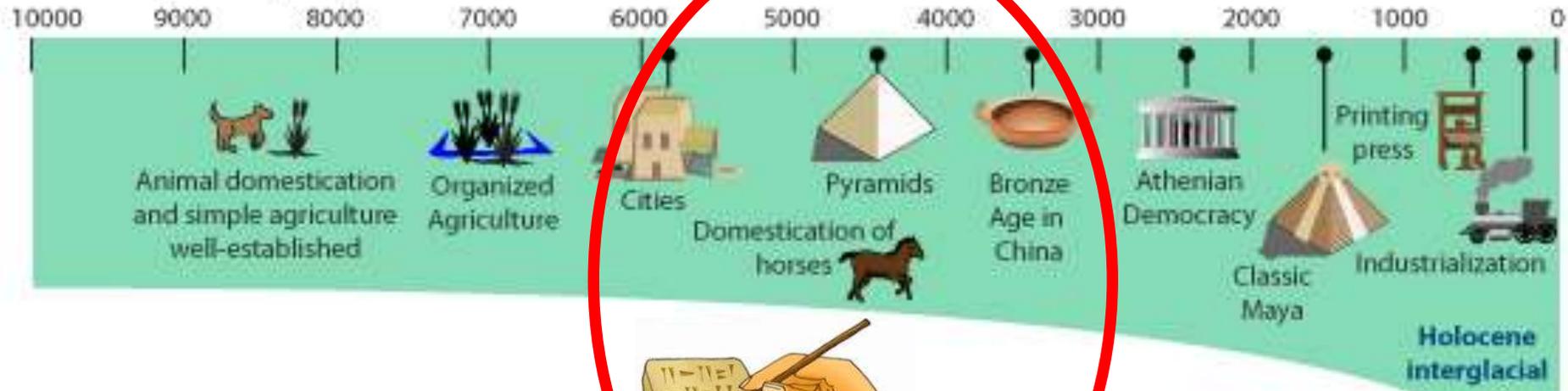
« Il n'est pas du tout improbable qu'une plus grande résistance nerveuse et mentale soit nécessaire pour supporter le rythme de vie des villes modernes que dans les sociétés non alphabétisées.

La sélection naturelle chez nos ancêtres a favorisé la capacité d'extraire la valeur énergétique maximale de leur nourriture qui était souvent en quantité insuffisante ; une partie de l'humanité moderne, cependant, est exposée à la surabondance de nourriture, ce qui menace d'obésité et de troubles cardio-vasculaires les porteurs de certains gènes. [...]

Le moment approche où [l'être humain] devra prendre en main la gestion de son évolution. Pour assumer cette effroyable responsabilité, il devra faire appel à toutes ses connaissances et à toute sa sagesse. Pour l'instant, il ne dispose d'aucun surplus des unes ou de l'autre. »

# Global Climate, Human Evolution and Civilization

Years before present (1950)



**Innovations techniques  
et cumulativité culturelle  
exponentielles !**

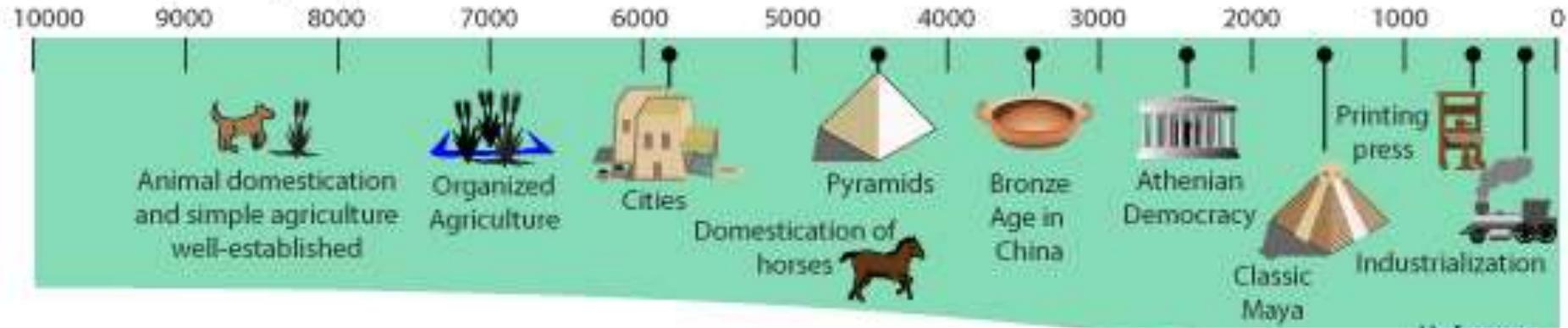
Le néolithique s'achève il y a environ 5 500 ans avec l'âge du bronze et l'invention de l'écriture...

...qui inaugure ce qu'on appelle l'Histoire.



# Global Climate, Human Evolution and Civilization

Years before present (1950)



**Innovations techniques  
et cumulativité culturelle  
exponentielles !**

« L'effet Baldwin » (James Mark Baldwin, fin du XIX<sup>e</sup> siècle)

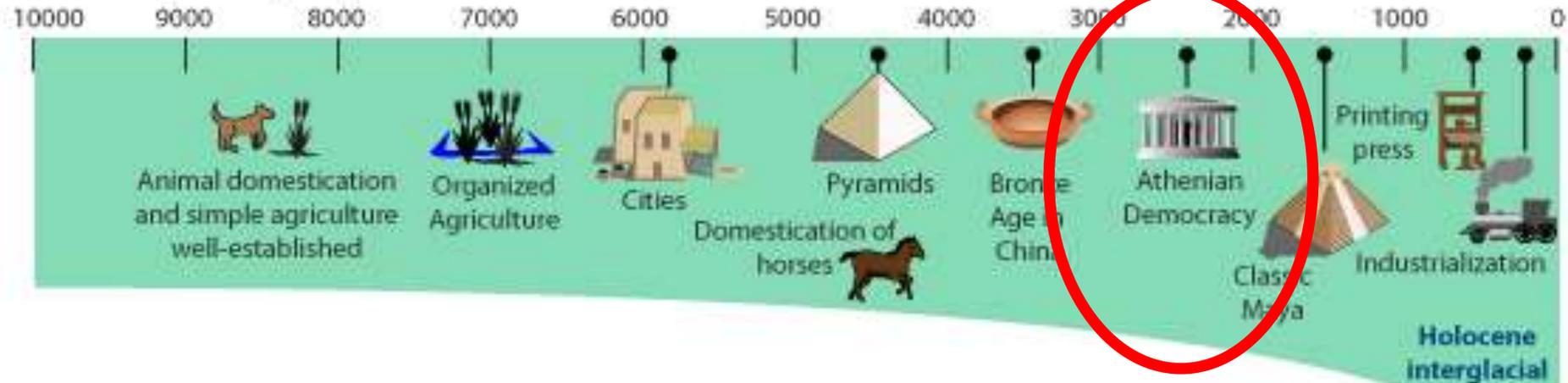
- La sélection naturelle peut accentuer un trait ou une prédisposition génétique favorisant l'apprentissage d'un comportement culturel.

Exemple : les **capacités musicales** humaines que l'on constate dans toutes les cultures. et qui découleraient de la sélection graduelle en faveur d'individus ayant hérité de circuits nerveux, et donc de gènes les encodant, rendant plus facile l'apprentissage de cette pratique sociale rassembleuse.



# Global Climate, Human Evolution and Civilization

Years before present (1950)



DEMOCRITE  
IV<sup>ème</sup> siècle AVJC

La matière est constituée de corpuscules invisibles à cause de leur extrême petitesse, indivisibles et éternels.

ARISTOTE

IV<sup>ème</sup> siècle AVJC

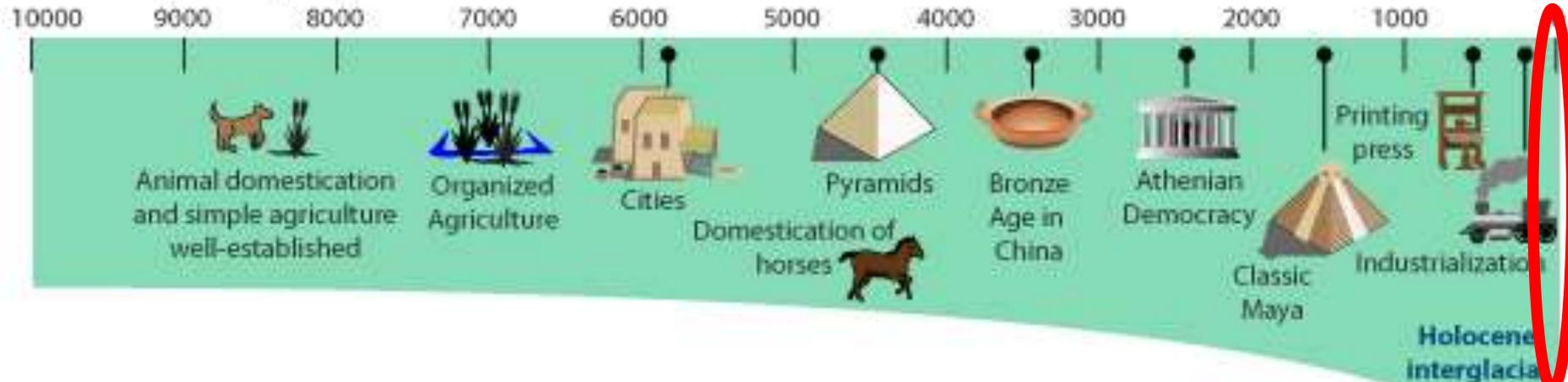


Mais non ! On sait tous que la matière est constituée des quatre éléments: l'eau, la terre, le feu et l'air...

Il y a environ 2 500 ans, certains Homo sapiens commencent à se demander comment s'organise la **matière**...

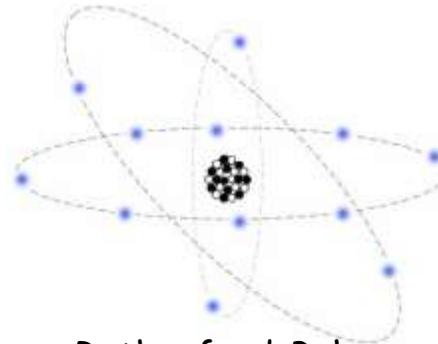
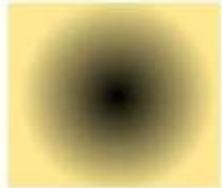
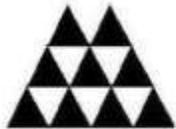
# Global Climate, Human Evolution and Civilization

Years before present (1950)



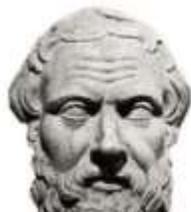
DEMOCRITE  
IV<sup>ème</sup> siècle AVJC

La matière est constituée de corpuscules invisibles à cause de leur extrême petitesse, indivisibles et éternels



Rutherford-Bohr

Démocrite  
V<sup>ème</sup> siècle av JC



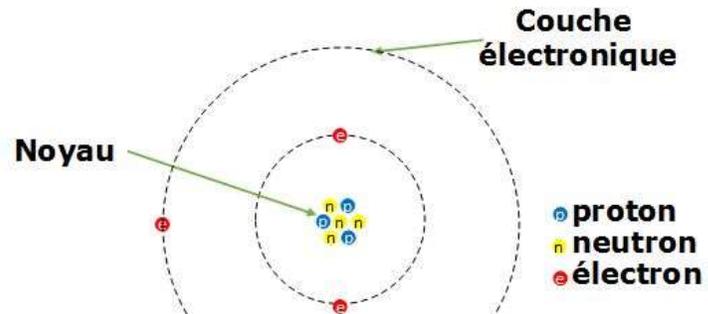
Dalton  
Début XIX<sup>ème</sup>



Thomson  
1897

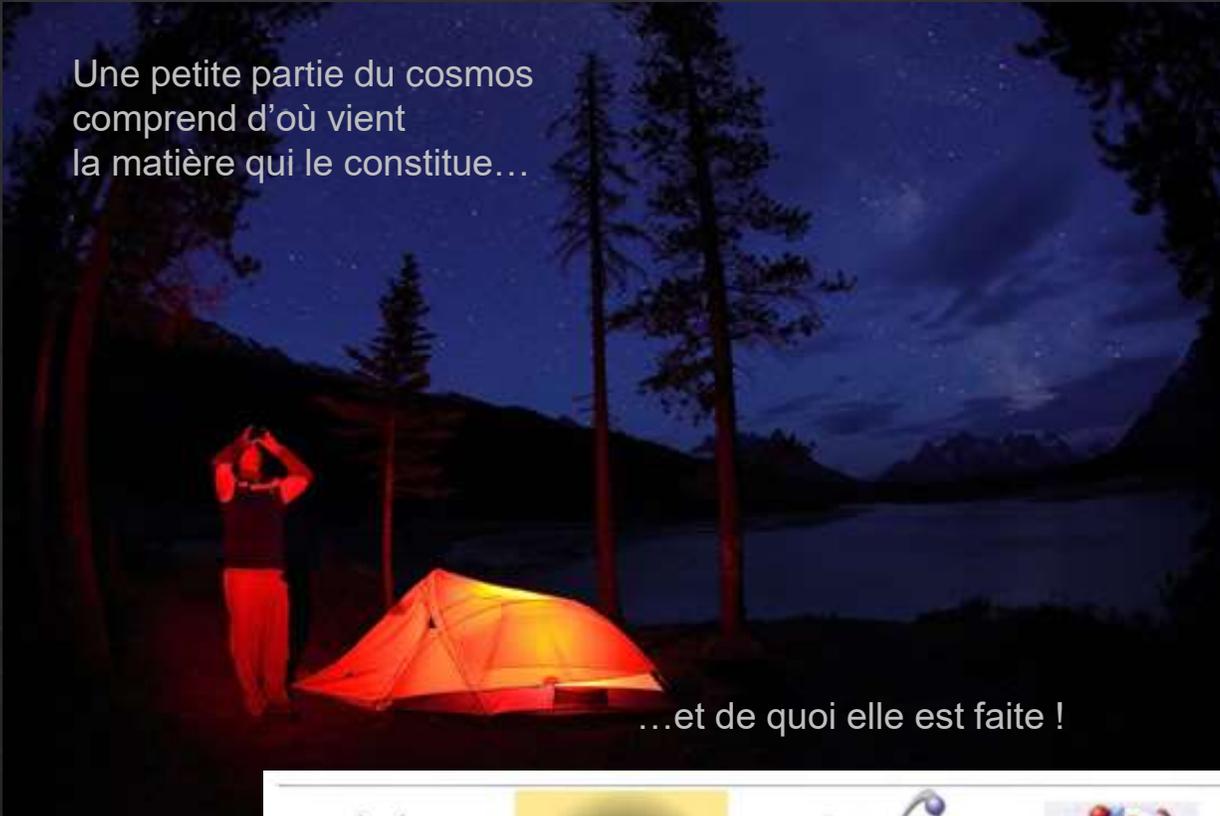


Rutherford  
1910



L'ajout de Chadwick (1932)

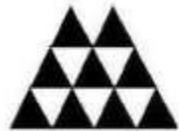
Une petite partie du cosmos  
comprend d'où vient  
la matière qui le constitue...



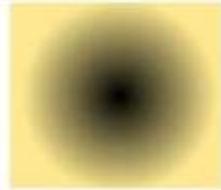
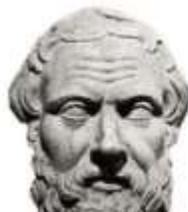
# Poussières d'étoiles



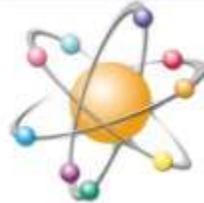
...et de quoi elle est faite !



Démocrite  
Vème siècle av JC



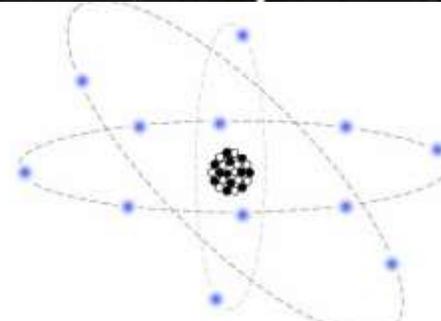
Dalton  
Début XIXème



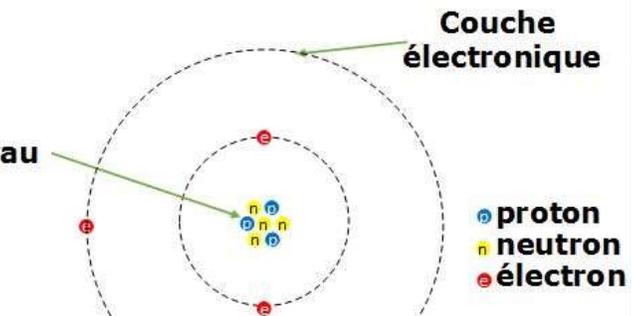
Thomson  
1897



Rutherford  
1910



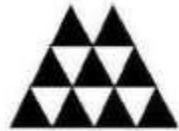
Rutherford-Bohr



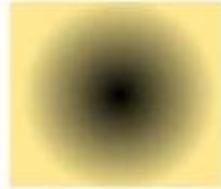
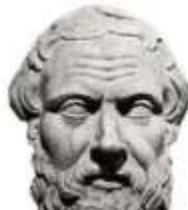
L'ajout de Chadwick (1932)



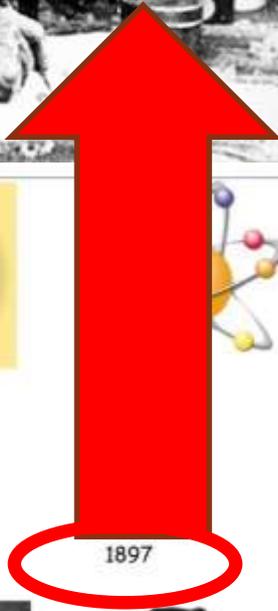
Une petite partie  
du cosmos commencent à  
comprendre son système  
nerveux...



Démocrite  
Vème siècle av JC



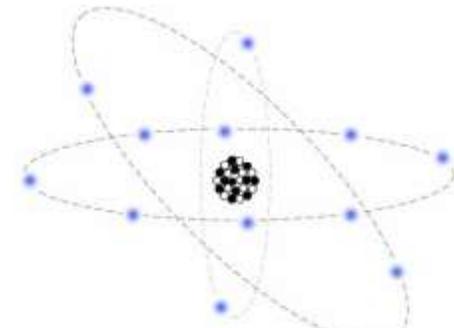
Dalton  
Début XIXème



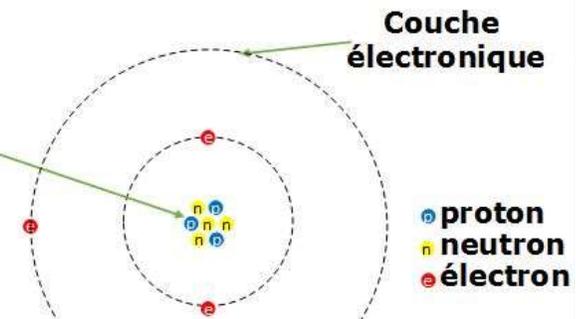
1897



Rutherford  
1910



Rutherford-Bohr



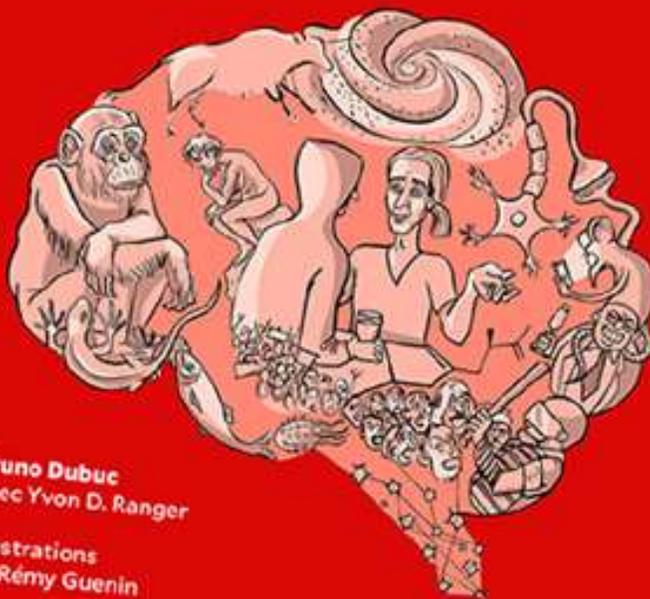
L'ajout de Chadwick (1932)

# CLUB DE LECTURE

Une rencontre par mois  
pour jaser de chaque  
rencontre du livre !

## NOTRE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX

Du Big Bang à la conscience sociale



Bruno Dubuc  
avec Yvon D. Ranger

illustrations  
de Rémy Guenin

écosociété

> 1<sup>ère</sup> Rencontre  
25 mars 2025

> 2<sup>e</sup> Rencontre  
22 avril 2025

> 3<sup>e</sup> Rencontre  
20 mai 2025

> Tous les détails  
sur le site de l'UPop

U<sup>P</sup> montréal  
P

WWW.UPOPMONTREAL.COM