



Bases phylogénétiques et éthologiques du comportement humain

Pascal Carlier

*Maître de Conférences des Universités
Laboratoire Génomique Fonctionnelle,
Comportements et Pathologies - CNRS - Marseille*

Objectifs :

Prendre conscience que:

- L'origine des comportements humains **ne se limite pas aux processus ontogénétiques** (associés au développement de l'individu).
- L'espèce humaine appartient au règne animal et en tant que telle, **elle obéit à des principes universels tels les lois de l'évolution et la sélection naturelle.**
- Beaucoup de nos comportements aux motivations inexplicables prennent un sens **à la lumière de leur histoire au cours de l'évolution de notre espèce.**
- Le **culturel ne s'oppose pas au biologique**: les deux sont étroitement mêlés que ce soit au niveau ontogénétique ou phylogénétique.

I. L'homme face à son déterminisme biologique



- L'acceptation générale de l'idée que l'homme **n'est pas coupé du monde animal** et que son histoire s'inscrit à part entière dans celle du vivant ne date que du **19^{ème} siècle**.
- Un nom, celui de **Charles Darwin**, avec notamment la parution de *On the origin of species by means of natural selection* en **1859** est la pierre angulaire de cette « révolution culturelle ».
- Si nous acceptons maintenant assez bien la **filiation biologique** sur le plan purement somatique (le corps), la **filiation est beaucoup plus difficile à accepter sur le plan psychologique**.
 - Nous allons tenter de **comprendre l'origine de ces « blocages »** à la fois philosophiques et liés à l'histoire de la psychologie...

1. Mise en perspective des principaux points de vue sur la psychologie humaine

A. Le dualisme corps / esprit

- Depuis Platon (- 428 à – 347 av J.C.), a été établie l'idée d'une **âme immortelle** distincte du corps.
- Cette âme (psyché) **avait le pouvoir de discipliner le corps (le soma)**, de le rendre plus beau et plus fort.
- Toutefois, chez Platon, il y a aussi l'idée **qu'un corps négligé nuit à la qualité de l'âme**, siège de la pensée.
- Cette vision des choses s'est avérée en harmonie avec certaines religions, les **religions chrétiennes** notamment, **qui tendent à mettre en relation étroite âme - esprit - pensée.**



B. Le cartésianisme

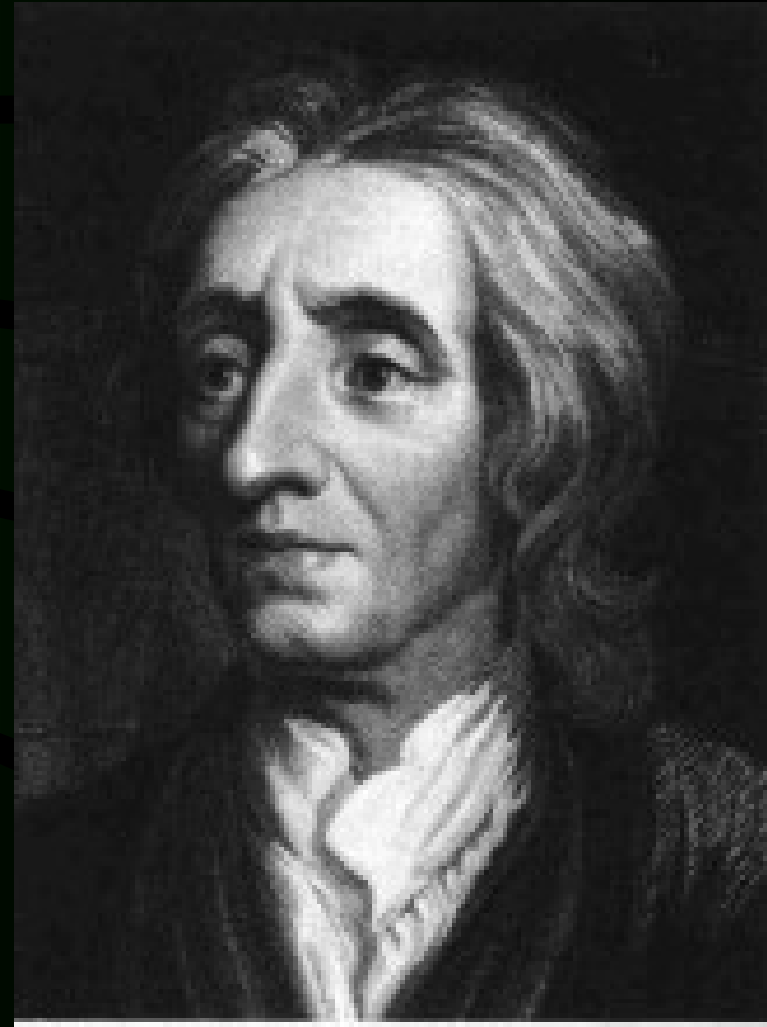
- René Descartes (1596 – 1650) est considéré comme le plus important des philosophes français et sa pensée **dualiste** a beaucoup influencé la culture occidentale.
- Descartes réussit à faire le « grand écart » entre une approche de l'homme très **marquée par la religion** et une **approche scientifique rationnelle** de l'organisme.
 - Descartes considère en effet que l'homme, comme les autres animaux, possède un **corps biologique sans « esprit »**, véritable machine que l'on peut étudier scientifiquement, mais aussi une **âme d'essence divine, siège de la pensée**, qui lui est propre.



- Pour Descartes, la séparation radicale de l'âme et du corps permet ainsi l'étude scientifique de l'organisme humain comme celui de n'importe quel autre organisme vivant et fait de l'esprit et plus largement de la pensée (*cogito*) l'affaire de Dieu.
- Cette approche, si elle a permis de faire des progrès considérables dans la connaissance de l'anatomie et de la biologie, a laissé de côté la dimension psychologique - assimilée à l'âme - échappant donc à une investigation empirique.
 - La médecine allopathique occidentale, jusqu'à une époque récente, prenait assez peu en compte les aspects psychosomatiques. La médecine traditionnelle chinoise en revanche, en raison de son héritage bouddhiste et taoïste avait une approche unifiée de l'individu

C. Le mythe de la *Tabula rasa*

- Le philosophe **John Locke (1632-1704)**, le premier, a employé cette expression pour illustrer sa conception du cerveau humain.
- Selon Locke, la « table vide » qu'est le cerveau n'est remplie que par ce qu'on lui apporte.
- Le cerveau du nouveau-né serait **vierge de toute influence** et son développement ne se ferait qu'au moyen de l'**environnement** matériel, social et culturel dans lequel baigne l'enfant.
- Cette conception, à l'instar des précédentes, **coupe le cerveau humain de son histoire biologique.**



D. L'anthropologie culturelle

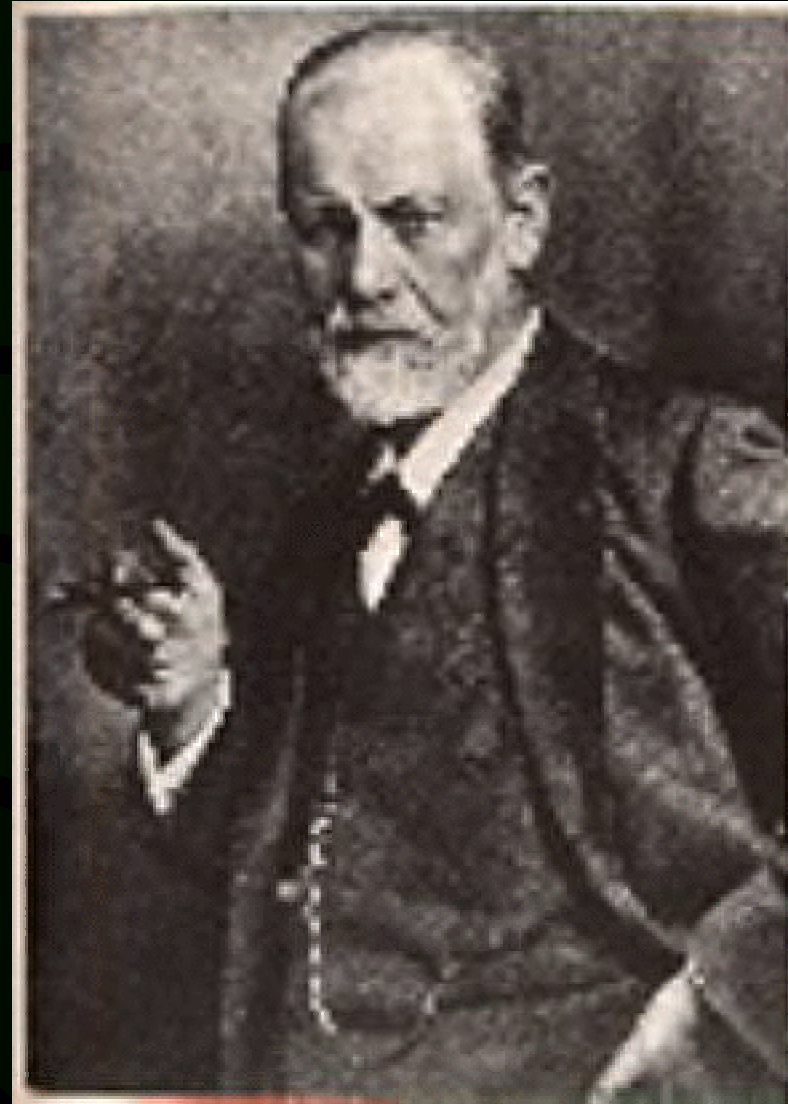
- Née entre la fin du XIX^{ème} et le début du XX^{ème} l'anthropologie considère que le **comportement humain est infiniment malléable** et que les individus sont **façonnés en totalité par leur culture d'origine** (cf. M. Mead, F. Boas).
- Avec notamment le développement de l'approche ethnologique, **l'accent était davantage mis sur les différences culturelles entre les peuples que sur les similarités.**
- Cette approche **avait le mérite de s'inscrire en rupture avec les approches racistes de l'époque** qui tendaient à définir les « niveaux d'évolution » des peuples.
 - En réaction, elle s'est affranchie de tout questionnement sur le déterminisme biologique du comportement humain.



Margaret Mead 1901-1978

E. La psychanalyse

- **Sigmund Freud (1856-1939)** en est le fondateur; ses disciples sont à l'origine de nombreux courants. Cette approche met l'accent sur la détermination du comportement présent d'un individu en référence à ses **expériences passées dans son environnement familial et social**.
- Elle postule une construction du cerveau basée sur trois instances « **moi / ça / surmoi** ».
- Elle pose une **dichotomie conscient / inconscient** qui est pas validée par les études modernes de neurobiologie: on parle de plus en plus de **niveaux de conscience**.
- La psychanalyse, très spéculative, vaut davantage par son **intérêt thérapeutique** que pour sa validité scientifique.



F. Le behaviourisme (ou comportementalisme)

- Né au début du XX^{ème} siècle, avec notamment le Russe Ian Petrovitch Pavlov (1849-1936) puis les Américains John Broadus Watson (1878-1958) et Burrhus Frederic Skinner (1904-1990).
- Ces approches vont essentiellement s'intéresser aux liens existant entre des stimuli de l'environnement (**S**) et des réponses comportementales (**R**), tous deux **objectivement observables**.
- L'intérêt de ces approches est de mettre en évidence des mécanismes d'**apprentissage** et notamment de **conditionnement** mais...

- ...le behaviourisme évacue toute question sur ce qui se passe à l'**intérieur** de l'organisme (boîte noire).
- L'absence d'hypothèses sur la spécificité des **processus internes** amène à postuler implicitement une **égalité des organismes** essentiellement **façonnés par leur environnement** et les apprentissages et conditionnements qu'ils vont développer en interaction avec celui-ci.
 - En réaction se développe l'approche contemporaine du cognitivisme...

G. Le cognitivisme

- Le cognitivisme fait des **hypothèses sur ce qui se passe entre « S » et « R »** ou autrement dit comment l'individu traite (perçoit, analyse, intègre) les stimuli de l'environnement.
- Mais le cognitivisme est historiquement influencé par les **modèles computationnels**, et notamment par les travaux de John Von Neumann (1903-1957) mathématicien à l'origine des ordinateurs personnels.
- Ainsi, bien que le cognitivisme appréhende la complexité de l'individu et s'avère **performant pour comprendre les processus psychologiques élaborés** et notamment tout ce qui concerne les dimensions symboliques de la cognition, **il ne prend pas en compte le déterminisme biologique** des comportements...

2. Vers une prise en compte de la phylogenèse...

- La **psychologie évolutionniste** (*evolutionary psychology*) va s'intéresser aux **origines phylogénétiques** du comportement humain: elle s'efforce de comprendre comment celui-ci, à travers toutes les cultures, répond à des exigences et mécanismes communs hérités de l'histoire de notre espèce.
- Selon **Lea Cosmides et John Tooby** (1997), la psychologie évolutionniste considère notre psychisme comme un **ensemble de structures qui ont été façonnées par la sélection naturelle pour résoudre les problèmes auxquels ont été confrontés nos ancêtres chasseurs-cueilleurs**.
- Historiquement, cette approche ne s'est pas construite en opposition aux précédentes mais elle est en **filiation directe de la Théorie de l'évolution et de l'approche éthologique dont Konrad Lorenz fut le pionnier**.
- Elle articulera donc les dimensions biologique et psychologique de l'humain.

Les 4 niveaux d'analyse du comportement

- **Niko Tinbergen** (1907-1988), Prix Nobel d'éthologie 1973 (avec K. Lorenz et K. Von Frisch), considère que tout comportement peut être expliqué du point de vue de **quatre niveaux d'analyse**.
- Ces différents niveaux explicatifs ne s'excluent pas mutuellement et **tous sont indispensables pour comprendre la manifestation d'un comportement donné**.
- L'originalité de la **psychologie évolutionniste** est de prendre en compte les **niveaux 3 et 4** tandis que les autres approches s'appuient essentiellement sur les **deux premiers**.



1. **Les causes proximales** : concernent les **facteurs immédiats** (ex : physiologiques, neurobiologiques) qui produisent un comportement. Par extension, on placera dans cette catégorie un facteur non observable : la **signification donnée à la situation** à l'instant « t ».
2. **L'ontogenèse** : une explication ontogénétique ou développementale du comportement va s'appuyer sur **l'interaction des influences environnementales et de l'information génétique** de la conception jusqu'à l'instant « t ». **L'apprentissage** appartient à ce niveau.

- 3. La fonction :** spécifie la fonction adaptative d'un comportement : tout comportement est supposé **augmenter les chances de survie d'un organisme ou son efficacité reproductrice** (*fitness*). La fonction adaptative d'un comportement est donc liée au processus d'évolution. **La fonction actuelle d'un comportement peut ainsi être** différente de celle qu'il a pu avoir à travers des milliers de générations soumises à la sélection naturelle. Une conséquence possible est que beaucoup d'individus expriment des comportements qui paraissent actuellement inadaptés bien qu'à l'origine ils aient pu être parfaitement adaptés à des environnements différents.
- 4. L'histoire évolutive :** Tout comportement actuel est le fruit d'une histoire façonnée notamment par le processus de la sélection naturelle et l'environnement culturel...

Exemple: Pourquoi les oiseaux chantent-ils au printemps?

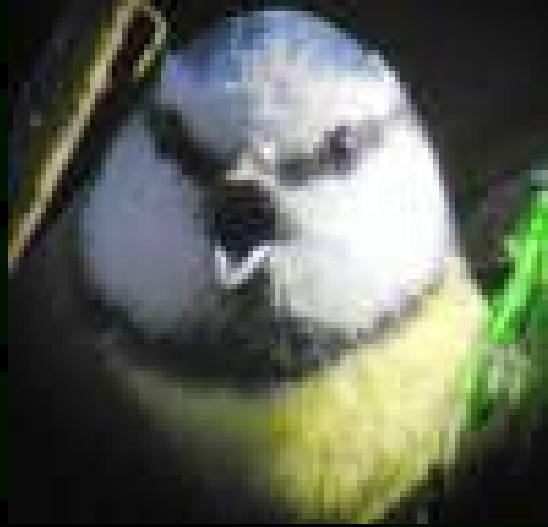


- / causes proximales

- Durée des jours ↑
⇒ Modifications hormonales
- Flux d'air dans le syrinx produit des vibrations de la membrane
- Émotion éprouvée par l'oiseau (amoureux !!?)
- Perception d'autres mâles rivaux dans les environs

- / l'ontogenèse

- La plupart des oiseaux chantent parce qu'ils ont appris le chant de leurs parents au cours de leur développement:
chez la plupart des oiseaux chanteurs le chant n'est pas « inné ».



- **Fonction**

- Attirer les femelles afin de se reproduire
- Au printemps ↑ chances de survie des jeunes
- ⇒ Meilleur succès reproductif

- **Histoire évolutive**

- Comment le chant a évolué depuis les ancêtres des oiseaux actuels?
- ⇒ On peut imaginer que les oiseaux primitifs émettaient des sons plus simples qui se sont complexifiés ensuite.

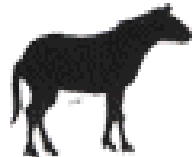
II. Théorie de l'évolution et Sélection Naturelle



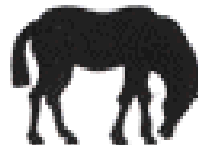
Hyracotherium
3 doigts



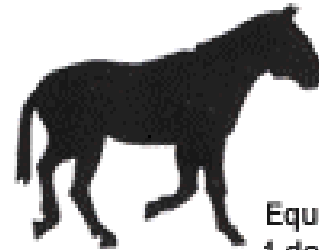
Mesohyppus
3 doigts



Merychippus
3 doigts



Pliohippus
1 doigt



Equus
1 doigt

L'adaptation des chevaux à la course a régi la transformation de leurs pattes, d'abord pourvues de trois doigts puis d'un seul recouvert d'un sabot.

1. Avant la reconnaissance de
l'évolution des espèces:
le fixisme

Georges Cuvier
1769-1832



- Cuvier a établi les **bases de la science paléontologique**, en particulier à travers l'anatomie comparée des vertébrés.
- Ce fût un grand scientifique mais qui **refusa de croire à l'évolution des espèces**: sa position qualifiée de **fixiste** refusait toute idée de la transformation des espèces au cours du temps.
- Pour Cuvier, les espèces fossiles sont des créations antérieures perdues lors de catastrophes naturelles (**catastrophisme**)

2. A la base de la théorie de l'évolution: le transformisme

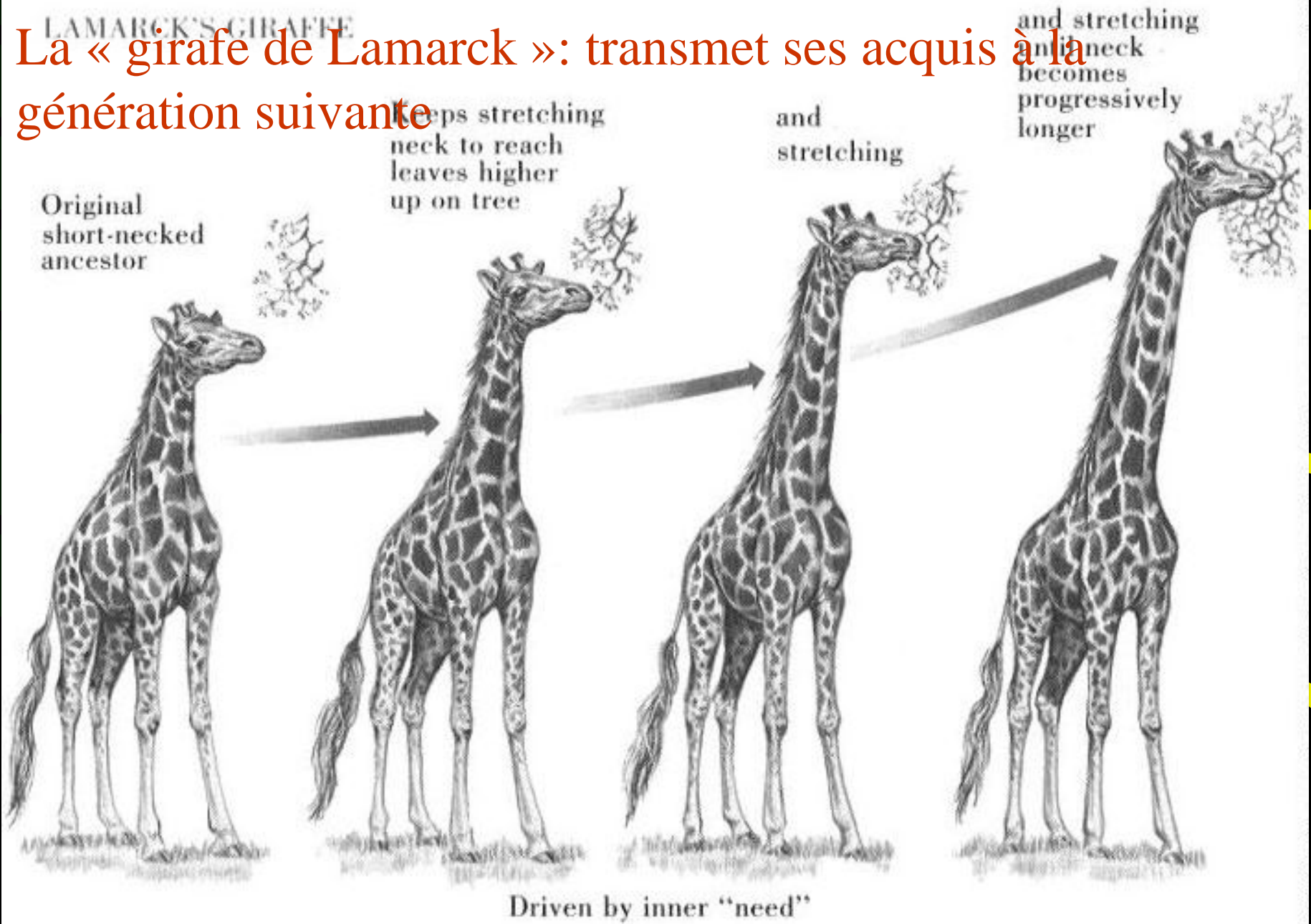
Jean-Baptiste de Monet
Chevalier de Lamarck
1744-1829



- Pour Lamarck, la vie va vers une **complexification croissante et un perfectionnement**.
- Lamarck est le premier à présenter un tableau phylétique montrant l'enchaînement des espèces: il a l'idée d'une **variabilité des espèces**, d'une **évolution du monde vivant**. Ce faisant, il **s'oppose à Cuvier** qui croyait à des bouleversements universels avec disparition sans transformation des espèces : fixisme + catastrophisme
- Pour Lamarck, l'animal qui ressent un « besoin » peut développer l'organe qui permettra de le satisfaire;
 - Parallèlement, le non-usage pouvait conduire à la perte, transmise héréditairement, de tel organe ou de telle fonction.
- Pour Lamarck : « *tout ce qui a été acquis, tracé ou changé, dans l'organisation des individus, pendant le cours de leur vie, est conservé par la génération, et transmis aux nouveaux individus qui proviennent de ceux qui ont éprouvé ces changements* » : **hérédité des caractères acquis**.

LAMARCK'S GIRAFFE

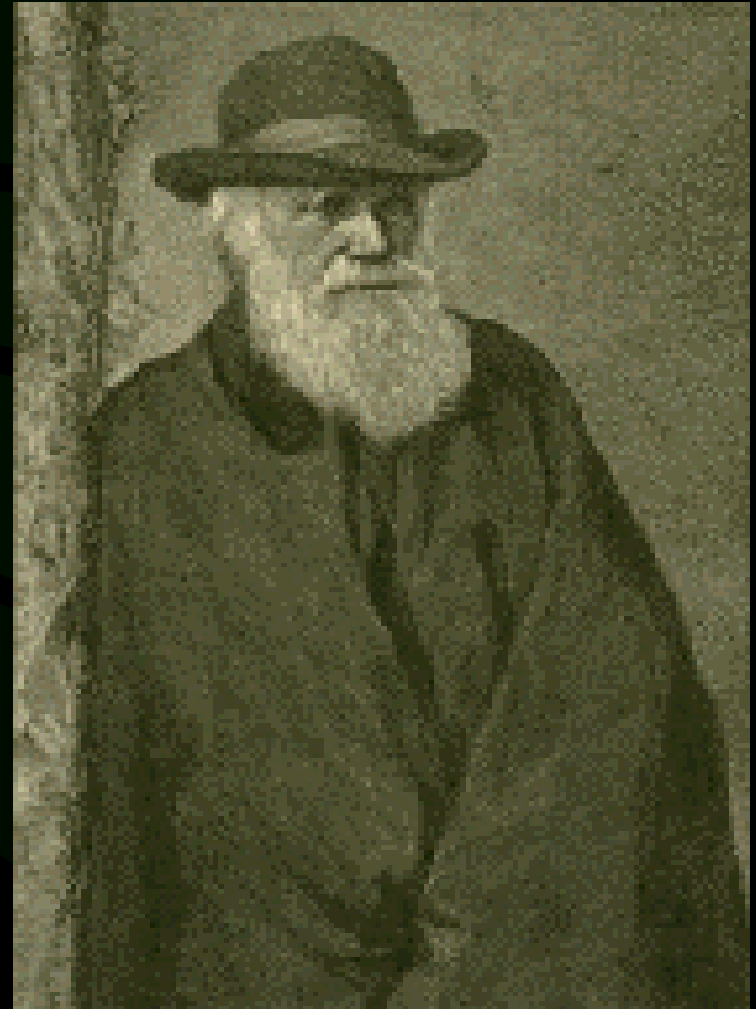
La « girafe de Lamarck »: transmet ses acquis à la génération suivante



- Comme on le verra ensuite, le **transformisme Lamarckien** sera une des bases de la théorie Darwinienne de l'évolution.
- Mais (💣 **attention !**) l'hypothèse de l'hérédité biologique des caractères acquis s'est jusqu'à présent avérée non fondée empiriquement.

3. Les fondements de la théorie de la Sélection Naturelle

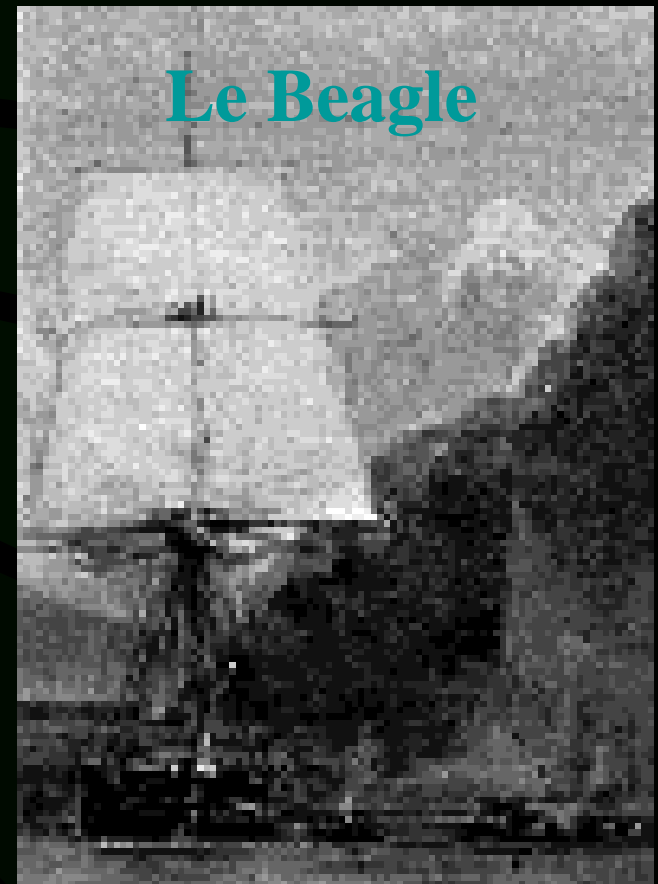
Charles Darwin
1809-1882



Charles Darwin est né en 1809, l'année même de la parution de l'ouvrage de Lamarck : *La philosophie zoologique* qui énonce la conception transformiste.

➤ La théorie de l'évolution ne doit pas tout à Darwin: celui-ci a surtout eu le mérite de commencer à la formaliser à partir de **plusieurs éléments d'explication** mis en rapport les uns avec les autres.

➤ **Le premier élément** correspond à un voyage que Darwin a effectué en qualité de naturaliste sur le *Beagle* qui partait pour des destinations lointaines.



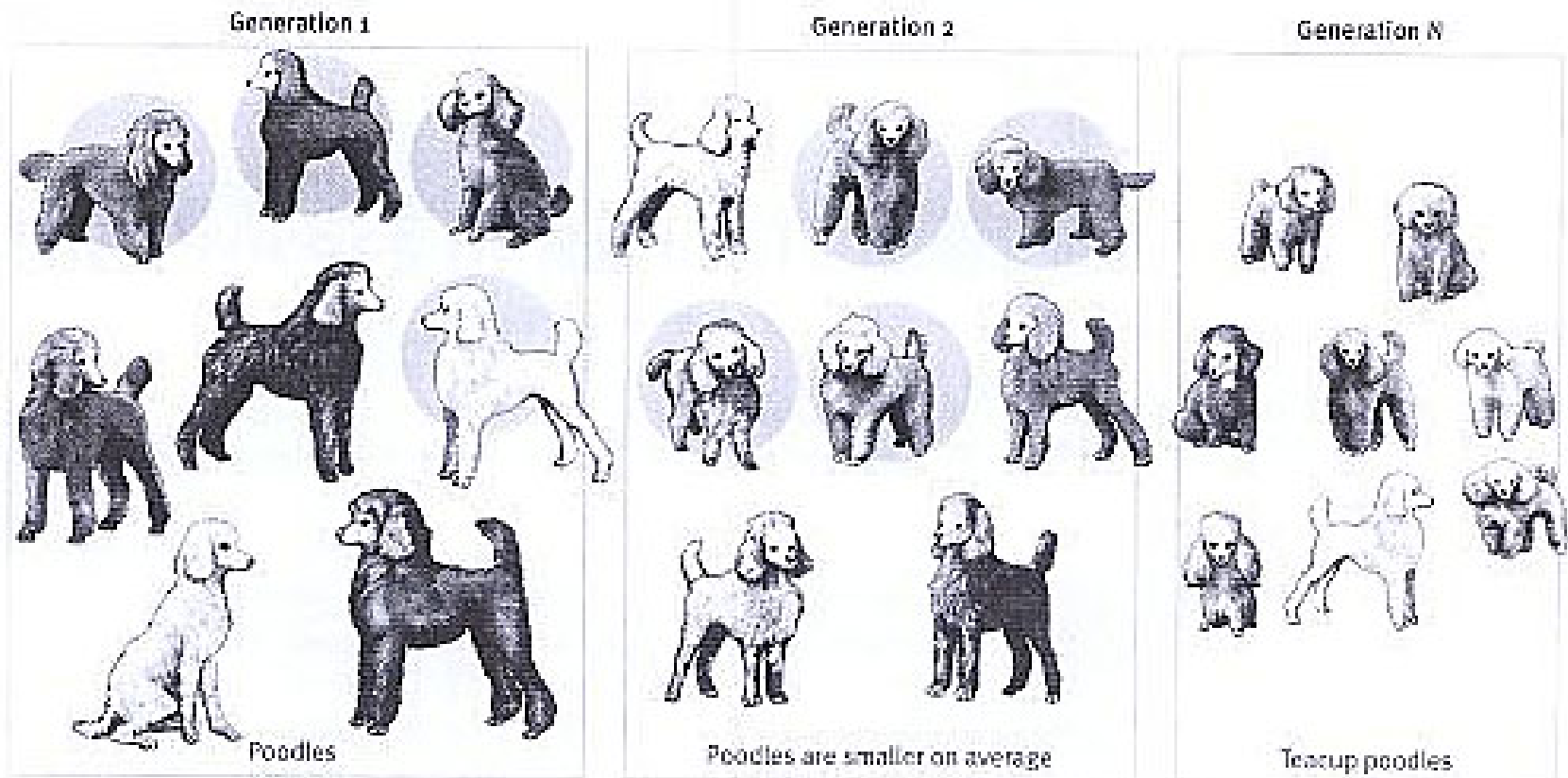
- Sur l'archipel des Galápagos, Darwin note la présence d'une faune spécifique, différente de celle du continent sud-américain tout proche: par exemple il remarque des tortues terrestres gigantesques. Chose étonnante, chaque île avait son espèce de tortue.
- Darwin nota également qu'il existait deux espèces d'iguanes: une espèce marine se nourrissant d'algues et une autre, inféodée aux zones volcaniques arides de l'intérieur. Les deux espèces semblaient identiques aux iguanes communs d'Amérique du Sud mais pourtant avaient des **morphologies, physiologies et comportements distincts**.
- En Argentine, Darwin découvre les os fossilisés d'une créature de la taille d'un éléphant, le Mégathérium: cet animal ressemblait en beaucoup plus gros à une espèce de paresseux actuelle. Darwin fit également des **relations entre d'autres fossiles et des espèces vivantes**.

- L'Australie où tous les mammifères indigènes étaient des **marsupiaux (*métathériens*)** intrigua Darwin.
 - Pour mémoire les Marsupiaux mettent bas des **embryons peu développés** qui doivent se frayer leur chemin vers une poche dans laquelle ils pourront téter et **terminer leur développement**. Beaucoup d'embryons meurent avant d'avoir pu trouver la poche maternelle.
- Darwin remarque que **les marsupiaux occupent en Australie les niches écologiques des mammifères placentaires (*euthériens*)**.
 - par exemple les kangourous occupent le même milieu que celui occupé par les cerfs et les antilopes sur le continent américain. Cf. **loup marsupial**
- En Australie, Darwin rencontra des mammifères encore plus étranges : **les *monotrèmes* (l'ornithorynque et l'échidné)** qui ont la particularité de pondre des œufs.
 - Darwin émit l'hypothèse que **les monotrèmes** pouvaient constituer un lien **entre les reptiles et les mammifères** et de **même les marsupiaux** pouvaient être intermédiaires **entre les euthériens et les monotrèmes**.

- Le deuxième élément est constitué par les écrits du grand-père de Charles Darwin, Erasmus Darwin, qui avait émis l'hypothèse que **toutes les créatures vivantes descendaient d'un seul organisme ancestral** et que les organismes se transformaient au cours du temps pour s'adapter à leur environnement.
- On peut aussi penser qu'il fût influencé par le transformisme de Lamarck.
- Ce qui faisait défaut à Erasmus Darwin c'était le mécanisme pouvant rendre compte du changement adaptatif.

Le troisième élément: de retour en Angleterre, Charles Darwin réfléchit sur la **sélection artificielle** pratiquée dans les campagnes sur divers plantes et animaux.

➤ Exemple de **sélection artificielle** pour obtenir des caniches de petite taille:



- Dans le cas précédent, on pourra parler de **sélection artificielle** orientée par des **objectifs humains**. Il ne restait plus à imaginer que l'orientation de la sélection soit guidée par les aléas de l'environnement.
- Un **quatrième élément** vint à Darwin à la lecture de *Essay on the Principle of Population* de Thomas **Malthus** (datant de 1798) un économiste anglais. Cet auteur remarqua en effet que **les populations humaines pauvres avaient tendance à se reproduire davantage que leurs faibles ressources ne le leur permettaient**.
 - Seuls **les plus résistants** étaient alors à même de survivre.

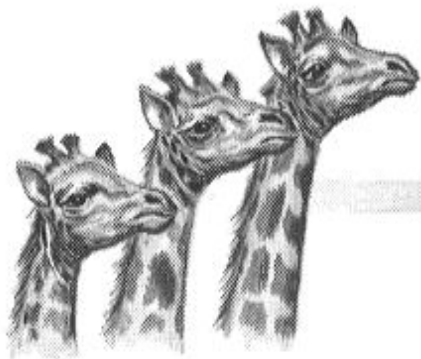
- Avec toutes les pièces du puzzle en main Darwin « traîna » alors quelque peu pour finaliser sa théorie.
- C'est alors qu'en 1858, Darwin reçut un manuscrit d'un certain **Alfred Russel Wallace** qui vivait aux îles Moluques.
- Cet écrit comportait toutes les grandes lignes de la théorie de la sélection naturelle que Darwin était en train de rédiger: il s'agissait d'une **réelle convergence d'analyse** pas d'un plagiat. De plus, le manuscrit de Wallace était plus avancé que celui de Darwin.
- Dans l'urgence, avec l'aide d'amis scientifiques, Darwin fit en sorte qu'il y ait une **première publication commune** de leurs travaux en 1858.
- Darwin se dépêcha ensuite de finaliser son célèbre ouvrage sur l'origine des espèces (1859).

➤ Les **principes de base de la théorie...**

1. Les organismes se reproduisent « en excès », plus que ce qui est nécessaire pour remplacer la génération précédente.
2. Dans une population donnée, les organismes présentent des variations sur beaucoup de caractères physiologiques et comportementaux.
3. En raison de la variabilité interindividuelle inhérente à une population, certains individus seront davantage capables de survivre et de se reproduire que d'autres.
4. En raison des différences de survie et de reproduction des individus dotés de certaines caractéristiques, les caractéristiques les plus adaptées seront de plus en plus fréquentes dans les générations suivantes.
5. Conséquence de la sélection naturelle, suffisamment de changement peut isoler reproductivement une population:
 - origine d'une nouvelle espèce.

DARWIN'S GIRAFFE

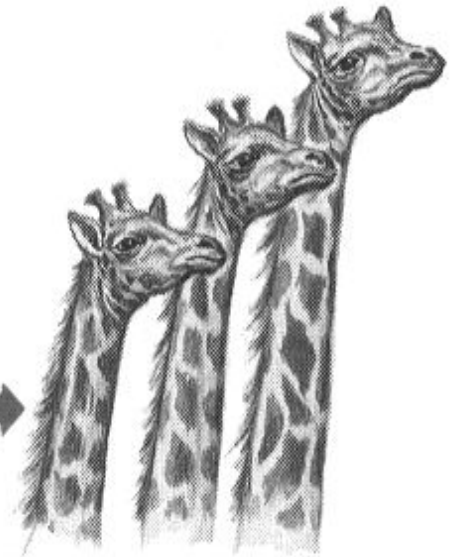
La girafe de Darwin se transforme au gré de la sélection naturelle



Original group exhibits variation in neck length

Natural selection favors longer necks: better chance to get

higher leaves
Favored character passed on to next generation



After many, many generations the group is still variable, but shows a general increase in neck length

Les limites initiales de la théorie

- A l'époque de Darwin la science de la **génétique n'existait pas encore**.
- Les scientifiques de l'époque croyaient à une « **hérédité mélangée** », c'est-à-dire que les caractères parentaux se mélangeaient dans leur descendance **de la même façon que les couleurs se mélangent entre elles**.
- Cette hypothèse impliquait qu'**aucun nouveau trait adapté ne pouvait augmenter dans une population** car des mélanges successifs aboutissaient à sa disparition.
- Initialement donc, cette croyance en l'hérédité mélangée rendait difficile pour Darwin la défense de la sélection naturelle comme le principe majeur de l'évolution.
- **Plus étonnant, certains écrits de Darwin donnent à penser que celui-ci croyait comme Lamarck en une hérédité des caractères acquis**.

4. L'apport de la découverte des lois de la génétique

Gregor Johann MENDEL
1822-1884



- Le travail de Mendel, moine autrichien, fût ignoré jusqu'à sa mort et **redécouvert 16 ans plus tard en 1899** par trois scientifiques qui pratiquaient l'hybridation.
- Ces derniers ont utilisé les écrits de 1865 de Mendel pour expliquer leurs propres résultats.

➤ **Les Lois de Mendel énoncent ce qui constitue encore actuellement les grands principes de l'hérédité.**

➤ Malheureusement, ces lois qui vont permettre de parachever la théorie de l'évolution ne seront **redécouvertes qu'après la mort de Darwin...**

Mendel a montré que les caractères héréditaires se transmettent comme des **unités qui ne se mélangent pas**.

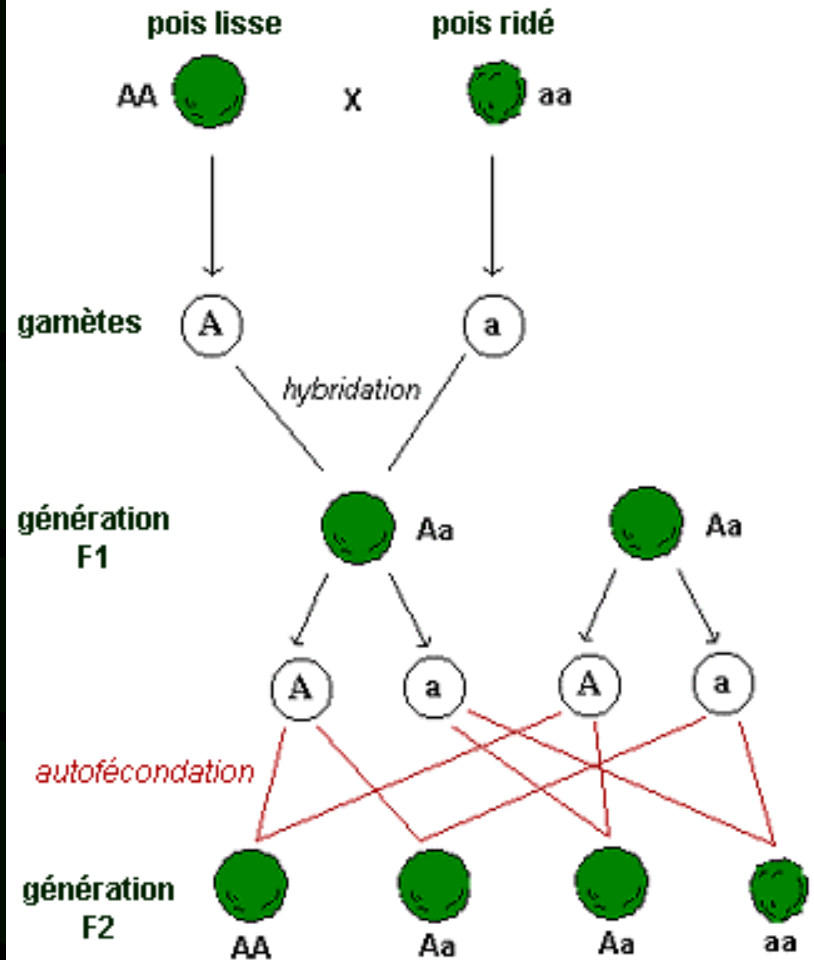
1. La loi de séparation :

Les membres d'une paire de **chromosomes** homologues AA se séparent durant la méiose et sont distribués aux différentes gamètes.

Un hybride ou hétérozygote (Aa) transmet à chaque gamète seulement un facteur (allèle) des deux reçues de ses parents, pas les deux facteurs ni un mélange des deux.

2. La loi du mélange indépendant:

Chaque membre d'une paire de chromosomes homologues se séparent durant la méiose indépendamment des membres des autres paires, de telle façon que les allèles portés par différents chromosomes sont distribués de façon aléatoire dans les gamètes.

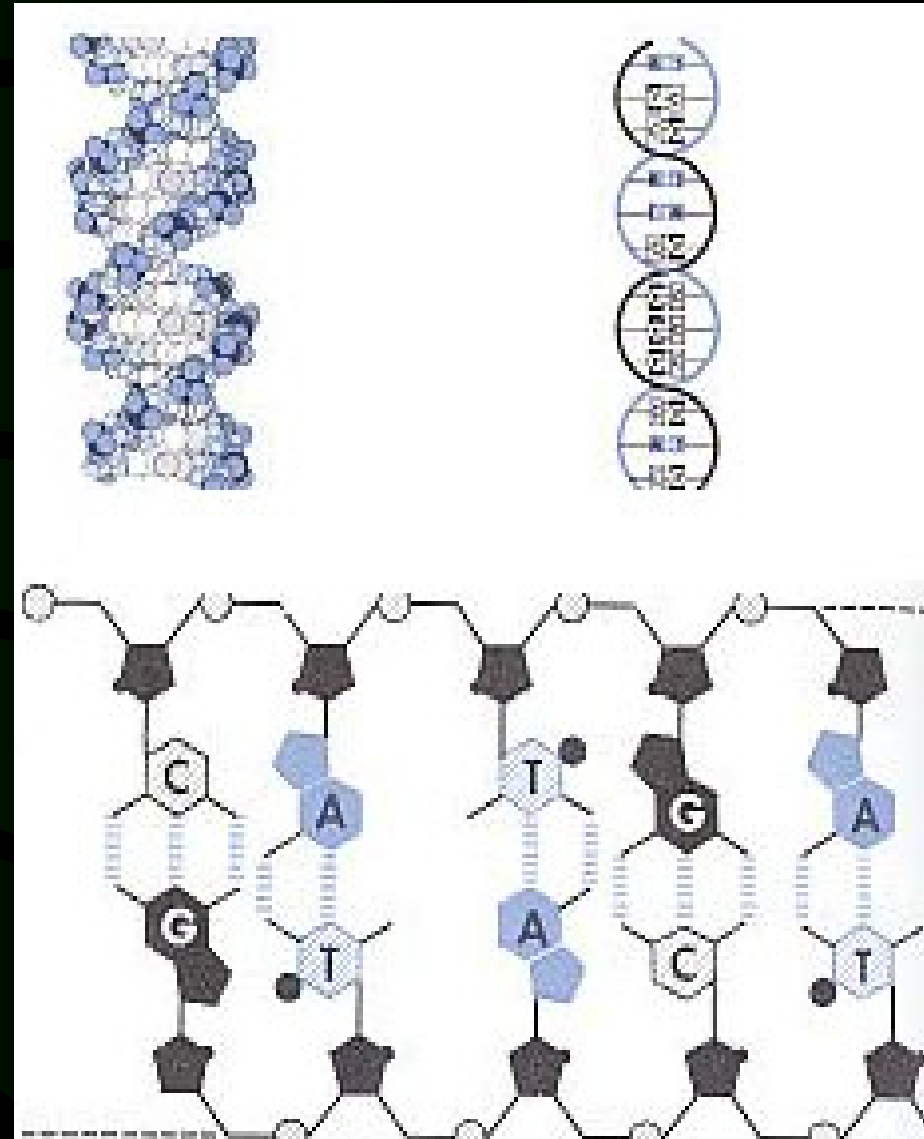
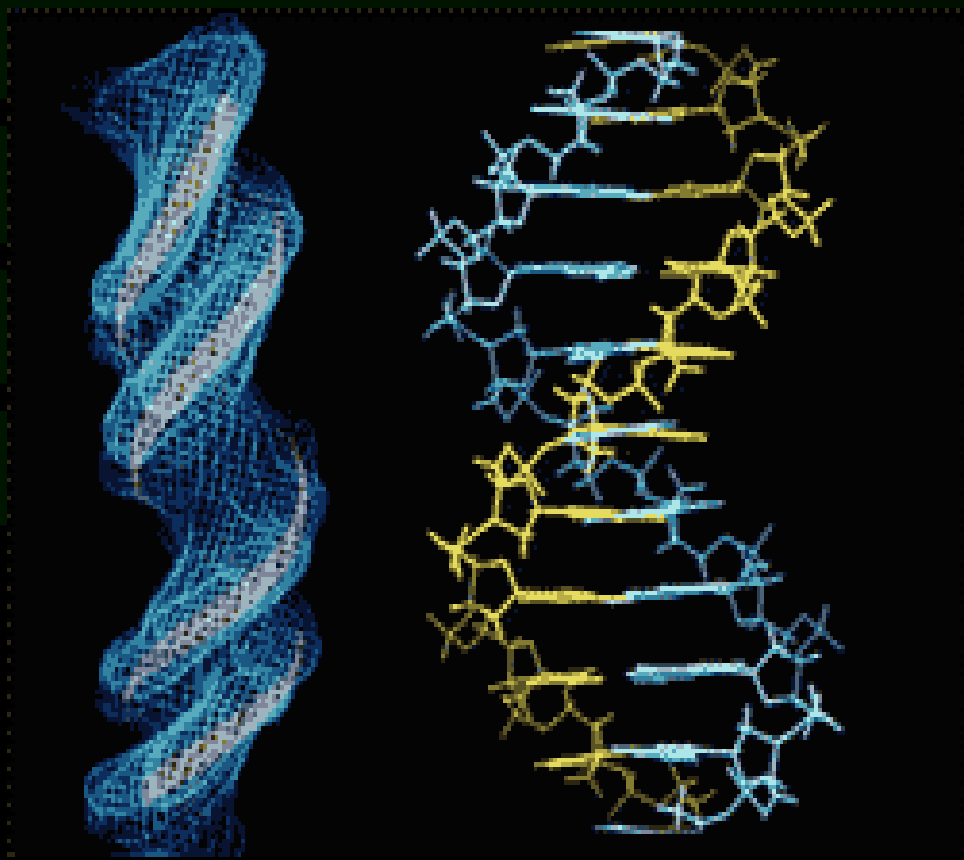


phénotype	3	1
génotype	1 AA 2 Aa	1 aa

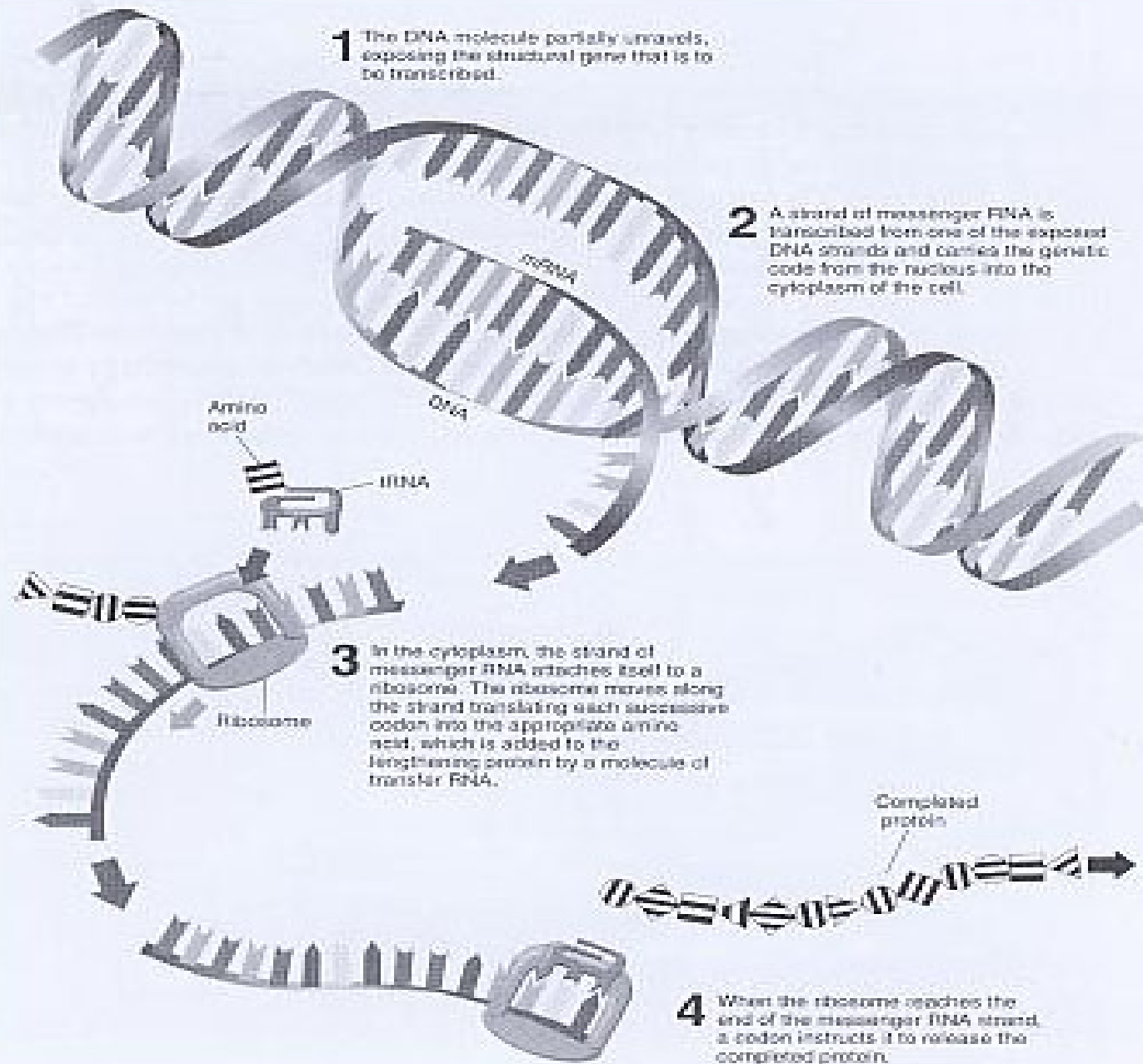
Qu'est-ce qu'un gène « concrètement »

- *...un gène est de l'**information** et non de la matière(...)* je définirai un gène comme une information portée par un acide nucléique, qui peut se recopier et coder pour une fonction. (Pierre-Henri Gouyon, biologiste des populations)
- *Classiquement, on disait qu'un gène est un segment d'ADN qui code pour une protéine. **Mais cette définition apparaît fausse.** (...) La définition de l'ARN reste en revanche sans ambiguïté. Je pense donc qu'il va falloir redescendre la définition du gène de la génomique vers la **transcriptomique**, car l'individualité est dans les ARN.* (Daniel Cohen, biologiste moléculaire)
- *« ce qui compte in fine, c'est la fonction, **le nombre de protéines codées** par un génome donné, car ce sont elles qui sont responsables du phénotype, donc de ce que nous sommes. »* (Pierre Chambon, biologiste moléculaire)

La double hélice d'ADN (Watson & Crick, 1953) et son organisation



La traduction de l'information génétique



5. Génotype / Phénotype

- Il ne suffit pas que deux individus diffèrent génétiquement pour qu'ils deviennent différents.
- En génétique, le **phénotype** - ensemble des caractères apparents d'un individu, correspondant à une réalisation du **génotype** - se réalise par le fait d'une coopération entre tous les gènes chromosomiques, le **matériel génétique extra-chromosomique** et le **milieu** dans lequel se trouve l'organisme.
- Ainsi dans des **environnements différents** deux organismes au même génotype peuvent devenir très différents...
- Cette variation de l'expression du génome en fonction du milieu se rencontre dès le règne végétal...
- Inversement, deux phénotypes semblables peuvent être issus de génotypes différents (ex. pois de Mendel ou couleur des yeux).

- Par rapport à ce qui précède, il est **hasardeux d'assimiler des différences et des similitudes entre deux spécimens à des différences génétiques tant que les organismes ne sont pas confrontés à un environnement comparable.**
- Dans le processus de développement d'un être vivant il existe une **inextricabilité de l'inné et de l'acquis**, des facteurs biologiques héréditaires et de l'environnement.
 - Facteurs épigénétiques: concernent à la fois l'environnement cellulaire et l'environnement extérieur (cf. conséquences / clonage)
- Une analogie est souvent faite avec la représentation d'un **rectangle** : il n'y a pas de sens à considérer que ce qui caractérise un rectangle est **plus la longueur que la largeur** de ce rectangle, **on ne peut les considérer séparément...**

Un exemple extrême d'ajustement du phénotype aux conditions de l'environnement: La détermination du sexe

- Un poisson des récifs coralliens, *Thalassoma bifasciatum*, forme des groupes polygyniques (composés d'un mâle et de plusieurs femelles).
- Si le mâle du groupe meurt, la plus grande femelle devient le nouveau mâle.
- Ce phénomène signifie que le sexe d'une femelle adulte chez cette espèce est contingent: il dépend de l'information traitée par elle / environnement social.
 - Si elle n'est pas la femelle α dans le groupe ou si elle est elle la femelle α mais avec un mâle présent, alors elle reste femelle...
- Les facteurs déterminants le sexe peuvent être aussi purement physiques.
 - Chez certains reptiles la détermination du sexe des embryons dépend des conditions de température.

Quelle est la latitude de l'expression phénotypique chez l'homme?

- Les ajustements phénotypiques sont naturellement beaucoup plus discrets, voire cryptiques, chez l'homme.
- Il existe des **ajustements proximaux, contingents**:
 - la **mélanisation** de notre peau / l'exposition solaire.
 - De la même façon, la **puissance des muscles** est contingente au degré d'exercice auquel ils sont exposés.
- Il existe aussi des **ajustements plus permanents**:
 - / au système cardiovasculaire: les personnes vivant en haute altitude développent des **poumons plus volumineux et une capacité respiratoire accrue**.

Comment évaluer l'action d'un gène?

- Il faut concevoir un gène comme un élément qui spécifie ce qui, dans l'environnement, **doit être stable** pour que **cet élément puisse opérer en tant que gène**, c'est-à-dire soit **corrélé de manière prédictible à un résultat**.
- Étant donné la sensibilité du génome à l'environnement dans lequel il s'exprime, **dans quelle mesure l'environnement ne pourrait pas diriger les variations génétiques en induisant des mutations dirigées sur des gènes particuliers**.
 - Cela reviendrait à considérer que Lamarck n'avait pas complètement tort en considérant que **l'expérience pouvait avoir une certaine rétro-action sur le patrimoine génétique**.

➔ Nous abordons ce point dans la partie suivante...

6. La variation génétique adaptative

- Pour Darwin, la variabilité héréditaire, produite de façon aléatoire, était constante dans toutes les populations.
- La sélection naturelle opérait ensuite un tri en favorisant les organismes les plus adaptés au milieu.
- Lors de la re-découverte des lois de Mendel, Hugo De Vries (1901) fut à l'origine de ce que l'on a appelé le courant mutationniste.
- Si ce courant mettait en relief le rôle important des mutations et permettait d'éclairer la théorie Darwinienne, il tendait à minimiser l'action du milieu.
- Pour De Vries, l'action régulatrice du milieu était quasi négligeable au regard des processus de mutation capables selon lui de générer de nouvelles espèces de façon quasi-instantanée.

- Il a fallu attendre 1937 et les travaux de **Theodosius Dobzhansky** (*Genetics and the Origins of Species*) pour montrer de façon convaincante l'influence du milieu.
- Dobzhansky, en manipulant des conditions d'environnement en laboratoire, fût capable d'observer **d'importantes modifications génétiques adaptatives** chez des populations de **drosophiles** (mouches du vinaigre).
- Il démontrait ainsi à quel point les conditions environnementales pouvaient **canaliser** les caractéristiques génétiques des populations.
- Dobzhansky ne remettait pas en cause l'idée que **les mutations elles mêmes sont aléatoires et non guidées par le milieu, la sélection naturelle n'intervenant qu'après coup.**

- Coup de théâtre en 1988, John Cairns et ses collaborateurs ont mis en évidence, à partir de travaux sur des colibacilles élevées dans un milieu sans glucose, une mutation dans un gène particulier initialement défectueux dans cette souche.
 - cette mutation permettait au gène de fonctionner en utilisant un sucre de remplacement, le lactose.
- Les chercheurs ont déduit de leurs observations un phénomène de mutagenèse adaptative.
- Finalement, en 1998, les travaux de Cairns furent infirmés par de nouvelles expériences.
- Mais ces dernières montrent qu'en condition de carence nutritive, il se produit une hyper-mutagenèse des bactéries: concrètement, il y a davantage de mutations par rapport à la normale mais celles-ci sont non orientées.
 - Cette découverte permet ainsi de rejeter le postulat en vigueur depuis le début du XX^{ème} siècle, à savoir l'immuabilité des fréquences de mutation spontanée.

- De plus, depuis 1980, a été mis en évidence l'existence de **gènes sauteurs**, petits segments d'ADN qui peuvent s'insérer en de multiples emplacements du génome.
- La mobilité des éléments peut être déclenchée par des conditions physiologiques anormales.

➤ En conclusion, même si le milieu n'induit pas des mutations dirigées sur un gène particulier, il peut induire davantage de mutations permettant au processus de la sélection naturelle d'opérer plus efficacement en ayant davantage de probabilité de disposer de mutations favorables.

7. Analyse détaillée du processus de la Sélection Naturelle

- Connaisant le principe général de transmission héréditaire des caractères, il devient possible d'approfondir le processus de la sélection naturelle.
- On ne pourra parler de sélection naturelle que pour un caractère particulier: un trait physiologique ou comportemental identifiable.
- Le processus de la sélection naturelle requiert trois pré requis fondamentaux pour fonctionner:
 - A. Variabilité
 - B. Conséquence pour la *fitness* (en génétique, probabilité d'avoir des descendants à long terme)
 - C. Mode d'hérabilité

A. La variabilité

- Pour que la sélection naturelle agisse, il doit y avoir des variations chez le caractère étudié. Sans une telle variation, il n'y a rien pour la sélection naturelle à « **sélectionner entre** ».
- La **variation** pour un trait particulier peut être soit **environnementale** (notion de phénotype développée précédemment), soit **génétique**.
 - N.B: seul le génotype peut-être transmis par hérédité biologique
- La **variabilité génétique** peut être générée par mutation, recombinaison génétique, migration.

a. Les mutations

- **Les causes:**

exposition excessive aux rayons X, rayonnements cosmiques, éléments radioactifs, lumière ultraviolette ou action de diverses substances chimiques mutagènes.

- **Les types:**

- **Mutations additives ou soustractives** se produisent quand un seul nucléotide est ajouté ou supprimé d'un fragment d'ADN.
- **Les mutations de base** se produisent quand un nucléotide en remplace un autre: environ la moitié des mutations de base affectent fortement la fonction protéinique. Certaines de ces mutations sont « silencieuses ».
- **Mutations par transposition** où un long segment d'ADN est déplacé d'un endroit à un autre du génome.

b. Les recombinaisons génétiques

- Les sections d'un chromosome peuvent **inter**changer leur position avec celles de leur binôme (*crossing over*).
- Cet échange crée une **nouvelle variation génétique**.
- Ce **phénomène est essentiellement aléatoire** et rend compte d'une proportion importante de la variabilité génétique.

c. Les migrations

- De nouvelles variations génétiques peuvent aussi être la conséquence de **migrations de nouvelles populations**.
- Il suffit que **quelques individus venant de l'extérieur** soient porteurs de différences génétiques pour introduire une variation dans la population étudiée.

B. Les conséquences sur la *fitness*

- Pour que le processus de la sélection naturelle agisse, la variation génétique sur un caractère doit avoir des **conséquences sur la *fitness*** (probabilité d'avoir des descendants).
- La *fitness* recouvre la **contribution attendue d'un individu à la génération suivante comparé aux autres individus**. La « contribution » fait en général référence au nombre moyen de jeunes viables qu'un individu produit.
- Pour avoir plus de chance d'être sélectionné qu'un autre un trait physique ou comportemental doit avoir un **effet significatif** sur la *fitness*.

C. Les types d'hérédité

- Sans mécanismes héréditaires, les différences de *fitness* sont balayées avec le temps et le caractère n'est pas pérennisé.
- Au sens large, l'hérédité va concerner ce qui peut être transmis d'une génération à l'autre. On pourra alors parler d'hérédité biologique (transmission du patrimoine génétique) ou d'hérédité sociale et culturelle (non organique et acquise au cours de l'ontogenèse) qui concernera particulièrement notre espèce.
- Sans précision, l'hérédité fait généralement référence à la transmission génétique.
- On distinguera deux types d'hérédité génétique:
 - a. Hérédité au sens large
 - b. Hérédité au sens strict

a. L'héritabilité au sens large

- Pour la déterminer, on mesure la **proportion totale de variance génétique pour un caractère par rapport à la variance environnementale.**

Ex:

- On élève un groupe de souris dans un **environnement identique** et on étudie leur comportement alimentaire. Il est très probable que les **différences observées entre individus** soient dues à leur **variabilité génétique = VG**.
- On élève un autre groupe de souris de la même population dans des **environnements individuellement différents pour chacune**. Dans ce cas, les différences de comportement seront à la fois dues à: **variation génétique (VG) + variation environnementale (VE) = variance totale (VT)**.
- On peut ainsi déterminer la variance environnementale $VE = VT - VG$
- $VG / (VE + VG)$ nous donne une mesure de la **composante génétique** d'un comportement.

Exemples d'estimations de composantes héréditaires chez l'homme (Hartl & Clark 1989)

Stature et taille des dents	0.85
Score tests QI	0.60 – 0.80
Poids du corps	0.63
Pression sanguine systolique	0.57
Grossesse gémellaire	0.50
Latéralité	0.32
fertilité	0.10 – 0.20

b. L'héritabilité au sens strict

- On s'intéresse à la manifestation d'un caractère dans une population (ex. taille), on va décider (par ex.) que parmi cette population seuls les individus **dépassant de 5 cm la taille moyenne (x_0)** pourront se reproduire.
- On calcule ensuite la **taille moyenne de cette population sélectionnée = x_1**
- La différence **$x_1 - x_0$** sera appelée **$S = \text{différentiel de sélection}$**
- On mesure ensuite la **moyenne de la taille de la nouvelle génération obtenue à partir des parents sélectionnés = x_2** .
- Enfin, on calcule la **différence $x_2 - x_0 = R$ (réponse à la sélection)**.
- **L'héritabilité « au sens strict » est R/S** : elle exprime dans quelle mesure la **population est allée dans le sens du caractère sélectionné**.

8. « Altruisme » et Coopération

A. L'altruisme

- Étant donné le principe de *fitness*, à savoir qu'un individu va chercher à perpétuer efficacement ses gènes, on pourrait alors penser que **l'individu va chercher à survivre coûte que coûte, y compris au détriment de ses congénères.**
- En réalité, les choses sont plus complexes car l'individu peut être amené à **se sacrifier pour des congénères partageant son patrimoine génétique** dans la mesure où son sacrifice est avantageux en terme de *fitness*.
- Darwin avait abordé la question et réconcilié comportement altruiste et sélection naturelle en considérant que **l'acte altruiste, quoique dommageable pour le succès reproducteur de l'individu, contribue néanmoins à la survie de ses congénères.**

➤ C'est W.D. Hamilton (1963) qui a développé le concept de **sélection de parentèle** appelé aussi *inclusive fitness*.

❖ Sa théorie démontre que les individus d'une espèce peuvent augmenter au mieux leur propre succès reproducteur en aidant des apparentés, **si le gain conféré au bénéficiaire est supérieur au coût subi par le donneur.**

➤ Concrètement la mort d'un individu est acceptable si elle permet de sauver **plus de deux frères ou plus de 8 cousins...**

➤ A l'idéal, un animal n'a **aucune perte de *fitness* s'il sacrifie sa vie pour sauver deux de ses jeunes.**

- Ce principe *d'inclusive fitness* rend compte de l'**organisation des sociétés d'insectes** dans lesquelles les individus ont des rôles définis au service de la colonie: le « **sacrifice** » au service de « **l'intérêt collectif** » est la norme.
 - Tous ces insectes, en raison de leur structure sociale et de leur type de reproduction partagent les mêmes gènes.
- Il est cependant bien connu que **l'altruisme se produit fréquemment en l'absence de lien de parenté proche.**
- Pour expliquer cela, Trivers (1971) suggère un principe **d'altruisme réciproque...**

- Mais pour que l'altruisme réciproque fonctionne, les membres d'un groupe doivent être capables d'identifier et d'exclure les « tricheurs » qui reçoivent sans donner.
- De plus, ce système requiert un groupe restreint et stable dans le temps au sein duquel des relations inter-individuelles élaborées peuvent se développer :
 - Les groupes de primates et les sociétés primitives humaines correspondent à ce critère.
 - Ceci nous amène à aborder le problème de la coopération.

B. La coopération

- La théorie de la coopération a fait l'objet d'études et de modélisations approfondies.
- R. Axelrod (1984) a modélisé les enjeux de la coopération en se basant sur le « **Dilemme du Prisonnier** ».
 - Deux **auteurs présumés** d'un hold-up sont présentés à un juge.
 - Le juge manque de preuves: **il a donc besoin des aveux d'au moins l'un d'entre eux.**
 - Pour obtenir des aveux **il va essayer de les manipuler en les isolant.**
 - Il leur propose le marché suivant...

➤ **Tu coopères** avec ton ami **en ne le dénonçant pas**:

➤ Ton ami **ne te trahit pas non plus**, en l'absence de preuve pour le hold-up, je vous condamne **tous deux à 1 an** de prison pour port d'arme illicite.

➤ Ton ami **te trahit** et tu prends **10 ans**, lui est libre

➤ **Tu trahis** ton ami **en le dénonçant**:

➤ Ton ami **ne te trahit pas** tu es **libre**, lui prend 10 ans

➤ Ton ami **te trahit aussi**, vous bénéficiez d'une mesure de clémence: **3 ans tous les deux**

Le dilemme du prisonnier

		B →	
		B coopère	B trahit
A ↓	A coopère	A: 1 an B: 1 an	A: 10 ans B: libre
	A trahit	B: 10 ans A: libre	B: 3 ans A: 3 ans

A la place du prisonnier que feriez-vous?

- ❖ Si on pouvait contrôler le comportement de l'autre, l'intérêt de chacun serait de ne pas se dénoncer mutuellement et en prendre chacun pour 1 an.
 - Le problème est que si l'on ne dénonce pas l'autre mais que celui-ci nous trahit on joue très gros: 10 ans.
 - Cette situation lorsqu'elle est ponctuelle incite donc à la trahison.
- ❖ Mais lorsqu'une situation est amenée à se reproduire la meilleure stratégie est le *Tit for Tat*, autrement dit le « donnant – donnant ».
 - Cette attitude est à la base de la construction de coopérations entre individus dans la mesure où dans un groupe les individus sont amenés à se voir régulièrement.

9. Sélection sexuelle et *runaway* *selection*

- Darwin s'était particulièrement intéressé à la question de la **sélection sexuelle** (1871, *The descent of man and selection in relation to sex*).
 - Pour Darwin, la **principale source de pression de sélection intra spécifique** revient à la **sélection sexuelle runaway** (« course en avant »).
- La **reproduction sexuée** a constitué une **étape déterminante dans l'évolution des espèces** en permettant davantage de brassage génétique donc potentiellement un **pool génétique plus riche favorisant l'adaptation**.
 - Mais à échelon de l'individu, au gré des contingences de l'environnement et des structures sociales, **tout individu apte à se reproduire n'en a pas toujours la possibilité**.
- La reproduction sexuée est donc une « **course aux armes** » dont l'objectif est d'obtenir le succès maximum.

- Darwin distinguait deux catégories de sélection sexuelle:
 - Compétition mâle / mâle: favorise les caractères permettant d'être compétitif / autres mâles
 - Choix du partenaire par la femelle: amène certains caractères du mâle à se développer de plus en plus au cours de l'évolution
- La conséquence est que chez les mâles on peut constater un déploiement spectaculaire de parures (ex. paons, oiseaux de paradis).
 - A défaut, comme chez certains oiseaux, le mâle peut construire des structures voyantes (ex nids décorés).
- Ceci signifie que les femelles sont sensibles à ces caractéristiques des mâles qui ont tendance – par la sélection naturelle *runaway* – à « faire de la surenchère ».
 - Parfois même, des parures trop voyantes ou imposantes si elles ont un effet positif sur la *fitness* sexuelle, font courir aux mâles des risques par rapport aux prédateurs.

- Il semblerait que, chez l'espèce humaine, le dimorphisme sexuel mâle / femelle, avec les hommes généralement plus grands et plus forts que les femmes était plus accentué à l'époque préhistorique où la compétition sexuelle mâle – mâle était plus intense.
- G. F. Miller (1998) considère que la sélection sexuelle *runaway* aurait même favorisé le développement important du cerveau.
 - Miller fait l'hypothèse que les hominidés ont développé une préférence pour la nouveauté et la créativité dans leurs parades nuptiales ce qui aurait eu pour conséquence l'évolution des capacités mentales avec la production de comportements toujours plus complexes.

III. Évolution humaine et *mismatch theory*



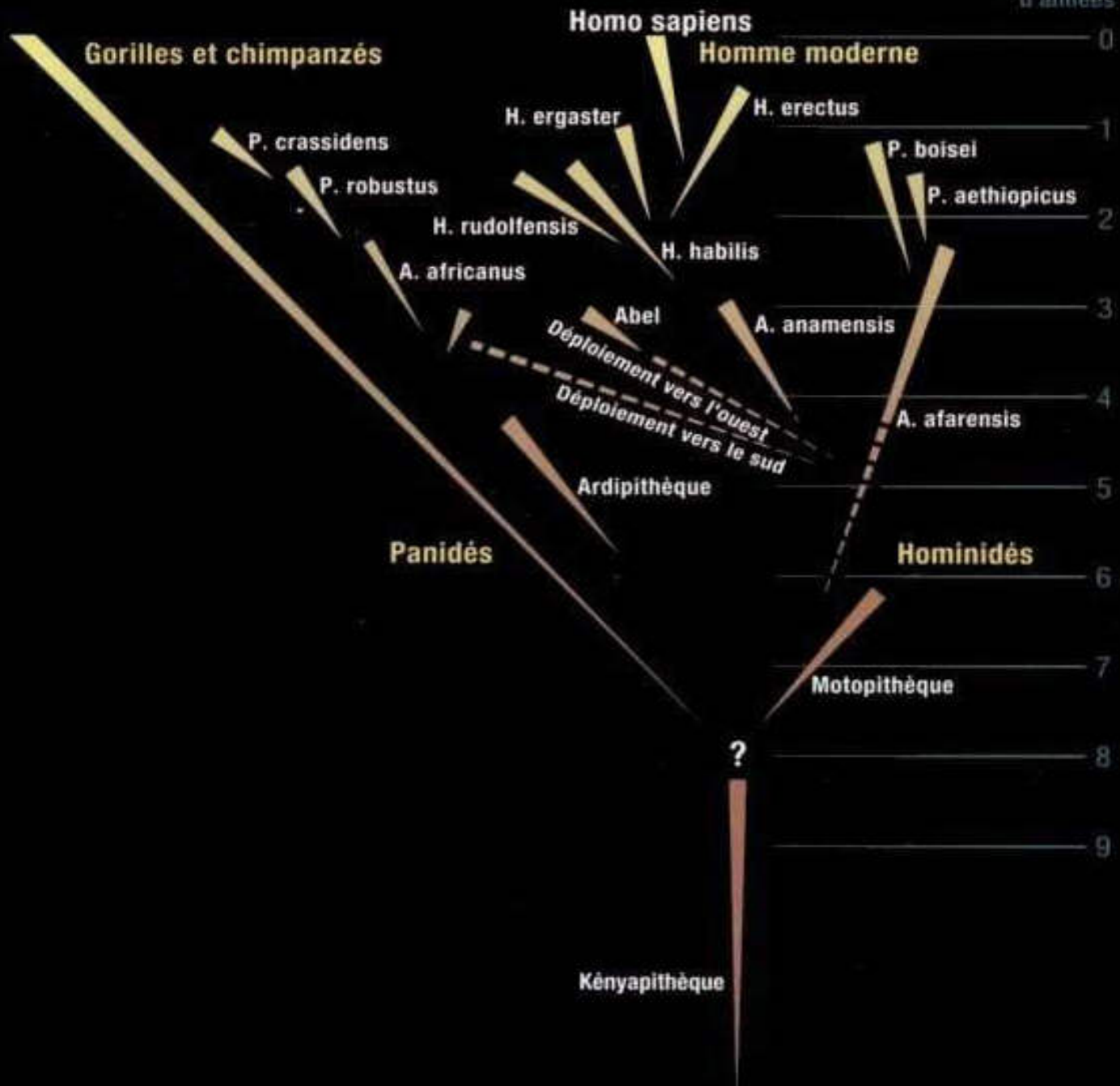
1. Des origines de la vie à l'hominisation

- Règne: Animal
- Embranchement: Vertébrés
- Classe: Mammifères
- Sous-classe: Euthériens
- Ordre: Primates
- Famille: Hominidés
- Genre: Homo
- Espèce: Homo sapiens



Temps subjectif	Années	Evénements associés
0.52 sec.	1949	Premier ordinateur opérationnel
0.98 sec.	1903	Premier vol d'un engin plus lourd que l'air
2.12 sec.	1789	Révolution française
20.07 sec.	0 (ou 6 av. J.C !)	Naissance de J.C.
55.00 sec.	3500 av J.C.	Invention de la roue par les Sumériens
1 mn 28 sec.	8800 av J.C.	Première ville connue en Asie Mineure
1 mn. 30 sec.	8300 av J.C.	Fin de l'Age Glaciaire
1 mn 47 sec.	8700 av. J.C.	Premiers animaux domestiqués
3 mn	16000 av J.C.	Pic de froid de l'Age Glaciaire, blé et orge cultivés en Egypte
4 mn. 20 sec	26000 av J.C.	Extinction de l'homme de Néanderthal
5 mn	28000 av J.C.	Peintures de la grotte Cosquer
10 mn.	58000 av J.C.	L'homme de Néanderthal enterre et fleurit ses morts
12 mn	70000 av. J.C.	Début du dernier âge glaciaire
16 mn 40 sec	98000 av J.C.	Des hommes anatomiquement modernes vivent en Afrique
38 mn 33 sec	230000 av. J.C.	Apparition de l'homme de Néanderthal
1 heure	600000 av J.C	Premier <i>Homo sapiens</i> archaïque
2 heures 46 mn	1 million d'a.	<i>Homo erectus</i> émigre hors d'Afrique
3 heures 53 mn	1,4 m.a..	<i>Homo erectus</i> maîtrise l'usage du feu
5 heures	1,8 m.a..	<i>Homo erectus</i> apparaît
6 heures 40 mn	2,4 m.a..	<i>Homo habilis</i> apparaît / outils de pierre
16h 42mn – 19h 27mn	6-7 m.a..	Toumaï premier Hominidé
19 heures 27 mn	7 m.a..	L'ancêtre commun des humains et des chimpanzés vit en Afrique
1 jours 16 heures	15 m.a..	L'ancêtre des orangs-outans diverge
7 jours 12 heures	65 m.a..	Collision de la Terre avec un astéroïde provoquant un cataclysme et l'extinction des dinosaures
11 jours	95 m.a..	Les premiers primates apparaissent
13 jours 5 heures	114 m.a..	Les mammifères placentaires apparaissent
20 jours 6 heures	175 m.a..	Jurassique : apogée des Dinosaures
36 jours 6 heures	313 m.a..	Apparition des premiers reptiles
49 jours 5 heures	425 m.a..	Premiers poissons cartilagineux
77 jours 13 heures	670 m.a..	Apparition des méduses et des vers plats
150 jours 11 heures	1300 m.a	Premières plantes
1 an 86 jours 10 h.	3900 m.a	Apparition d'une bactérie capable de synthétiser la lumière
1 an 98 jours	4000 m.a	Apparition de la vie sur Terre
1 an 161 jours 15 h	4550 m.a	Formation du système solaire
3 ans 352 jours	12500 m.a	Formation du premier système d'étoiles dans l'univers
4 ans 102 jours 12 h	13500 m.a	Big Bang : naissance de l'univers

En millions d'années



2. Le timing de l'évolution humaine

- Étant donné que l'homme moderne, comme les autres espèces animales, est le fruit de la sélection naturelle, il est important de resituer les caractéristiques de son mode de vie aux différentes étapes de son évolution.
- En effet, les derniers millénaires ont vu une transformation particulièrement rapide de l'environnement de notre espèce.
- On peut se demander si les conditions environnementales qui ont fait – biologiquement – de notre espèce ce qu'elle est actuellement ne sont pas davantage celles de l'époque néolithique que celles des derniers millénaires.

- Si l'on se réfère aux données géologiques, voici ce que l'on constate:
 - Le **premier primate** est apparu il y a **95 millions d'années**.
 - **Premières empreintes d'hominidés: 3,6 millions d'années**
 - On pense que le **premier *Homo sapiens* archaïque** est apparu il y a **600 000 ans**.
 - Mais la certitude d'avoir un ***Homo sapiens* anatomiquement moderne** date de **100 000 ans** (Afrique du Sud).
 - Les **premières peintures rupestres** datent d'environ **30000 ans**.
 - Les **premières traces d'agriculture** datent d'il y a **18000 ans**.
 - Les **premières domestications d'animaux** datent de **10700 ans**.
 - La **première ville connue** (Catal Huyuk en Asie Mineure) date de **8800 ans**.

- Pour fixer les idées, en temps subjectif (la vie est apparue sur terre il y a 1 an 98 jours) voici ce que cela donne:
 - Les premiers primates existent depuis 11 jours; les tout premiers hominidés existent depuis 10 heures; notre espèce existe depuis 1 heure mais nous avons notre anatomie moderne depuis 16 minutes 40 secondes.
 - Nous cultivons la terre depuis 3 minutes.
 - Les premiers animaux domestiques datent de 1 minute 47 secondes.
 - Notre première ville est née il y a 1 minute 28 secondes
 - La révolution française a eu lieu il y a 2 secondes.
 - Nous avons touché notre premier ordinateur il y a 1/2 seconde.

- En temps subjectif, il apparaîtrait donc que l'homme moderne a été façonné par l'évolution durant 16 minutes quarante secondes et sur cette durée:
 - nous ne cultivons la terre que depuis 3 minutes
 - nous n'avons un mode de vie urbain que depuis 1 minute 28 secondes
 - nous n'élevons des animaux domestiques que depuis 1 minute 47 secondes
- Ce qui signifie que pendant au moins 13 min 40 sec nous étions chasseurs - cueilleurs, c'est-à-dire pendant environ 82 % de la durée d'évolution de notre espèce (*Homo sapiens sapiens*) dans son milieu d'origine.
- On peut alors se demander si cela n'est pas à la base de certains « ratés » dans l'adaptation de l'homme au milieu qu'il modifie avec une ampleur et un rythme croissant...

3. Le *mismatch* (ou la rencontre de notre « vieux » génome avec le monde moderne)

- Morphologiquement, physiologiquement, et comportementalement, durant quelques centaines de milliers d'années dans notre environnement d'origine, la sélection naturelle nous a façonnés comme **chasseurs-cueilleurs**.



- Nos ancêtres avaient une vie de **primates sociaux** vivant dans de petits **groupes hiérarchisés**.
- Avec l'avènement de **l'agriculture et de la civilisation**, la plupart abandonnèrent leur type de vie de chasseurs cueilleurs.
- A partir de ce moment leur **mode de vie s'est drastiquement modifié**.
- La notion de *mismatch* désigne une certaine non-adéquation entre l'environnement actuel et le déterminisme physique et comportemental de l'Homo sapiens.



A. Évolution physique d'*Homo sapiens* / mode de vie / régime alimentaire

- Les études des squelettes des *Homo sapiens* vivant durant le dernier Age Glaciaire (30000 (5') à 15000 ans) indiquent qu'ils étaient **en moyenne plus grands** que les *H.s.* modernes.
- Ils avaient des **physiques puissants** et robustes, d'excellentes dents sans traces de caries.
- Leur **volume cérébral moyen** était plus important que celui des humains modernes.
- Mais **lorsqu'on les compare aux humains occidentaux d'avant l'ère industrielle**, les différences sont encore plus importantes.
 - Comment peut-on expliquer ce phénomène?

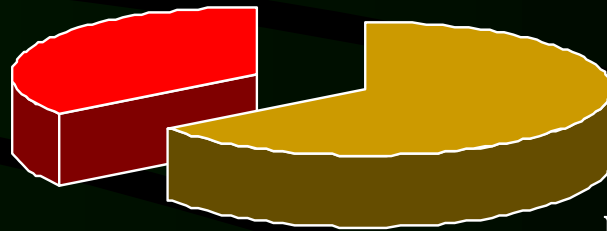
- Avec l'avènement de l'agriculture il y a environ 10000 ans, les restes de squelettes montrent une **nette détérioration de la santé physique**.
 - Important **déclin de la stature générale et de la robustesse**
 - Signes de **maladies dégénératives** du squelette
 - Ces manifestations de **carences alimentaires** persistent jusqu'à une époque relativement récente.
 - Ex.: La plupart des hommes modernes auraient des difficultés à revêtir une armure moyenâgeuse.
 - Le passage à l'agriculture est probablement la **conséquence d'une carence à grande échelle des espèces gibiers qui a imposé un changement de style de vie**, plus que la découverte « soudaine » d'une horticulture de base.
 - Que des plantes comestibles pouvaient pousser à partir de leurs graines plantées dans le sol était probablement un **savoir fréquent avant que l'agriculture extensive ne devienne une pratique courante**.
 - Cette pratique a amené l'humanité à un point de non-retour...

- En effet, l'agriculture permet la **production de grandes quantités d'un seul ou de quelques types d'aliments**, le plus souvent des céréales.
- Cet apport calorique **a permis une augmentation considérable des populations humaines** mais...
- Le caractère uni-dimensionnel du régime alimentaire a eu pour conséquence de **profondes déficiences nutritionnelles**.
 - A minima lorsque ces carences ne provoquent ni maladies ni « anormalités », elle peuvent avoir pour conséquence une **stature réduite**.
- Ce n'est **qu'au 20ème siècle** que les progrès dans le transport, la production et le stockage de la nourriture ont permis à la majorité des individus de notre société **d'accéder à une alimentation riche, variée, nutritionnellement plus complète** et proche de celle de nos ancêtres.
- Mais cette amélioration, en rendant possible une alimentation équilibrée ne la rend pas pour autant systématique : **d'autres problèmes émergent liés au « mismatch »** entre notre « ancien » génome et notre style de vie moderne.

❖ synthèse

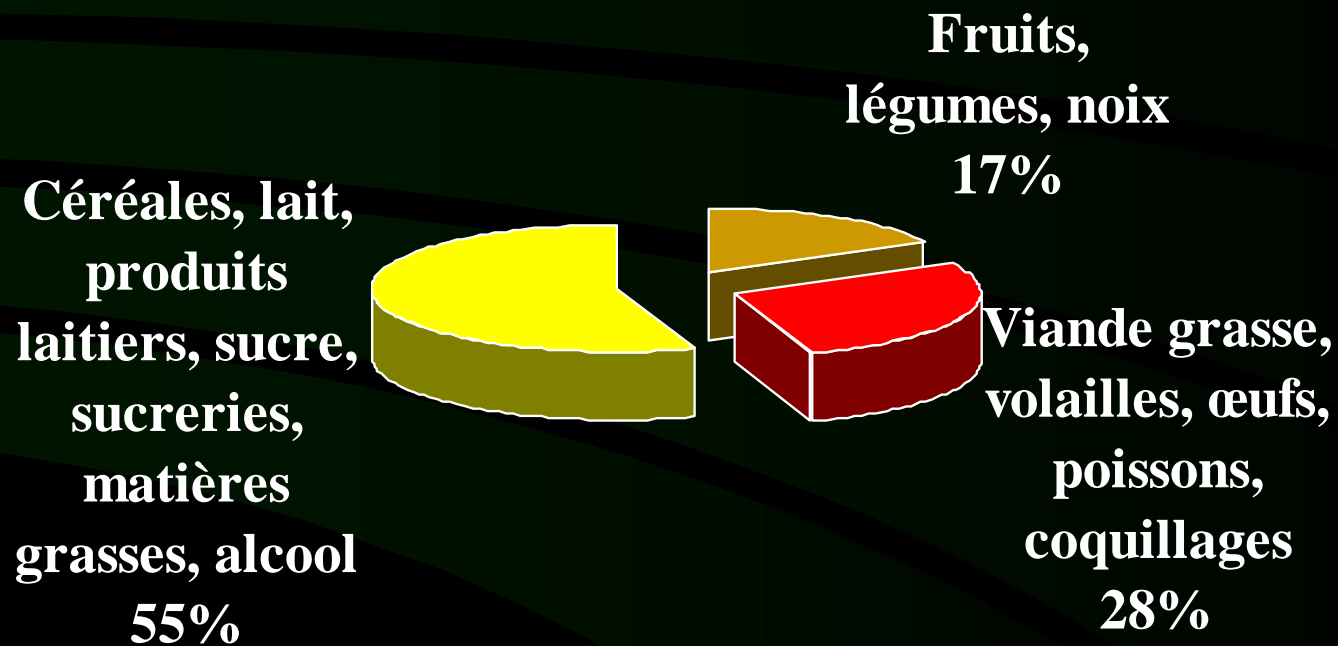
Sources d'énergie des chasseurs cueilleurs

**Gibier maigre,
volailles
sauvages, œufs,
poissons,
coquillages
35%**



**Fruits,
légumes, noix,
miel
65%**

Sources d'énergie des américains actuels



- Le **niveau de cholestérol** pour les **occidentaux modernes** est de **200 mg / dl**; il n'y a pas si longtemps des niveaux de **300 mg / dl** étaient **considérés comme normaux**.
- Chez les **peuples traditionnels actuels de chasseurs cueilleurs**, ce taux est d'environ **125 mg / dl**. Ils prennent environ **20 à 25 % de leur énergie en graisses** ce qui est inférieur aux standards modernes.
- Il est à noter que la **viande de gibier** est **beaucoup moins grasse** que la **viande d'animaux d'élevage** (**4 % / 20 %**).
- En conclusion, chez les chasseurs cueilleurs, **l'apport important en protéines animales se fait en association avec une importante consommation de légumes et de fruits avec peu de graisses**.
 - **Contraste avec les pays industrialisés où les régimes très protéinés se font en association avec de faibles quantités de fruits, légumes, et autres fibres.**

B. Les conséquences du *mismatch* alimentaire sur la santé

➤ Face à face:

- Un homme « traditionnel » chasseur-cueilleur dont la recherche de protéines animales passait par un exercice physique et la consommation d'une viande maigre associée à celle de nombreux fruits et végétaux
- Un homme « moderne », urbain, dont la recherche de protéines animales est souvent associée à une activité sédentaire et aboutit à la consommation d'une viande grasse, à laquelle s'ajoutent d'autres substances grasses mais peu de fruits et végétaux

➤ Si l'organisme humain est encore pour une grande part celui du chasseur-cueilleur, on peut comprendre les incidences importantes qu'on pu avoir une disponibilité sans effort des protéines animales associées à davantage de graisses.

- Le nombre de cancers du colon et du sein est corrélé à une importante **consommation de graisses sans apport suffisant d'antioxydants** présents dans les fruits et les végétaux.
- Si les chasseurs-cueilleurs ont un apport en **hydrates de carbone** comparable à celui des occidentaux modernes, il est très différent:
 - chez les derniers il provient de **produits raffinés** (sucres, farines)
 - chez les premiers provient de **fruits et légumes**.
 - Chez les chasseurs-cueilleurs, l'apport en sels minéraux et vitamines dépasse ainsi de loin ce qui est prescrit par les nutritionnistes actuels.

- Le sodium (sel) et le potassium sont absolument nécessaires pour notre fonctionnement neurologique et musculaire, la vie ne peut exister sans eux
 - L'organisme ne retient pas le potassium qui se trouve dans de nombreux végétaux et notamment les fruits.
 - En revanche, l'organisme retient le sodium qui a longtemps été une denrée rare pour les peuples qui ne vivaient pas près des côtes marines.
- Mais le sel est à présent une denrée courante et même sur employée dans beaucoup de préparations.
 - Nous avons en conséquence une appétence très forte pour le sel qui est retenu par notre corps et nous amène donc rapidement à des consommations excédentaires.
 - La principale conséquence en est l'hypertension artérielle.
 - Celle-ci, associée avec les excédents de cholestérol va déterminer des problèmes cardiovasculaires et leurs conséquences directes: des attaques cardiaques.

C. *Le mismatch* entre les facteurs stressants modernes et nos mécanismes archaïques de défense

- Les facteurs stressants pour nos ancêtres préhistoriques étaient:
 - Les attaques de prédateurs
 - Les interactions agressives avec les congénères
 - Les accidents liés aux aléas de l'environnement
- La réponse dans chacune de ces circonstances était une **activation du système nerveux autonome associée à une réponse combat / fuite**
- Le système nerveux sympathique, qui orchestre la réponse, prépare et active alors les organes dans une **disposition facilitant la fuite ou l'attaque.**

- Les effets immédiats:
 - Augmentation du **rythme cardiaque**,
 - Les vaisseaux sanguins envoient **davantage de sang dans les grands muscles du corps**
 - Les **pupilles se dilatent** permettant de capter plus d'informations
 - Les systèmes digestifs, immunitaires et reproductifs – non prioritaires dans cette situation – **sont inhibés**.
 - **Transformation des réserves du corps en glucose** disponible pour les muscles et le cerveau
 - Les **protéines des muscles** peuvent être **transformées en glucose**.
- La fonction:
 - **Fournit l'influx physique nécessaire pour faire face à une situation d'urgence**: ex soulever une masse lourde pour sauver quelqu'un.
 - Mais dans beaucoup de situation de la vie courante ces **manifestations physiologiques sont inadaptées**:
 - ex: assis dans une voiture, en colère contre d'autres conducteurs, les dispositions physiques ne pourront être utilisées et les acides gras mobilisés circulant dans le sang se déposeront en plaques dans les artères menant à l'artériosclérose.

- Face à face:
 - Un homme « traditionnel » chasseur-cueilleur qui vit des situations de stress « concrètes » face auxquelles ses capacités physiques amplifiées seront adaptées pour « gérer » dans les meilleures conditions sur le registre fuite / attaque.
 - Un homme moderne « urbain » confronté à des expositions répétées à des situations stressantes face auxquelles les capacités physiques amplifiées ne sont le plus souvent que d'une utilité faible ou nulle.
- Surmultiplication d'agents stressants avec faibles possibilités de réactions:
 - Les moyens accrus et modernes de communication confrontent l'individu à des images imprévues et souvent violentes.
 - Les situations de promiscuité subies avec une foule de personnes inconnues que l'on doit « subir » passivement.
 - Des situations d'agressions sans échappatoires dans le cadre professionnel (cf. concept actuel de harcèlement moral) ou dans le cadre de la conduite automobile par exemple.

• Conséquences sur l'état de santé:

- **Artériosclérose** (dépôts formant des plaques dans les artères pouvant conduire à une rupture)
- Sécrétions importantes d'acidité gastriques: formation d'**ulcères**.
- **Dépression du système immunitaire** pouvant amener à une **sensibilité accrue aux agents infectieux**.
- Accélération du fonctionnement cérébral, par action des glucocorticoïdes pouvant à la longue mener à la perte de neurones voire à des **déficits cognitifs**.
- Des études récentes ont mis en évidence une **réduction significative du volume de l'hippocampe** (structure cérébrale) chez des individus ayant des désordres post traumatiques.

• La réaction au stress est-elle totalement inadaptée?

- Les **conséquences néfastes** du stress ne se manifestent le plus **qu'au delà des premiers accouchements**.
- Ainsi, dans le « calcul » de la sélection naturelle, **un système de réponse au stress qui permet de survivre jeune à une urgence occasionnelle sera maintenu même s'il produit une mort prématurée**.

D. *Mismatch* et santé mentale

- Un indicateur important est le **nombre croissant de dépressions majeures** au cours de l'époque contemporaine.
 - Des Américains nés avant 1905, seulement 1% avait eu un épisode de dépression arrivés à 75 ans.
 - Des Américains nés après 6 % ont eu un épisode de dépression majeure à l'âge de 30 ans.
 - On estime à l'heure actuelle que 23.1% de la population des USA développera des symptômes dépressifs durant leur vie.
- Les dépressions peuvent avoir **d'autres conséquences sur la santé**.
 - Une étude faite sur des personnes de 45 ans et plus montre qu'un état dépressif augmente de 50 à 100 % la probabilité d'avoir une attaque cardiaque.
- On peut se demander **pourquoi avec le confort et le temps libre associé à la vie moderne, un problème comme la dépression est-il en augmentation?**

- Une cause possible est liée à l'**excès de nourriture associé à un certain relâchement physique** qui rend plus difficile la gestion du stress.
- Une seconde cause est qu'à la fois **le travail est moins exigeant sur le plan physique mais nous en avons de plus en plus**.
 - La plupart des chasseurs-cueilleurs actuels travaillent **quelques heures un ou deux jours avec un ou deux jours « off »** entre les deux. (Elliot, 1998)
 - Ces peuples ont aussi des **variations saisonnières d'activité: davantage durant le printemps et l'été lorsque les conditions sont plus favorables; l'hiver est généralement un temps de repos**.
 - Il existe une forme de dépression appelée dépression saisonnière rendant les individus léthargiques durant les mois d'hiver aux jours courts et nuits longues (traitement par lumière artificielle → baisse de la mélatonine produite par glande pinéale).
- Une autre cause, évoquée précédemment, est la **vie urbaine qui confronte les individus à des foules d'inconnus** ce qui n'est que rarement le cas dans un mode de vie traditionnel.

E. Mismatch et toxicomanie

- Il peut sembler surprenant que les conduites addictives, bien que préjudiciables pour la santé, soient aussi répandues.
 - Pour quelle raison la sélection naturelle a-t-elle pu rendre possible la pratique courante de la toxicomanie?
- En fait, le cerveau a évolué en développant des **mécanismes de récompense** – synonymes de bien-être - associés à certains **comportements** encourageant ainsi leur réplication.
- Ces centres de renforcement sont situés dans des zones du cerveau (lobe frontal moyen, nucleus accumbens). Ils fonctionnent avec un neurotransmetteur: **la dopamine**.
 - Chaque fois que l'individu est engagé dans un comportement essentiel pour la survie: manger lorsqu'il a faim, boire lorsqu'il a soif, **les circuits dopaminergiques sont activés** et l'organisme éprouve du plaisir.
 - C'est sur cette adaptation que vont prendre appui les addictions qui vont **détourner** les « bonnes » adaptations initiales...

- La plupart des drogues, directement ou indirectement, **stimulent les circuits dopaminergiques et les centres de renforcement cérébraux.**
 - Par exemple la cocaïne, absorbée par la muqueuse nasale, est transportée par le système artériel jusqu'aux centres de renforcement: la **cocaïne exerce son action en bloquant la recapture de la dopamine au niveau synaptique.**
 - En conséquence, par la cocaïne, **un individu peut stimuler les centres de renforcement de son cerveau en dehors des nécessités biologiques.**
- L'alcool agit à la fois sur le **principe du renforcement négatif et positif:**
 - Négatif (*éviter le désagréable*): l'éthanol **endort** la source de douleur physique ou psychologique en coupant la source de déplaisir.
 - Positif (*chercher l'agréable*): simultanément il procure une stimulation indirecte du *nucleus accubens* procurant **l'effet grisant.**
- Le cas du **tabac** est particulièrement intéressant: il s'agit du **plus grand agent cancérigène connu.**
 - Le fait qu'il soit originaire du continent américain et ne soit introduit dans le monde que depuis quelques centaines d'années n'aurait pas laissé assez de temps à l'humanité pour évoluer en se préservant de ses effets toxiques.

IV. La base des relations sociales



1. La compétition intra-groupe : fondements et conséquences

A. Mise en évidence

- On constate que chez beaucoup d'animaux il existe des **relations et des comportements de dominant à dominé**.
- La hiérarchie de dominance est définie comme un **ensemble soutenu de relations de type agression-soumission dans un groupe** (Wilson, 1975).
- Bernstein (1981) a défini les relations de dominance comme constituant une **relation apprise, basée sur une rencontre agressive préalable**, entre deux individus dans un groupe.
 - Par rapport à ce critère ce sont **principalement les oiseaux et les mammifères** qui forment de vraies hiérarchies de dominance.
 - Les **relations restent relativement stables** et elles sont basées en partie sur le **souvenir que les sujets ont de précédentes rencontres agresses** avec les membres du groupe.
 - Chez les poules, les hiérarchies (*pecking order*) sont souvent linéaires tandis que chez les **espèces complexes comme les primates**, on constate, on observe que les hiérarchies ne sont pas forcément **linéaires**, c'est-à-dire que A d B et B d C mais C peut d A

- Les hiérarchies de dominance peuvent être considérées comme des compromis entre les bénéfices liés à la vie en groupe associés à la compétition pour la nourriture, les partenaires, les sites de reproduction et autres ressources limitées (Alcock, 1984).
 - Les bénéfices de la vie dans un groupe social sont innombrables: protection contre les prédateurs, multiplie les chances de trouver de riches sources d'alimentation, améliore la chasse
 - Mais il existe donc une compétition à l'intérieur d'un groupe pour l'obtention des bénéfices.
 - o Espèces les plus primitives: l'accès aux ressources est un rapport de forces.
 - o Animaux plus évolués: les confrontations sont généralement évitées car les individus mémorisent les interactions précédentes.
 - Les gains associés à un statut élevé sont considérables:
 - o Les primates de rang élevé ont moins de risques de mourir durant les périodes de restrictions de ressources.
 - o Chez la plupart des espèces, un statut de dominant est étroitement lié à un meilleur succès reproducteur.
 - o Chez les babouins, on constate que si d'autres mâles peuvent accéder aux femelles, les dominants monopolisent néanmoins les femelles en œstrus.

B. Les attributs et signaux de la dominance

- Même si, chez l'homme, la relation dominant / subordonné passe souvent par ses capacités cognitives très évoluées, des **principes plus archaïques** sont mis en œuvre.
- Ainsi, les humains, comme les autres animaux s'attachent à des **attributs physiques plus « primitifs »** pour créer des hiérarchies sociales.
 - Aux USA, 82% des élections présidentielles ont été gagnées par le **candidat le plus grand**.
 - Les **salaires des hommes** sont positivement corrélés avec leur taille (Gillis 1982).

- Les signaux associés aux statuts de dominants et de subordonnés présentent des **invariants interspécifiques** (grands primates, loups...).
 - Quand il rencontre un dominant, un dominé **détourne le regard, baisse la tête et incline le corps**;
 - Le dominant adopte une **posture dressée** et un **regard direct et continu**.
 - Le dominant adopte une **attitude nonchalante**, relaxée, un **port confiant**;
 - Par contraste le dominé semble **nerveux et agité**.
- Darwin (1872) avait fait un parallèle entre ces attitudes et les expériences subjectives de fierté et de honte:
 - **Fierté = dominant; Honte = dominé**
- Il semble que ces **expériences subjectives soient associées à d'autres constructions psychologiques** et ne se réduisent pas à des sentiments appris.
 - Il existe des profils types comportementaux.

- Les émotions de honte et de fierté **se retrouvent dans toutes les cultures** (Edelmann, 1990)
 - Elles apparaissent entre **2 et 3 ans** (Weisfeld, 1999)
 - Fierté: attitude **dressée, expansive, relaxée, contact direct avec les yeux** dans la conversation...
 - Honte: **attitude inclinée, sourire crispé, rougissement, évitement du regard.**
- Rôle du **cortex orbitofrontal** (Carlson 1998)
 - Des dommages dans cette zone ont pour conséquence l'absence de ces émotions
- Les niveaux de **sérotonine** (neuromédiateur) et de **testostérone** sont **positivement corrélés avec le sentiment de domination** et **négativement corrélés avec la soumission** (Masters & McGuire 1994; Mazur, 1983)
 - On retrouve cette configuration chez d'autres espèces ce qui plaide pour le **fondement phylogénétique de ces émotions et des comportements qui leur sont associées.**

C. Compétition intra- groupe / intelligence

- Le fait de **vivre en groupe** **favoriserait l'intelligence** / à un mode de vie territorial.
- **Carlier et Lefebvre (1996)** ont comparé **deux populations** d'une même espèce de tourterelle tropicale *Zenaida aurita*
 - Une, vivant territorialement à **forte agressivité intraspécifique** et s'alimentant seule ou en couples
 - Une autre, vivant et s'alimentant en grands groupes à **faible agressivité intraspécifique**.
- Ils ont mis en évidence que les **oiseaux vivant et s'alimentant en groupe** avaient de meilleures performances d'apprentissage que les oiseaux territoriaux.



Zenaida aurita

- Le simple fait de vivre dans un groupe serait un stimulant de l'intelligence dans la mesure où il existe toujours une prise en compte des congénères dans les actions entreprises:
 - Implique de plus grandes capacités d'adaptation de la part des individus.
- Mais plus particulièrement, l'évolution de l'intelligence pourrait être étroitement associée aux relations de domination s'exerçant dans un groupe (Cummins, 1991).
 - Inférer, prévoir et manipuler le comportement des autres dans un groupe confère des avantages considérables :
 - Au cours de l'évolution, les individus sociaux possédant cette capacité auraient eu une meilleure *fitness*.
 - Conséquence : « course aux armes » pour une intelligence sociale « manipulatrice » de plus en plus importante.
- Une telle « course aux armes » est facilitée dans une configuration où s'exerce une hiérarchie de dominance.

- Le **volume du néocortex cérébral** est corrélé avec les **tailles des groupes** chez les différentes espèces de primates.
 - Une interprétation serait que les primates ne peuvent maintenir la cohésion d'un groupe s'il surpasse une **taille fixée par leur capacité cognitive à mémoriser les relations à l'intérieur de ce groupe**.
 - Un **plus grand groupe** requiert plus de capacité de mémoire et une **meilleure capacité pour le raisonnement inférentiel**.
- Ce type de raisonnement inférentiel en contexte social a été démontré chez plusieurs espèces de primates.
 - Curieusement, chez le chimpanzé, lorsque les opérations d'inférences transitives **portent sur des objets**, les associations ne peuvent être formées qu'après de nombreuses associations mais...
 - ...le chimpanzé devient **capable de faire facilement des inférences transitives lorsqu'il s'agit des relations dans leur groupe social**.
- Les **enfants humains** présentent une dissociation similaire entre le **raisonnement transitif portant sur les objets / congénères**.
 - Ils sont capables de faire **le second dès 3 ans**, le premier n'étant solide qu'à l'âge de **6 ans** (Smith, 1988)

2. Coalitions et alliances

- Pour **maintenir un statut élevé** ou l'améliorer, les **primates doivent nouer de fortes alliances** avec des individus non apparentés.
- Le maintien de telles alliances dépend de la **formation d'obligations réciproques**.
 - Certains singes sont **plus enclins à répondre aux appels d'un non-parent si l'appelant l'a récemment épouillé (*grooming*)**.
 - ❖ Les alliances les plus solides se font entre les individus qui s'épouillent fréquemment (Cheney & Seyfarth, 1990)
- Les études sur la formation d'alliances et de coalitions parmi les primates non-humains témoignent d'une **grande capacité de raisonnement au sujet des obligations et en particulier des obligations réciproques** (Cummins, 1996).
- Les hiérarchies de dominances basées sur des relations stables sont observées chez de nombreuses espèces :
 - Chez les plus complexes comme les **primates supérieurs**, les hiérarchies ne sont pas strictement linéaires et les **coalitions et les alliances sont formées et facilitent la mobilité des individus dans ces hiérarchies**.

3. Compétition intra-groupe et contexte

- Des observations éthologiques faites sur des enfants d'âge pré-scolaire, des adolescents et des adultes en prison ont mis en évidence que **les humains forment des relations hiérarchiques** (Austin & Bates, 1974; Savins-Williams, 1976; Strayer, 1975).
- Mais les **chasseurs-cueilleurs contemporains semblent avoir une structure sociale plutôt égalitaire** (Erdal & Whiten, 1994).
 - Même lorsqu'un individu est particulièrement habile dans le cadre de la chasse, il ne pourra, pour cette raison, imposer une domination personnelle.
 - La même chose s'applique dans le cadre du partage de la nourriture; le sentiment partagé est: « **personne ne peut partir avec plus que moi.** »
 - Il arrive cependant que **ceux qui ont plus essaient d'éviter de partager et que ceux qui ont moins essaient de voler.**

- En fait, pour comprendre le fonctionnement d'un groupe, il faut prendre en compte un contexte plus large:
 - Chasser est une activité à haut risque: la coopération de plusieurs individus est plus rentable que les efforts d'une personne seule;
 - De plus, quand un grand animal est tué, un chasseur ne pourrait en utiliser qu'une petite partie pour lui et sa famille, le reste pourrirait.
- Dans cette configuration le partage rapporte plus qu'il ne coûte.
- Cela signifie que la notion de partage s'est inscrite très tôt dans l'évolution de l'espèce humaine.
- C'est à partir du moment où l'agriculture et l'élevage se développent que le système égalitaire chasseur-cueilleur n'a plus fonctionné comme stratégie sociale principale.

- Il devient alors possible pour certains individus de thésauriser des ressources et de centraliser le pouvoir: un nouveau système de domination émerge (Betzig, 1993).
- A partir de ce moment, la façon dont l'homme va façonner son environnement aura une influence directe sur ses rapports sociaux.
- C'est ainsi que dans le monde moderne, un même individu peut tour à tour avoir des positions dominantes ou subordonnées selon les situations dans lesquelles il est engagé.
 - Si l'on considère que *l'Homo sapiens* a été façonné par un certain besoin d'égalitarisme social on peut imaginer que les sociétés modernes puissent soumettre l'individu à une certaine souffrance.

4. Les corrélats biochimiques de la compétition intra-groupe

A. Le rôle de la sérotonine (5-hydroxytryptamine = 5-HT)

- Une caractéristique essentielle des individus vivants dans une **organisation sociale hiérarchisée** est leur habileté à contrôler leurs impulsions individuelles.
 - Sans cette possibilité, risque de chaos
- C'est le **cortex frontal** qui est **impliqué dans les régulations sociales complexes**.
 - **Développement maximum chez l'homme** : le rend capable de faire des hypothèses élaborées sur des situations complexes.
- Mais étant donné que des espèces animales aux cortex peu développés sont néanmoins capables de maintenir des relations hiérarchiques, cela suggère **l'intervention de mécanismes plus primitifs**.
 - Ces mécanismes impliqués dans l'inhibition / activation du système moteur et qui se rencontrent à partir des invertébrés utilisent un **neurotransmetteur: la sérotonine**.

- Chez les organismes primitifs solitaires:
 - ↗ sérotonine ↗ activité motrice
 - ↘ sérotonine ↘ activité motrice
 - ❖ bonne opportunité pour s'alimenter: ↗ sérotonine lui permet d'en tirer avantage
 - ❖ présence d'un prédateur: ↘ sérotonine = immobilisation: défense anti-prédateurs
- Avec la complexification des organismes, leur socialisation, ce système s'est modifié / demandes nouvelles.
- Chez le singe vervet, les **niveaux de sérotonine varient avec leur changement de statut** (McGuire & Raleigh, 1975, Raleigh, 1991).
 - Si ↗ artificiellement leur niveau de sérotonine avec du *Prozac*, la conséquence est une **augmentation du rang dans le groupe**.
 - o Les dominants affichent un air de **confiance de soi**, de maîtrise de soi et ont des comportements auto-orientés.
 - o Les subordonnés semblent agités, **facilement perturbés**, et leur comportement semble davantage contrôlé par des stimuli externes plutôt qu'auto-orientés. **Ils ont une tendance à agresser impulsivement.**

- A propos du comportement des subordonnés, des hypothèses sur sa fonction ont été émises :
 - La \downarrow de sérotonine associée à l'inhibition motrice des subordonnés et à un état d'hyper-vigilance est adaptative dans la mesure où elle évite le risque de conflit avec des dominants potentiellement dangereux.
 - L'existence d'une agressivité impulsive (et souvent imprévisible) chez un individu dominé et sans ressources sera sa meilleure chance de se procurer de la nourriture:
 - De la même façon, un subordonné pourra s'accoupler furtivement avec la femelle d'un dominant.
- Un individu de rang moyen aura un mélange de comportements impulsifs et socialement acceptables.
 - Il semble que chez l'homme, comme chez d'autres primates, des facteurs génétiques déterminent un profil à faible activité sérotoninergique associé à des comportements impulsifs.
 - On peut alors s'interroger sur la fonction éventuelle de ces profils...

- Lorsqu'un **groupe est stable** et bien établi, ce type de **comportement jugé « déviant »** est peu adapté.
 - Mais lorsque la **cohérence du groupe est déstabilisée**, ces individus peuvent être **plus aptes à se positionner sur des stratégies alternatives** plus efficaces.
 - Expliquerait le **maintien d'une prédisposition génétique**
- L'histoire développementale (ontogenèse) jouerait un **rôle important** dans la détermination de ces profils:
 - Chez le macaque rhesus, on a montré qu'un **environnement appauvri induit de bas niveaux chroniques de sérotonine** et une disposition aux agressions impulsives (Higley et al 1996)
 - Chez l'homme, des **désordres comportementaux impulsifs ont été mis en relation avec des déficits en sérotonine** (Markovitz, 1995)
- Facteurs **génétiques, ontogénétiques et proximaux** jouent un rôle dans le niveau de sérotonine et ses corrélats comportementaux.
 - La **motivation à avoir un meilleur rang social est le fruit de notre évolution**: corrélation avec l'élévation du niveau de sérotonine et l'amélioration de l'humeur.

- Une combinaison entre \nearrow sérotonine et \nearrow d'hormone de stress est associée à un événement positif:
 - Euphorie, regain d'énergie.
- Une combinaison entre \searrow sérotonine et \nearrow d'hormone de stress est associée à un événement négatif:
 - Anxiété, nervosité puis état dépressif.
- Une médication comme celle du *Prozac* (inhibe la recapture de la sérotonine) peut amener des effets positifs avec toutefois la limite suivante:
 - Un individu sous *Prozac* peut avoir une attitude d'individu « dominant » en décalage avec sa position hiérarchique réelle :
 - Problèmes possibles
- Ainsi, chez l'homme le positionnement dans la hiérarchie sociale sera liée à de nombreux facteurs notamment psycho-sociaux.
 - Un neurotransmetteur comme la sérotonine sera seulement un facilitateur dans le processus.

B. Le rôle de la testostérone

- Hormone reproductrice mâle, elle est **considérée comme intimement liée au rang social** (Mazur & Lamb 1980; Pusey et al. 1997):
 - L'injection de testostérone à des **poulets** a pour conséquence une **↑ de leur rang social**.
 - Chez les **primates**, bien qu'il existe une **corrélation positive** entre le rang et le niveau de testostérone, une **injection de testostérone ne débouche pas sur une ↑ « automatique » du rang**.
 - Il existe juste une **↑ du niveau général d'activité**.
- Ainsi, chez les mammifères supérieurs, la **relation entre la testostérone et le rang social est plus indirecte** que dans le cas de la sérotonine:
 - Quand un individu acquiert un haut rang, il a **davantage d'opportunités d'accouplements** qui en retour déterminent une **plus grande production de testostérone (feed-back)**.
 - La **première fonction** de la testostérone est **d'améliorer la spermatogénèse**, donc **↑ succès reproducteur**, en second **augmente masse musculaire et ↑ succès / confrontations entre mâles**

- Étude menée sur les **niveaux de testostérone de prisonniers masculins** (Ehrenkranz et al., 1974)
 - Ceux qui ont de **hauts niveaux de testostérone** sont des **auteurs de crimes violents**, à défaut ils sont **socialement dominants**.
 - Ceux qui ont les **plus bas niveaux** de testostérone étaient des **non-violents non-dominants**.
- Études menées chez des **sportifs, lutteurs et tennismen**:
 - **↗ de testostérone** constatés juste **avant les compétitions**
 - A l'issue des confrontations, les **vainqueurs ont une ↗** de testostérone, les **vaincus une ↘** (Elias et al. 1980)
 - Quand une **victoire a été acquise par une faible marge**, les deux compétiteurs ont une **↘ du niveau de testostérone**.
- Des **effets similaires ont été constatés chez les supporters**
 - **↗ de testostérone / victoire; ↘ / défaite** (Ellis, 1993)
- Idem pour des **étudiants réussissant leurs examens**.

- Qu'en est-il de l'action de la testostérone sur les femmes?
- Bien que les jeunes femmes aient un pourcentage beaucoup plus bas de testostérone dans leur plasma sanguin que les hommes d'âge équivalent, elles sont proportionnellement plus sensibles à ses effets (Hoyenga, 1993)
- Le rôle de la testostérone semble similaire à ce qu'il est chez les hommes.
 - Joue notamment un rôle dans la domination sociale.
 - Mais des études sur les primates humains et non-humains indiquent que les relations de dominances chez les femelles mettent en jeu davantage de coopération et moins de conflits et de compétition que chez les mâles (Cronin, 1980).

C. Le rôle des hormones de stress

- Fonction des hormones de stress: **mobiliser les réserves d'énergie** dans le corps pour une situation **d'attaque-fuite**:
 - ↗ rythme cardiaque, ↗ pression sanguine; sang pulsé sélectivement vers les grands groupes musculaires.
 - Simultanément, ↘ de l'apport sanguin vers les organes reproducteurs, le système digestif, et d'autres organes non indispensables pour l'attaque-fuite.
- Bien que les **systèmes reproducteur et digestif** soient vitaux, leur fonctionnement est **suspendu** jusqu'à ce que le danger soit parti.
 - Les organismes qui continueraient à investir leur énergie dans la digestion durant une urgence auraient moins de chances de survivre que ceux qui mobilisent leur énergie pour faire face.
- Le **système immunitaire** est lui aussi **déprimé**.
 - Il est **préférable** que les **alertes soient rares et espacées**
 - Si le **stress est chronique et persistant, danger...**

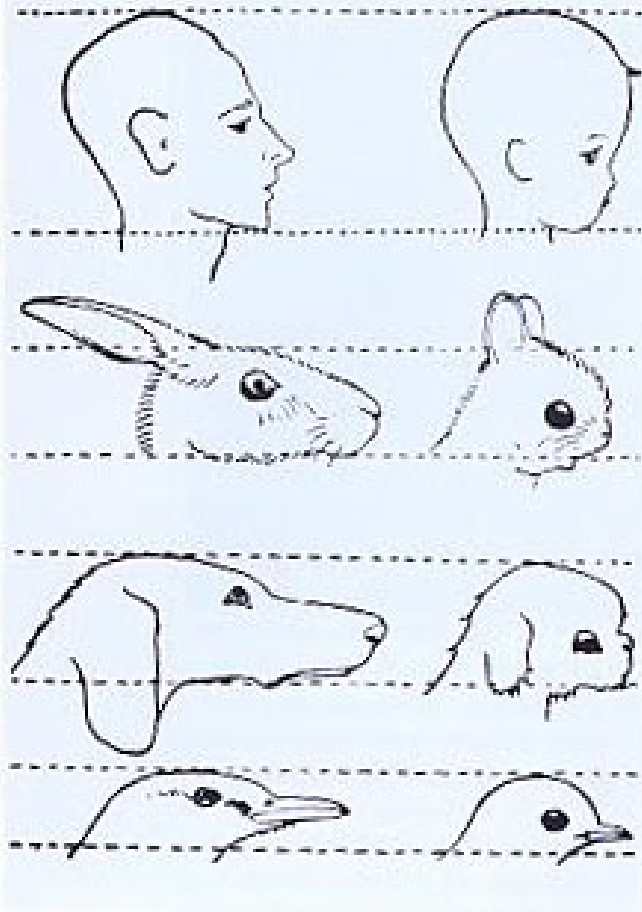
- Des études sur des primates non-humains ont montré que les animaux aux statuts inférieurs avaient des taux élevés d'hormones de stress (hormones ACTH et cortisol) / animaux de statuts élevés (Botchin et al. 1994; Suomi et al. 1989).
 - Ces animaux avaient des poids plus faibles et une réduction significative de leur fonction immunitaire.
- Beaucoup des effets dus au stress chronique sont dus au cortisol:
 - A court terme, le C. transforme l'énergie stockée en combustible.
 - A long terme, le C. mène à l'atrophie des muscles, à l'hypertension, et \searrow les systèmes immunitaire et reproducteur.
- Pour que la réponse attaque-fuite soit la plus efficace, la sécrétion de cortisol doit être basse excepté quand une situation particulièrement menaçante se produit.
 - Chez les babouins, l'animal dominant a un niveau de base de cortisol plus faible que celui des subordonnés mais un pic plus important et plus rapide face à un stress (Sapolsky, 1997)

- Chez les humains, les individus de **faibles statuts socio-éco.** sont plus sujets à une variété de **problèmes de santé** et à une **plus courte espérance de vie** que ceux de statut socio-éco. plus élevé (Brunner, 1997; Stronks et al., 1998).
 - Les **sujets dominants** sont meilleurs pour faire face aux situations **stressantes** que les individus de statuts plus faibles (Rejeski et al., 1989)
- Ces effets induits tendent à rendre « **le riche plus riche et le pauvre plus pauvre** ».
 - Chez les primates non-humains, **les mâles α** ont tendance à être nés d'une femelle α .
 - C'est ce qui également observé chez l'homme dans la mesure où **l'héritage culturel et matériel** tend à donner à ceux qui en bénéficient les meilleurs atouts pour occuper à leur tour des **positions dominantes**.
 - Ce processus, en rupture avec ce qui se passait chez le chasseur-cueilleur, a un effet « **boule de neige** » en raison de la constitution de patrimoines transmissibles. **Il rend plus difficile à ceux qui ont peu de bien d'atteindre des positions dominantes.**

5. De l'investissement parental au comportement social

A. *Kin selection et Inclusive fitness*

- Chez les vertébrés, les **types de comportements altruistes et coopératifs** ont évolué à partir des **soins à la progéniture**:
 - Le **niveau d'organisation sociale des vertébrés** est généralement **directement relié au niveau d'investissement parental**.
 - o Chez les **reptiles**, à l'exception des crocodiles, il existe **peu d'investissement parental** et parallèlement **peu de comportement social**.
 - o Chez les **oiseaux**, **l'investissement parental est important**. Parallèlement, il existe des **comportements coopératifs** pour mettre en échec les prédateurs (*mobbing*), et des aides de certains individus pour élever d'autres couvées.
 - o Chez les **mammifères**, l'altruisme dirigé des parents vers la progéniture est facilement transféré vers d'autres individus apparentés. Une étude faite sur des écureuils montre que le degré d'altruisme manifesté est proportionnel au degré de parenté (Sherman, 1977, 1980).
- Les jeunes des animaux prenant soin de leur progéniture présentent des **invariants physiques** caractéristiques (*Inate Releasing Patterns*) qui agissent comme « **déclencheurs** » de soins et **inhibiteurs de l'agressivité**.



L'homme répond lui aussi à des stimuli déclencheurs. Ainsi, les proportions du jeune enfant, de la gerboise, du pékinois ou du rouge-gorge, suscitent chez l'homme des réactions de soin envers ces êtres «mignons» (colonne de droite). En revanche, des êtres voisins tels l'homme adulte, le lièvre, le chien de chasse ou le loriot ne déclenchent pas les mêmes réactions (colonne de gauche). Cette planche est extraite des Essais sur le comportement animal et humain de Lorenz (1965)

On peut constater des constantes de transformation « bébé \Rightarrow adulte » entre ces espèces pourtant très différentes.
(cf. *Inate Releasing Patterns*)

- Chez l'homme le **principe d'inclusive fitness** peut rendre compte des **relations avunculaires** dans certaines sociétés.
 - Dans ces sociétés, **l'oncle maternel** joue un **plus grand rôle** que le père dans l'éducation des enfants que le **mari de la mère**.
 - Le père biologique a **50% de ses gènes en commun avec son enfant biologique** tandis que **l'oncle a seulement 25%** en commun avec son neveu ou nièce.
 - Si la **paternité est certaine** la théorie prédit que **ce devrait être le père qui s'investisse dans l'éducation de l'enfant**, pas l'oncle.
 - La **relation avunculaire** devrait apparaître uniquement dans les **sociétés où l'incidence de l'adultère est important**, et de fait la paternité incertaine...
- C'est exactement ce qui est **démonstré empiriquement** (Alexander, 1974; Hartung, 1985)

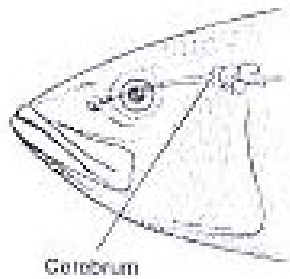
B. L'altruisme réciproque

- Le dilemme du prisonnier nous montre que quand une situation est amenée à se reproduire, la meilleure décision est une coopération conditionnelle de type *Tit for Tat*.
- La stratégie *Tit for Tat* suggère que l'altruisme réciproque peut être très adapté, si des mécanismes de « maintien de l'ordre » adéquats se mettent en place.
 - Trivers (1991) cite par exemple « l'agression morale » contre les comportements non coopératifs, le sens de la justice, et une capacité pour détecter la tricherie.
 - Cosmides & Tooby (1992) ont amassé des éléments empiriques suggérant l'existence de mécanismes cognitifs spécialisés pour détecter les violations de contrats sociaux.
 - Ces mécanismes sont appelés « détecteurs de tricheurs »: Mealy (1993) a trouvé des éléments plaidant pour une mémoire sélective des visages de tricheurs.

- Les primates non-humains ont des **habiletés très sophistiquées pour exprimer des émotions et répondre à celles d'autrui**.
 - Des études neurologiques mettent en évidence des **zones spécialisées dans le cerveau** (lobe temporal inférieur, amygdale) pour la **reconnaissance des visages** (Brothers, 1990)
 - Certains comportements sociaux de ces animaux montrent qu'ils seraient capables **d'interpréter des signaux sociaux pour faire des suppositions sur la motivation de leurs congénères**.
 - Brothers (1989) va plus loin et considère que la communication émotionnelle chez les primates a atteint un tel stade de sophistication **qu'elle fournit les bases de l'empathie**.
 - L'empathie faciliterait certaines formes de comportement altruistes
- Les spécialisations cognitives en jeu dans l'altruisme réciproque incluent **l'habileté à prévoir le comportement d'autrui, de le manipuler, et de détecter les tentatives des autres de nous manipuler**.
 - Cette capacité que l'on observe à partir des grands singes est qualifiée de « **theory of mind** ».

Comparaison interspécifique: importance du cortex frontal chez l'homme et le chimpanzé

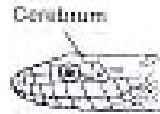
Striped Bass



Leopard Frog



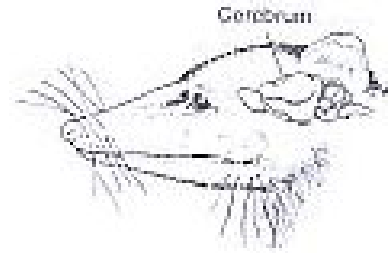
Grass Snake



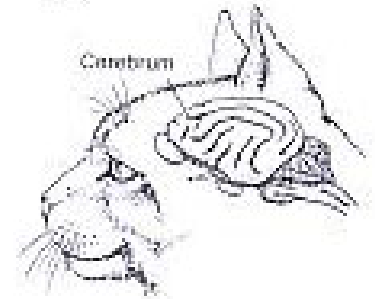
Pigeon



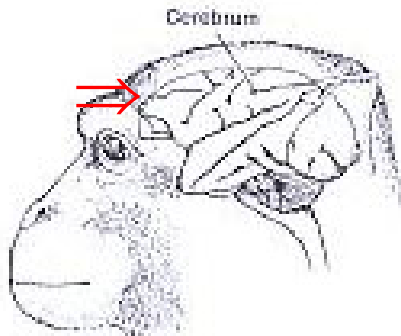
Opossum



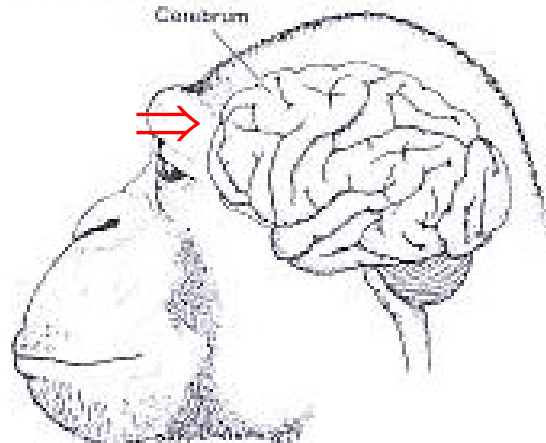
Cat



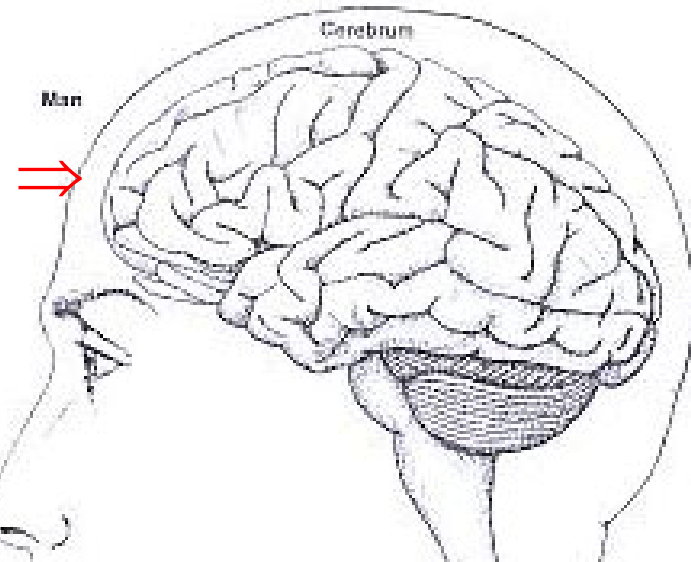
Macaque Monkey



Chimpanzees



Man



- Dans les **petits groupes humains** existant à l'origine, on pense qu'il était facile pour les individus de mémoriser les **échanges et coopérations éventuels**.
- Durant ces derniers 10000 ans, avec **↗ population**, il y a probablement eu des pressions sélectives pour l'évolution d'une **habileté inconsciente à estimer la probabilité qu'un étranger rende une faveur ou un service**.
 - A partir d'un modèle mathématique, Thompson (1980) démontre que lorsque la **probabilité d'une réciprocité décroît**, la **probabilité de l'occurrence d'un acte altruiste décroît aussi**.
 - Une étude va dans ce sens: l'augmentation du crime chez les grandes populations urbaines est expliqué par le fait qu'il est **peu probable qu'il y ait une réciprocité entre les auteurs d'actes altruistes et leurs bénéficiaires**. Ce faible ratio bénéfice/coût d'un comportement altruiste **réduirait le coût du crime et favoriserait l'augmentation du taux de criminalité**.
- La particularité de l'être humain est d'avoir **structuré par des lois et des règles le principe de réciprocité**.

C. Éthique et morale

- L'étude des primates non-humains, particulièrement des chimpanzés, nous apprend que **des systèmes complexes d'altruisme réciproque ont été développés par nos ancêtres bien avant l'émergence du langage et de la culture.**
 - En fait, **l'altruisme réciproque** pourrait avoir joué un rôle important dans **l'évolution du langage et des capacités culturelles.**
 - Le **langage fait exister de façon abstraite des principes et des lois et les transmet.**
- Dès que ces codes de conduite deviennent l'objet de transmission culturelle, un **nouveau niveau de « sélection naturelle » devient opérant.**
 - Des croyances culturelles qui ont des effets néfastes peuvent être remplacées par des **croyances plus adaptées** très rapidement.
 - En effet, des **mutations génétiques ne peuvent pas être provoquées sur demande**, et ne sont pas forcément utiles quand elles apparaissent...

- Il peut se produire d'importants **schismes entre les dimensions culturelle et biologique** de l'évolution.
- Au cours de l'histoire, **certaines nouvelles idées** ayant pour ambition de **reconsidérer des codes de conduites (lois, questions éthiques)** étaient en totale **rupture** avec toute considération sur la « nature » humaine.
 - On peut citer l'exemple de **l'idéologie communiste** dont l'échec au moins partiel provient du fait qu'elle s'appliquerait mieux à une société d'insectes qu'aux primates humains...
 - La disparition d'une idéologie ne « fonctionnant » pas peut aussi renvoyer à une certaine sélection naturelle.
- Beaucoup d'auteurs cherchent à présent à **définir des nouveaux codes moraux et éthiques** prenant en compte notre **origine phylogénétique**.

V. Le comportement sexuel humain



- Si l'on analyse le contenu des thèmes récurrents de notre environnement social (chansons, romans, films, séries TV, thèmes de journaux), **il apparaît que la sexualité est au centre des préoccupations humaines.**
- Curieusement, **la valorisation sociale de la sexualité dépend de son contexte** : elle est très valorisée lorsqu'elle est associée à un sentiment : l'amour, elle l'est encore plus quand il y a procréation et fondation d'une famille; elle est en revanche souvent dévalorisée lorsqu'elle est associée à un pur plaisir charnel.
- Pourtant, lorsque nous nous intéresserons à la sexualité, nous devons **d'abord nous interroger sur sa cause proximale – pourquoi un jour deux organismes se sont-ils accouplés?** - pour mieux ensuite approfondir son déterminisme phylogénétique.

1. Pourquoi une sexualité?

- Un des grands mystères de la vie est **pourquoi un jour deux êtres vivants se sont-ils accouplés?**
- En effet, **la reproduction sexuée n'est pas la seule façon de se reproduire**; d'ailleurs certains organismes pratiquent (au choix!!) les deux types de reproduction.
- L'avantage (et la fonction) de la reproduction sexuée est évidente du point de vue de la sélection naturelle: plus de **diversité génétique** donc davantage de chances d'**adaptation**,
 - **Quel processus proximal** assure sa mise en œuvre à l'échelon de l'individu sachant qu'elle représente un **coût important**?
 - Rappelons que seul l'homme peut apporter des **motifs extérieurs** à la situation présente lors d'un rapport sexuel (procréation, devoir conjugal...).
- Chez **tous les animaux** (du moins les mammifères y compris notre espèce) **le facteur immédiat essentiel sera...le plaisir**.

- Dans cette quête du plaisir sont impliqués les **circuits dopaminergiques**.
- On sait aussi que **l'orgasme libère des endorphines**; les mammifères vont ainsi rechercher les sensations induites par ce phénomène.
- Mais la particularité de l'homme, qu'il partage avec certains autres primates (exemple célèbre des **bonobos**, chimpanzés pygmées), est une **indépendance du comportement sexuel / à des cycles biologiques**.
 - Cette particularité autorise une sophistication dans la recherche du plaisir surtout depuis qu'elle est dissociable de la procréation.
- L'être humain, contrairement aux bonobos, a bâti une société dans laquelle la motivation sexuelle a souvent besoin d'être **légitimée par des normes sociales** étant donné le statut peu valorisé d'un pur hédonisme (cf. libertinage).

2. Pourquoi sommes-nous des « singes nus »...

- Qu'est-ce qu'un homme, sinon un « **singe nu** » pour reprendre l'expression de Desmond Morris.
- Durant l'évolution des hominidés, le corps n'a fait que devenir plus **fragile** : nu, la peau peu épaisse, les **parties vulnérables** (ex. organes génitaux) **exposées**.
- On pense que ce processus est associé à la **sophistication du comportement social**.
- **L'érotisation progressive du corps** (offert à la vue et plus sensible) va jouer un rôle important dans le lien social.
- Mais notre espèce a d'autres particularités associées:
 - la femme est potentiellement **toujours sexuellement réceptive**.
 - ...et son **ovulation n'est pas détectable** par des signes extérieurs
- Cela constitue une pression pour que **l'homme reste proche de la femme** s'il veut s'assurer de la paternité de sa progéniture.
 - En effet l'homme est toujours dans l'**incertitude** contrairement aux autres primates.
 - Si l'homme est dans une **culture polygynique** il peut **enfermer ses femmes** (ex. harem) pour les soustraire à la convoitise des autres hommes

3. Investissement parental et compétition sexuelle

- La **compétition sexuelle** n'est pas la même selon le sexe (Trivers, 1971) :
 - o Les plus importants niveaux d'investissement parental chez les **femelles** de la plupart des espèces animales font d'elles une **ressource limitée**: Les mâles sont en **compétition pour elles**.
 - o L'important n'est pas le sexe en lui-même mais le **niveau relatif d'investissement**: Quel sexe fait le plus dans telle situation?
 - La **compétition intra sexuelle** est prédite comme étant la **plus forte pour le sexe qui s'investit le moins dans la progéniture**. C'est pourquoi, chez l'espèce humaine, les **femelles sont hautement sélectives** et les mâles en **compétition pour être choisis**.
- L'espèce humaine, bien que particulièrement façonnée par la culture, révèle **quelques différences liées à l'investissement parental / sexes**
 - Pour une **femme** l'investissement minimum est évidemment de **9 mois** et probablement davantage chez nos ancêtres pour assurer **la viabilité de la progéniture**.
 - En revanche chez **l'homme**, l'investissement minimum peut être de **quelques secondes**.

- On a vu que la sélection sexuelle mise en évidence par Darwin détermine une compétition mâle-mâle et un choix du mâle par la femelle.
- Par le processus de la *runaway selection* et par l'effet notamment du choix des femelles, **certains caractères** ont un **développement amplifié**.
- **Chez les hominidés**, cette « course aux armes » dans la séduction se serait manifestée par une **préférence pour la nouveauté et la créativité** dans le comportement de cour (Miller 1998):
 - Cela aurait particulièrement **favorisé l'évolution des capacités mentales supérieures** et notamment le **développement et le perfectionnement du langage**.

4. Les critères de choix des partenaires

- Miller (1998) définit les bases de la préférence pour le partenaire: Ces préférences sont habituellement des **adaptations mentales** organisées en circuits neuronaux complexes construits à travers **l'interaction de nombreux gènes avec les conditions de l'environnement**, qui orientent la recherche du partenaire en fonction d'individus avec certains **traits perceptibles**.
- Buss (1998) remarque que les préférences pour les partenaires et les stratégies de recherche varient selon **si un individu poursuit une liaison à court ou long terme**.

A. Les préférences des hommes

- Les hommes peuvent en théorie améliorer leur fitness en fécondant le plus de femmes possibles.
 - La meilleure « méthode » dans cette optique est la liaison à court terme.
 - Pour que cette stratégie soit efficace, elle nécessite que les hommes identifient les femmes potentiellement fertiles tout en minimisant le temps investi dans une relation sexuelle.
 - Un autre corollaire de cette stratégie est sa faible exigence quant aux qualités de la partenaire.
- Les résultats empiriques vont dans ce sens:
 - Pour une relation courte, les hommes sont prêts à être peu exigeants pour les caractéristiques suivantes: intelligence, gentillesse, fiabilité, et stabilité émotionnelle (Buss & Schmitt 1963; Kenrick et al. 1990)
 - Mais l'attractivité physique est davantage valorisée.

- Mais sachant que des enfants ont **moins de chances de survivre** avec un **investissement paternel faible**, il y a donc aussi des **pressions sélectives** incitant les hommes à **rechercher des relations à long terme**.
 - Dans ce cas, le critère important sera le **degré de fidélité de la femme**.
 - Jusqu'à l'utilisation des **tests d'ADN**, on ne pouvait **jamais être certain d'une paternité**.
 - À charge alors pour l'homme de trouver une femme qui présente tous les **signes de fidélité** et si possible **les plus bas niveaux d'activité sexuelle antérieure**.
 - Les indices recherchés doivent témoigner d'une **bonne aptitude parentale**, d'une **bonne santé, fertilité** et d'une **bonne qualité génétique globale**.
- Les résultats empiriques vont dans ce sens. Dans une étude effectuée sur **37 cultures** (Buss, 1989), les hommes classent la **gentillesse, la compréhension, l'intelligence, et l'attractivité physique** comme **qualités prioritaires pour une relation à long terme**.
 - Les **femmes** énoncent des **préférences très voisines** pour le choix de leur **partenaire**, à l'exception de **deux qualités** que les hommes recherchent **universellement** :
 - Une **partenaire plus jeune qu'eux**
 - Un **physique avantageux**

B. Les préférences des femmes

- La physiologie reproductive de la femme est **radicalement différente** de celle de l'homme.
 - Les hommes produisent une quantité de **spermatozoïdes** de l'ordre de **12 000 000 par heure!**
 - Une femme **dans toute sa vie** ne produit qu'environ **400 ovules!**
- Le nombre limité de gamètes féminines est la conséquence directe du temps requis pour le déroulement complet d'une gestation.
- Si l'on ajoute à cette durée celle de l'allaitement et de la prime éducation, il apparaît clairement que **les femmes ont intérêt à développer une stratégie de relation à long terme (3-4 années au moins)**.
 - Avoir un partenaire masculin qui s'investit dans l'aide et l'éducation des enfants représente un avantage conséquent.

- Mais les femmes ont elles-aussi des **stratégies à court terme**:
 1. Stratégie « *Shopping around* » :
 - Cette stratégie consiste à « évaluer » un certain nombre d'hommes et à clarifier plus précisément **quels traits sont les plus importants pour elle pour une relation à long terme**.
 - Permet d'affûter l'habileté à obtenir et garder un partenaire à long terme.
 2. Stratégie « *cash* » :
 - Permet d'obtenir des **ressources immédiates contre une relation brève**.
 3. Stratégie **d'amélioration de la qualité génétique**
 - Par une liaison avec un autre que son partenaire habituel (EPC: *extra pair copulation*), la femme améliore le potentiel génétique de sa progéniture.
- Des résultats empiriques (Bereczkei et al. 1997) indiquent que les femmes exigent **deux fois plus que les hommes des relations à long terme et quatre fois plus le mariage**.
 - Mais pour une relation à **court terme**, les femmes attachent **plus d'importance au statut et à la richesse** (et à une disponibilité immédiate des ressources) que pour une relation à long terme. Les radins sont évités.
 - Les femmes engagées dans des **EPC** sont plus susceptibles de le faire avec des **partenaires plus attractifs** que le leur, **plus souvent durant leur période d'ovulation**, et rapportent **plus d'orgasmes** (Baker & Bellis 1993).

Concernant la stratégie à long terme, on note une similitude globale des critères de choix des hommes et des femmes, mais:

- Les femmes attachent moins d'importance à l'attractivité physique que les hommes mais accordent plus d'importance à la richesse.
- Elles attachent également de l'importance au statut social, à l'ambition, à la capacité de travail, et à un âge supérieur au leur.

Un lien a été fait entre la préférence des femmes pour des hommes riches et le fait que dans beaucoup de cultures ce sont des hommes qui monopolisent les richesses (Hrdy, 1997)

La même étude a mis en évidence que plus les femmes sont belles, plus elles ont tendance à être d'autant plus exigeantes sur la richesse et le statut social des hommes.

Mais plus une femme se perçoit comme ambitieuse, éduquée, riche et de haut niveau social, plus elle sera exigeante sur ces mêmes qualités chez un homme.

5. Les fondements esthétiques de l'attraction

- Comme on l'a vu précédemment, l'attraction physique est **importante pour les deux sexes** mais elle est **primordiale pour les hommes**.
- D'un point de vue phylogénétique, **le jugement esthétique est lié à la survie et à la reproduction** (cela agit probablement de manière inconsciente).
- Des travaux de recherche interculturels ont montré que **malgré les spécificités culturelles, il existe une solide base commune de critères**.

A. La symétrie

- Tous les **vertébrés** sont morphologiquement organisés selon une **symétrie bilatérale**.
 - Cela signifie que la partie gauche et droite du corps sont en miroir l'une de l'autre.
 - De **hauts niveaux de symétrie** sont considérés comme indicatifs de la **qualité du développement**.
 - Un organisme doté d'une forte symétrie est donc supposé avoir de « bons gènes », une bonne résistance aux parasites et autres sources de perturbations du développement.
- La méthode pour estimer la symétrie d'un organisme est celle de la mesure de **l'asymétrie fluctuante (FA)**.
 - Elle est obtenue par la **mesure de traits** tels que les largeurs de la cheville, du poignet, du coude, la longueur des oreilles.
 - On calcule ensuite les **différences entre les côtés droit et gauche et on additionne les mesures**.
 - Ainsi, **+ FA ↗, + symétrie ↘** (FA élevé = symétrie faible).

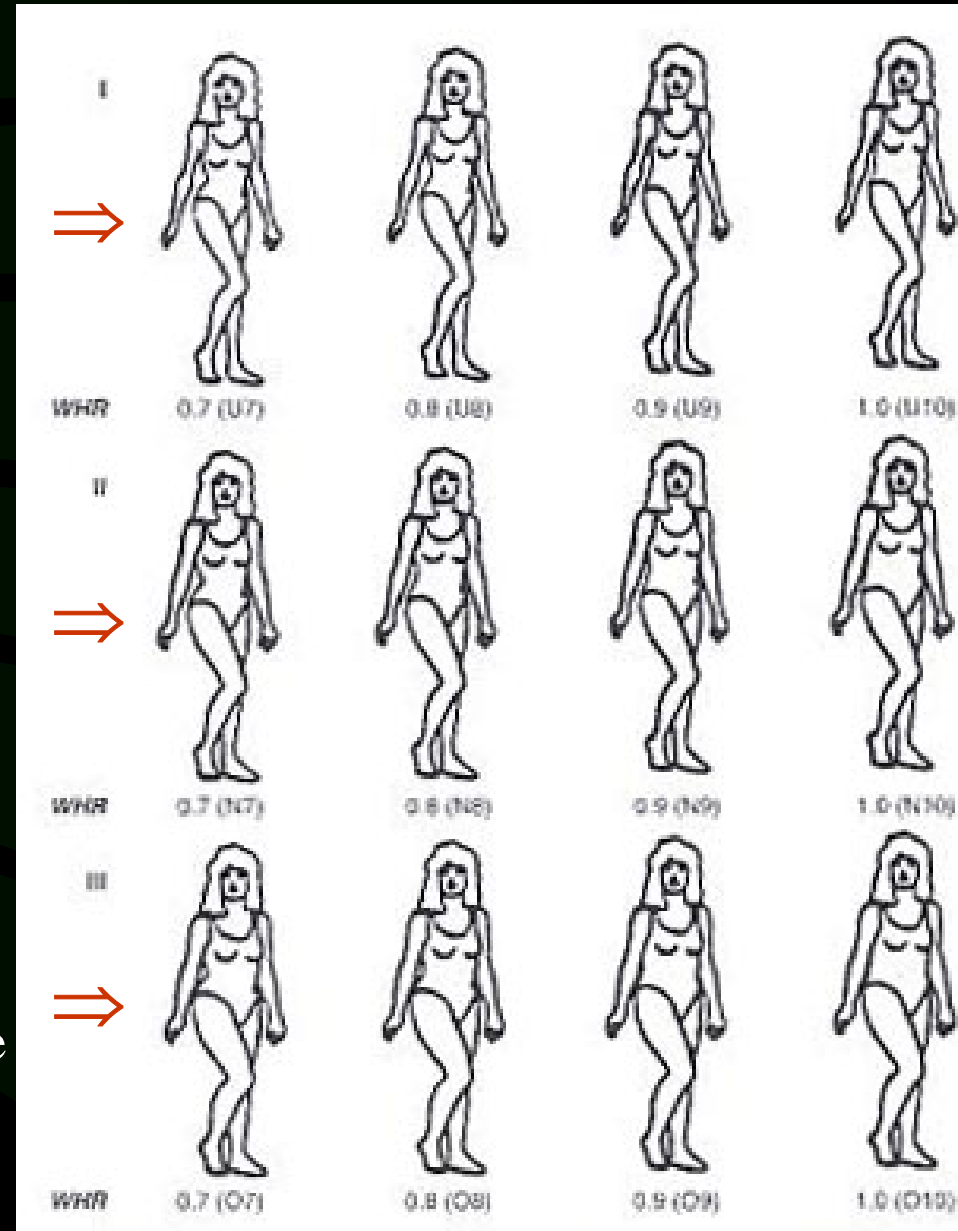
- Nombre d'études indiquent la pertinence de cette mesure:
 - Des **mesures de FA** sont corrélées **négativement** avec le **degré d'attractivité du visage** (Thornhill & Gangestad 1993; Gangestad et al. 1994).
 - Des faces composites artificiellement modifiées par ordinateur jugées **+ attractives que les vrais visages** (Langlois & Roggman 1990; Grammer & Thornhill 1994)
 - Les mesures de **FA** sont négativement corrélées avec **le nombre de partenaires sexuels** durant la vie et positivement corrélées avec **l'âge du premier rapport sexuel** chez une population étudiante mixte (Thornhill & Gangestad 1994).
- Corrélation **négative** entre le **nombre d'orgasmes** rapportés par des femmes et la **mesure du FA de leur partenaire** (Thornhill et al 1995).
 - Une fonction de l'orgasme féminin, par ses contractions, est **d'acheminer le sperme vers le col de l'utérus** (Bellis & Baker, 1990): ↗ probabilité fécondation
 - l'orgasme féminin est **associé à la libération d'une hormone – l'ocytocine** – par la glande pituitaire : il pourrait jouer un rôle important dans le lien avec le partenaire (Carter, 1992).
 - Ce **rôle de l'orgasme dans le maintien des liens du couple** avait été évoqué par Morris (1967), Eibl-Eibesfeldt (1989).
- FA faible = ↗ de partenaires potentiels = ↘ investissement /1 partenaire

B. Le rapport taille / hanche

- L'hypothèse est que les hommes - comme les mâles d'autres espèces - doivent manifester une préférence pour des femmes possédant les traits associés à une forte fécondité (Singh, 1993).
- Une mesure fiable de cet indicateur est le *Waist Hip Ratio (WHR)*.
 - On le calcule par le rapport de la taille mesurée à sa zone la plus étroite entre les côtes et la crête iliaque, et des hanches mesurées au niveau de la saillie maximum des fessiers.
 - Les WHR vont en moyenne de 0.67 à 0.80 pour les femmes et de 0.80 à 0.95 pour les hommes (Singh, 1995).
- Avant la puberté, les WHR des garçons et des filles sont très proches.
- Après la puberté, l'afflux d'hormones sexuelles créent des différences dans les dépôts graisseux entre hommes et femmes.
 - Chez les hommes la **testostérone** stimule les dépôts graisseux dans la **zone abdominale** et les inhibe dans les cuisses et les fesses.
 - Chez les femmes, les **oestrogènes** stimulent les dépôts graisseux dans les **cuisses et les fesses** et les inhibent dans la région abdominale.

- Pourquoi ces différences?
 - Le profil d'adiposité masculine, dit **androïde**, est facilement **mobilisé pour obtenir de l'énergie** et peut être facilement éliminé par l'exercice physique.
 - Le profil d'adiposité féminine dit **gynoïde** est très résistant à la **mobilisation**. Il a évolué pour être une **source d'énergie disponible** lors de la gestation et de l'allaitement.
- Comme le bébé a besoin d'être approvisionné sans relâche durant les deux années suivant sa conception et que nos ancêtres pouvaient être confrontés à des **périodes de famine**, **ces réserves adipeuses** les aidaient à faire face.
 - Les filles n'entrent pas dans la puberté avant d'avoir accumulé environ **15 kilos de graisse gynoïde**.
 - Lorsqu'une femme adulte perd une trop grande quantité de cette graisse, elle cesse d'ovuler.

- Les données empiriques indiquent que les hommes manifestent une préférence pour un WHR féminin d'environ 0.70 (Singh 1993).
- Ces résultats sont valables pour des hommes âgés de 25 à 83 ans, de tous les niveaux socio-culturels et dans différentes cultures.
- Par contre, dans certaines cultures où la famine menace souvent ce sont les femmes les plus massives qui sont préférées avec peu ou pas d'effet du WHR
 - Effets contingents aux conditions de l'environnement
- Pour les femmes, le WHR masculin préféré est entre 0.90 et 1.00



6. Les phéromones humaines

- Au 19^{ème} siècle, le naturaliste français Jean-Henri Fabre a découvert qu'une **femelle de papillon** était **capable d'attirer des mâles grâce à une substance émanant de son abdomen**.
- Cette substance biochimique est appelée **phéromone**.
 - Karlson et Lüscher (1959), en ont donné la définition suivante :
« Une phéromone est une substance (ou un mélange de substances) qui, après avoir été sécrétée à l'extérieur par un individu (émetteur), est perçue par un individu de la même espèce (récepteur) chez lequel elle provoque une réaction comportementale spécifique, voire une modification physiologique. »
- Il n'y a que **peu de temps que ces phéromones sont étudiées chez l'homme** car on pensait qu'elles n'avaient que peu ou pas d'effet sur le comportement des primates.
 - En effet, le **système olfactif a été supplanté progressivement au cours de l'évolution par le système visuel**.
 - Les premiers primates vivant il y a 70 millions d'années avaient des systèmes olfactifs très développés.

A. Mise en évidence des phéromones humaines

- Beaucoup d'expériences ont été menées sur des discriminations de **T-shirts précédemment portés par d'autres personnes**; concluant sur:
 - Discrimination des **sexes** (Russel, 1976)
 - Discrimination **fratrie / étrangers** (Porter & Moore, 1981)
 - Préférence pour des hommes **symétriques** par des femmes en **période d'ovulation** (Gangestad & Thornhill, 1998)
 - + la femme est proche de son pic d'ovulation + la préférence manifestée pour un homme symétrique est grande (Thornhill & Gangestad, 1999)

- Il avait été démontré sur la souris (Whiten 1959) que lorsqu'un groupe de femelles étaient **mises en présence de l'urine d'un mâle**, elles ajustaient rapidement leur cycle sexuel de sorte qu'elles **ovulaient de façon synchrone**.
 - Comportement adaptatif car les souris élèvent leur progéniture en commun: si une femelle meurt ou ne peut allaiter, les autres femelles du groupe pourront prendre en charge sa progéniture.
- Un **phénomène similaire a été mis en évidence chez l'homme** par Cutler et al. (1986):
 - On extrait des phéromones mâles de sous les aisselles de donneurs puis on les dilue dans l'alcool.
 - On les applique ensuite sur la lèvre supérieure de sujets femmes.
 - Toutes n'affirment ne sentir que l'odeur d'alcool.
 - Mais **après 12 à 14 semaines de traitement**, les femmes avec des **cycles irréguliers avant l'expérience** devinrent très régulières.
 - Cette expérience mettait en évidence que **l'action d'un facteur phéromonal mâle stimulait la régularité des cycles**.

- La **synchronie menstruelle** des femmes est aussi **influencée par les sécrétions phéromonales produites par d'autres femmes**.
 - Beaucoup d'études ont en effet montré que **vivre dans une étroite promiscuité**, par exemple dans un dortoir de lycée, **conduit à une synchronisation des cycles** menstruels (McClintock, 1971; Graham & McGrew, 1980; Quadagno et al, 1980).
 - Pour déterminer si des phéromones étaient responsables de telles synchronisations, des chercheurs ont exposé de jeunes femmes volontaires aux sécrétions des aisselles de femmes donneuses (Preti et al. 1986; Russell et al. 1980).
 - **La plupart des femmes étudiées se synchronisèrent avec les donneuses en l'espace de 10 à 15 semaines**, ce qui correspond au temps de maturation d'un follicule ovarien.
- L'intérêt adaptatif de ce phénomène pouvait se concevoir à l'époque préhistorique où **l'enfant pouvait être pris en charge en cas de besoin et allaité par une autre mère**.

B. Les phéromones mâles

- L'**androstérone** est un composé stéroïdien existant dans la **sueur et l'urine masculine**.
 - Elle est probablement l'agent chimique qui raccourcit et normalise les cycles menstruels des femmes.
 - Elle est invariablement perçue comme ayant une odeur désagréable et même répulsive chez les hommes.
 - Idem chez les femmes **excepté durant l'ovulation où elles évaluent l'odeur positivement**.
- L'effet de l'androstérone sur le comportement social-sexuel des hommes a été étudiée (Cutler et al. 1998).
 - Période de base de 2 semaines / 6 semaines avec traitement
 - Ceux qui avaient pris des phéromones avaient **significativement plus de rapports sexuels** et davantage de comportements affectueux en direction de leur partenaire.
 - Mais pas de changements dans la fréquence de masturbation montrant une influence sur la **dimension sociale** de la sexualité.

C. Les phéromones femelles

- Les **copulines** sont un mélange d'acides vaginaux qui sont maximalelement secrétées par les femmes au moment de l'ovulation.
 - Elles seraient en partie responsables de la synchronisation des cycles.
 - Quand des **hommes sont exposés aux copulines ils présentent une montée de testostérone** (Grammer & Jutte 1997)
 - Ces chercheurs ont mis en évidence que lorsqu'on demande à des hommes de classer des photographies de femmes / à leur attractivité, **l'exposition aux copulines perturbe complètement leur jugement**: ils ne sont plus en mesure de faire des discriminations fines.
 - Une **corrélacion significative a été mise en évidence entre le moment du cycle et la quantité de peau exposée par des femmes dans les discothèques** (Grammer 1996): notamment, les femmes à mi-cycle ne prenant pas de pilules contraceptives montraient plus de peau et portaient des vêtements plus courts et plus ajustés.

7. Les bases de la jalousie

- Le sociologue Davis (1948) a défini la **jalousie** comme une **réaction de crainte et de fureur dont la fonction est de protéger, maintenir et prolonger une union amoureuse.**
- Fonction différente chez les deux sexes. **Chez l'homme la fonction de la jalousie est relative à l'incertitude de la paternité,** ce ne peut être le cas chez la femme...
- Bien que l'incertitude de la paternité soit le lot de tous les primates, il semble que **la vraie jalousie soit une spécificité de la lignée humaine.**
- Penchons nous sur nos origines:
 - Nos **ancêtres australopithèques** étaient probablement **polygynes** si on se base sur la **plus grande taille des mâles / femelles** (si un mâle monopolise la reproduction, sa taille est supérieure à celles des femelles car il est en compétition directe avec les autres mâles).
 - En revanche, les **chimpanzés qui nous sont proches,** mais ont un dimorphisme sexuel faible, ont une **sexualité libre** et les **mâles ne semblent pas manifester de jalousie...**

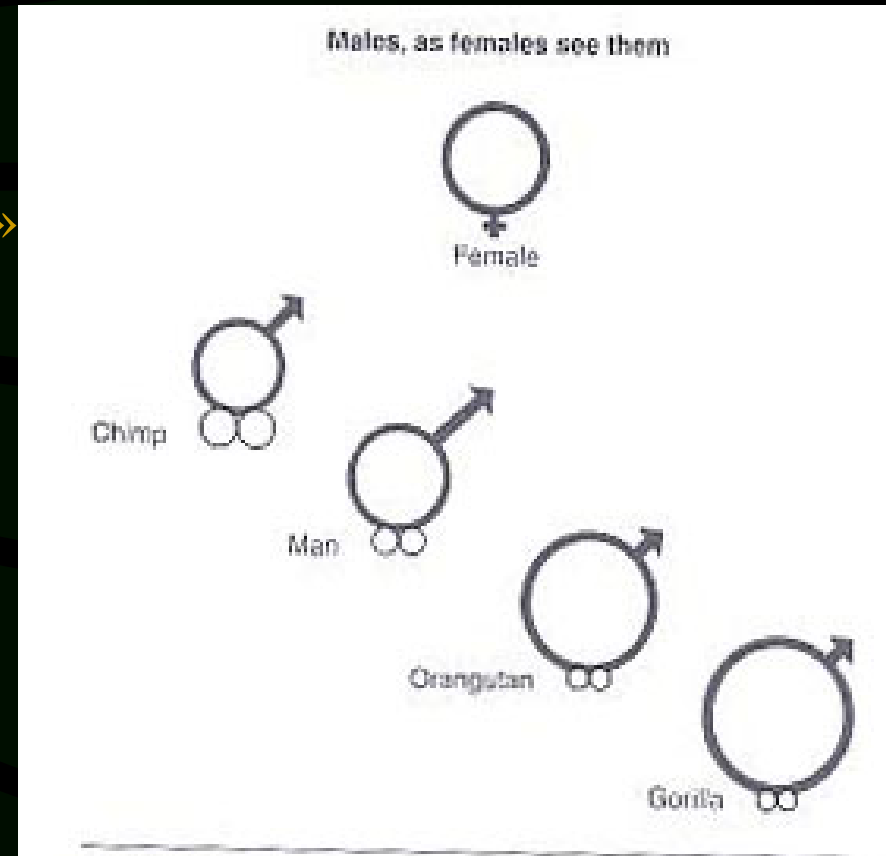
- Chez l'homme, la jalousie aurait pu évoluer à partir de 3 moteurs: la vie en groupe, les liens de couple, et la division du travail / sexe:
 - Comme chez le chimpanzé, la vie en groupe offre une protection.
 - Face à des conditions particulièrement difficiles, des liens exclusifs mâle – femelle pourraient offrir plus de chances de survie à la progéniture.
 - Mais s'investir dans une femelle particulière dans le cadre d'un groupe augmente les risques pour un mâle d'élever un jeune qui ne serait pas de lui: « cocufiage »
 - De plus, / division du travail, les hommes partaient assez loin pour chasser tandis que les femmes allaient plutôt récolter des végétaux à proximité du camp ce qui augmentait les risques.
 - Les hommes qui n'étaient pas jaloux risquaient d'élever des enfants dont ils n'étaient pas les pères d'où *fitness* ∇

- Dans une logique évolutionniste, on pourrait s'attendre à ce que la **jalousie masculine soit davantage liée à l'infidélité sexuelle** tandis que chez les femmes ce serait **l'infidélité émotionnelle qui déclencherait la jalousie**.
 - Plusieurs études (Buss et al. 1992; Francis, 1997; Buunk et al. 1996) mettent en évidence le **bien-fondé de l'hypothèse**.
- Un autre point, conséquence de la jalousie, est **la stratégie déployée pour garder le partenaire** (Buss & Shackelford 1997).
 - Chez les **hommes**, le nombre d'actes de rétention est **positivement corrélé à la jeunesse de leur partenaire et à son attractivité physique**. Ils répondent souvent à une menace **en faisant valoir leurs ressources**. Ils peuvent également se soumettre à leur compagne ou faire preuve de violence.
 - Chez les **femmes**, le nombre d'actes de rétention est **positivement corrélé aux revenus et au niveau d'ambition du partenaire**. Elles répondent à une menace en **améliorant leur apparence physique** et en faisant savoir que leur partenaire est engagé avec elles dans une **relation à long terme**.

8. Origine des spécificités des caractères sexuels primaires du mâle humain / aux autres primates

- Rappelons que :
 - Le point commun entre le chimpanzé et l'homme chasseur-cueilleur est la vie en petits groupes mixtes comportant plusieurs mâles reproducteurs.
 - ...tandis que les gorilles et les orangs-outans ont un système polygynique avec un seul mâle sexuellement actif et physiquement impressionnant pour les autres mâles.
- De plus, il existe un **phénomène important chez les espèces vivant en groupes mixtes qui peut être qualifié de « compétition du sperme »**.
 - En effet, seul 1% du sperme est fécondant le reste sert avant tout à bloquer le sperme d'autres mâles.
 - Chez les **chimpanzés**, cette compétition l'a doté de testicules **volumineux** (> à ceux de l'homme)
 - Par contre le gorille, imposant physiquement, a de petits testicules en raison de l'absence de ce type de compétition.
- Et l'homme dans tout ça...

- La place de l'homme indique qu'il doit faire face lui aussi à une compétition spermatique et arrive derrière le chimpanzé pour la taille de ses testicules (Diamond, 1992).
 - En revanche il est « hors concours » pour les dimensions de son pénis.
 - Un pénis plus long augmente les chances de fécondation en libérant le sperme près du col de l'utérus.
 - Un orgasme augmente les chances de fécondation et un sexe plus large stimule le clitoris donc les chances d'orgasme (Baker & Bellis)
 - L'homme joue donc sur deux registres :
 1. Par compétition spermatique directe
 2. Via le plaisir donné à sa partenaire
- Sa morphologie répond à la conjonction de ses deux stratégies



9. L'orientation sexuelle et la sexualisation progressive du corps

- De façon statistique, on peut considérer que la différence la plus importante entre les sexes est leur orientation sexuelle:
 - Les hommes sont attirés par les femmes et vice-versa
- Du point de vue biologique, étant donné que la perpétuation de l'espèce passe par une reproduction sexuée, **on pourrait penser que l'existence d'une orientation homosexuelle est inadaptée...**
- En fait, l'existence dans toutes les cultures d'au moins **5% d'individus homosexuels** montre bien **qu'il n'y a pas une adaptation possible** supposée rendre compte du comportement.
- On a vu dans le chapitre précédent que chez l'homme et la plupart des mammifères, **le mécanisme de procréation** est au moins en partie **associé au plaisir**, mais inversement, **il peut y avoir plaisir sexuel sans procréation**.
 - C'est ainsi que d'une part **beaucoup de jeux sexuels sont naturellement dissociés de la procréation** et que d'autre part **les comportements homosexuels sont courants chez beaucoup d'espèces**, et sont favorisés par certains contextes environnementaux.

- En fait, ce qui peut paraître inadapté n'est pas le comportement homosexuel en lui-même mais le fait **qu'il puisse être exclusif** chez certains individus.
- On estime qu'environ **la moitié de la variance dans l'orientation sexuelle est génétiquement influencée** (Pilard & Bailey, 1998).
 - En fait, la **sexualisation du corps** est en grande partie **dépendante de l'ontogenèse**.
 - **Avant la cinquième semaine de conception, garçon ou fille sont indiscernables** sur la base de leur phénotype.
 - C'est seulement **quand les gonades sexuelles se sont différenciées en ovaires et testicules et qu'elles sécrètent leurs hormones respectives** que s'amorce la différenciation sexuelle.
 - Si les différences les plus visibles concernent l'anatomie de la reproduction, **des effets plus subtils concernent le cerveau...**

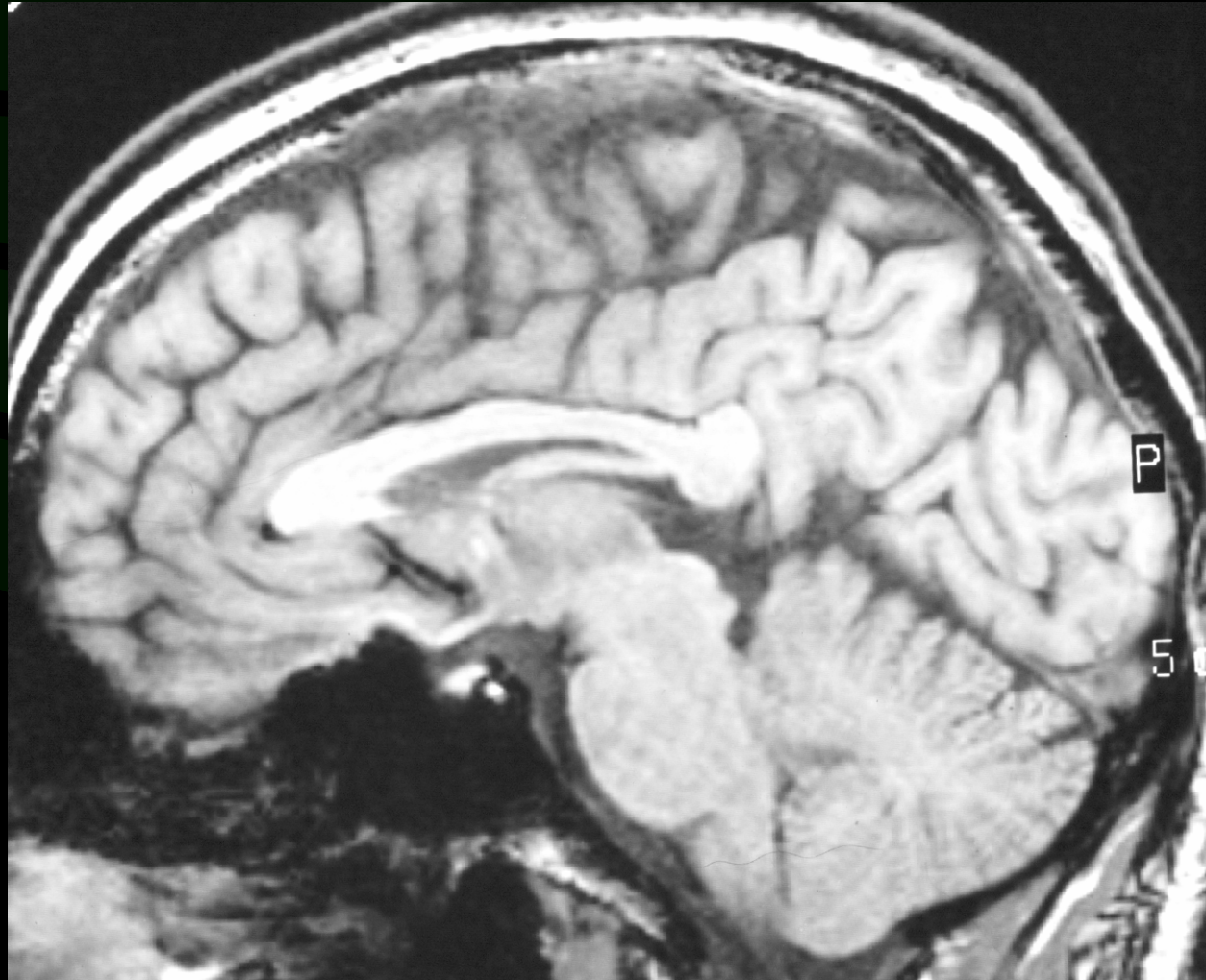
- Le cerveau féminin avec sa grande symétrie existant entre les cerveaux droit et gauche et son épais corps calleux est considéré comme la configuration « par défaut ».
- Chez le fœtus mâle, la testostérone va traverser la barrière hémato-encéphalique et va être transformée par une enzyme appelée aromatasase en une hormone féminine, l'estradiol.
 - Paradoxalement c'est cette hormone qui va masculiniser le cerveau.
 - On peut penser que toute variation quantitative de ces processus peut influencer l'orientation sexuelle.
- Ainsi, on est à peu près sûr qu'il n'existe pas de « gène de l'homosexualité » comme cela a pu être dit.
 - Mais ce sont les influences et les variations diverses influençant l'expression phénotypique qui pourraient jouer un rôle dans l'orientation sexuelle.
 - Mais n'oublions pas que la famille, le milieu socio-culturel, la société vont aussi jouer un rôle considérable.

10. Pourquoi le coup de foudre?

- On a vu précédemment la différence entre les liaisons à court et à long terme en mettant en avant le côté sexuel ou « intéressé » dans le premier cas et le côté association à long terme basée sur un faisceau de qualités et de valeurs attribuées au conjoint dans le second cas.
- Mais cette distinction ne rendait pas compte d'un phénomène qui associe tout à la fois sentiment très fort et sexualité épanouie: **le coup de foudre**.
 - Cet état va être qualifié de « *limerence* » par les anglo-saxons
 - Cette expérience est décrite ainsi (Tennov, 1979)
 - **Pensée obsédante** de l'objet d'amour (OA)
 - Besoin de **démonstration d'affection réciproque**
 - **Euphorie** quand cette réciprocité se produit
 - Sensations, pensées et actions **focalisées sur l'OA**, tout le reste est ignoré
 - Un énorme biais qui crée une distorsion dans la perception de l'objet d'amour: **l'apparence et les qualités de l'OA sont maximisées tandis que les aspects négatifs sont minimisés ou même rendus positifs.**
 - **Désir sexuel** pour l'OA.

- La *limerence* a une fonction évidente qui est de faciliter la formation d'un couple solide en peu de temps.
- Mais elle débouchera le plus souvent sur une liaison à court terme dans la mesure où l'objet d'amour est particulièrement magnifié et ne peut correspondre longtemps à cette image dans le quotidien.
- Ainsi une liaison « limerente » ne durera le plus souvent que 2 ou 3 ans .
 - Beaucoup d'études (ex. Fisher, 1992) montre que les divorces les plus fréquents se situent à 4 ans après le mariage, ce qui peut correspondre à « l'épuisement » d'une relation limerente.
 - Mais il apparaît que la durée est suffisante pour que d'éventuels enfants soient un peu moins dépendants.
 - Ainsi, la *limerence*, même si elle ne garantit pas un investissement à long terme dans une éventuelle progéniture, assure la formation solide d'un couple sur le court terme.

VI. Le cerveau humain: déterminisme évolutif et spécificités fonctionnelles



1. L'erreur téléologique

- De quoi s'agit-il?
 - Nous avons « naturellement » **tendance à expliquer les événements passés** à la lumière de ce que nous pensons être leur objectif ultime: leur **fonction actuelle ou future**...
 - Comme si les événements futurs causaient les événements passés....
- L'explication de l'évolution de nos fonctions mentales est particulièrement soumise à ce biais.
 - Pourquoi ce biais?
- Notre cerveau a été façonné au cours de l'évolution pour mettre en œuvre des comportements orientés vers des **objectifs**.
 - Nous avons ainsi **tendance à voir des buts et des intentions là où il n'y en a pas**.
 - Immergés dans ces processus mentaux qui colorent notre perception de la réalité, nous avons d'autant plus de difficultés à accepter le fait que **notre cerveau ait pu être façonné sans plan pré-établi**.

2. Les facteurs ayant façonné le cerveau humain

A. Introduction

- Afin d'échapper à l'erreur téléologique, il est nécessaire de voir l'évolution du cerveau humain comme résultant d'un **faisceau de facteurs**.
- Les deux premiers, peut-être les plus importants ont été envisagés précédemment; il s'agit de la **sélection sexuelle** (Miller 1998) et de **l'intelligence sociale** (Byrne & Whiten, 1988).
- D'autres facteurs auraient pu jouer un rôle important:
 - Le **climat**
 - Les **techniques de chasse**
 - Le **langage**

B. Le climat

- La **période glaciaire** dans laquelle nous vivons encore se caractérise par une alternance de périodes froides et de périodes plus chaudes.
- C'est peut-être à faveur de ces changements climatiques que les australopithèques africains se sont divisés en une lignée « **robuste** » et une lignée « **gracile** »
- La lignée gracile a présenté une tendance à la **néoténie** (caractères juvéniles sont prolongés chez l'adulte)
 - **Processus d'hétérochronie** qui fait référence aux modifications au cours de l'évolution dans le **déclenchement et/ou le timing du développement** de telle façon que le développement des traits d'un organisme est soit **accéléré ou décéléré** par rapport à ce qu'il était chez nos ancêtres.
- Conséquence de ce type de processus: prolongement **d'un état juvénile** propice à l'apprentissage avec notamment un **crâne de grande taille par rapport au corps**.

C. Les techniques de chasse

- L'hypothèse posée par Calvin (1982) est qu'un facteur ayant favorisé l'encéphalisation humaine serait le **comportement de lancer de la main droite** (mouvement balistique).
- Chez les grands singes, les comportements de lancer sont assez rudimentaires. De plus, bien qu'il existe chez eux des préférences pour l'utilisation d'une main, **il n'y a pas comme chez l'homme une latéralisation aussi nette** (89% droitiers).
- La **spécialisation d'un côté** du corps pour le lancer rend celui-ci beaucoup **plus efficace**.
 - Pourquoi le côté droit : hypothèse du bébé maintenu du côté du cœur par la main gauche / cœur.
 - Le développement nerveux requis pour le lancer aurait aussi posé des **fondations utiles à l'émergence du langage**.
 - Important de savoir que la bipédie s'est développée avant la plus grande partie de l'encéphalisation

D. Le langage

- Des travaux sur l'activité cérébrale et le langage montrent une parfaite **relation entre** les structures impliquées dans la **communication** et le **contrôle moteur**: noyaux caudés et cervelet (Willis 1993).
- Il existe en effet un **lien étroit entre le langage** (plus particulièrement les **aspects syntaxiques**) et le **timing balistique**.
- De plus, **en association avec l'intelligence sociale**, le langage a pu devenir un outil formidable de **maintien des coalitions** dans des groupes toujours plus importants (Dunbar 1997)
 - **L'expansion du néocortex** a été un **prérequis nécessaire** pour le développement des capacités langagières.
 - Puis **l'existence même du langage** a « boosté » le développement du **néocortex**.

3. Gros encéphale / timing de la
naissance / bain culturel /
hérédité sociale...

A. Cerveau et pré maturation

- Les **primates** sont en général des **mammifères précoces**:
 - Leurs jeunes peuvent se mouvoir de façon indépendante rapidement après la naissance.
- Mais les **humains sont une exception éclatante** à cette tendance
 - Le **foetus humain** a un rythme de croissance très faible et **naît prématurément**.
 - Le cerveau des **humains nouveau-nés** représente $\frac{1}{4}$ de la **taille totale**, tandis que celui des jeunes **singes anthropoïdes** est de $\frac{1}{2}$.
- Cela signifie que **l'enfant humain** achève la plus grande partie de son développement **en dehors de l'utérus maternel**.
 - Le **développement cérébral** est achevé à l'âge **d'un an**.
- La principale raison de cette naissance prématurée du jeune humain est la conséquence des **contraintes imposées par la taille du pelvis maternel**:
 - Marcher efficacement **sur deux jambes** requiert que le pelvis fournisse un **support stable au torse**.
 - Cette nécessité de **renforcer le pelvis** pour supporter le poids du haut du corps a eu pour conséquence l'évolution d'un **pelvis plutôt ramassé et en forme de coupe** qui en retour **restreint la largeur du col utérin** en comparaison avec nos proches cousins.

- Ainsi l'évolution humaine se trouve soumise à **deux contraintes opposées**:
 - Développement d'un **cerveau toujours plus gros** du nouveau-né
 - **Étroitesse du bassin** de la femme
- La femme n'a plus beaucoup de « marge de manœuvre »:
 - La morphologie féminine comprend ainsi *de facto* un **handicap dans l'habileté locomotrice** qui ne lui permettra jamais, par exemple, d'être aussi performante qu'un homme pour courir un 100 mètres
- L'arbitrage va se faire / à la **viabilité d'un nouveau-né de plus en plus prématuré**.
 - Les difficultés rencontrées par les enfants nés prématurément – « prématurés des prématurés » - viables uniquement grâce à une assistance médicale performante montrent que l'on atteint une **limite dans l'adaptation**.
- La fréquence des **problèmes liés à l'accouchement** et la nécessité d'un **suivi médical** montrent le **rôle de l'environnement social** depuis des millénaires dans la protection du jeune enfant.
 - L'homme moderne doit sans doute au moins en partie son apparence actuelle à son **environnement social** qui lui a offert un **milieu protégé**.
 - La sélection de ces caractères au cours de l'évolution n'a pu se faire que parce que les fonctions mentales supérieures de l'homme lui ont permis de développer des stratégies et des **techniques pour se protéger**.

B. M. J. Baldwin et l'hérédité sociale

- Lewontin (1983) défend l'idée suivante: **l'organisme est à la fois le sujet et l'objet de l'évolution.**
 - **objet** : il est le jouet de contextes environnementaux plus forts que lui qui peuvent l'anéantir.
 - **sujet** : ses comportements individuel et/ou social vont lui permettre de conquérir d'autres niches écologiques ou de s'adapter à de nouveaux contextes...
- Sujet, l'homme devient ainsi capable de modifier son milieu pour **l'adapter à ses besoins** plutôt que de s'y adapter coûte que coûte.
 - De plus, des **processus coopératifs ou sociaux** complètent ou les adaptations particulières de l'individu.
- **L'hérédité sociale** (M.J. Baldwin 1861-1934) permet de maintenir en vie une série de fonctions qui soit, **ne sont pas encore, ou ne deviendront jamais héréditaires au sens biologique.**
 - Moyen de transmission **extra-organique** de génération en génération. Détermine une direction de variation « socialement héréditaire ».
 - C'est **l'environnement socioculturel** qui est transmis.

- Pour Baldwin: « il est inutile que les enfants héritent de ce que leurs pères font par intelligence, dans la mesure où ils **peuvent faire les mêmes choses** par intelligence... »
 - Mais c'est parce qu'il y a un **groupe social qui le protège** que l'homme peut prendre le temps d'apprendre sans risques.
- Ainsi Baldwin a émis l'hypothèse que « l'intelligence » permet aux espèces de **gagner du temps** dans le processus de la sélection naturelle,
 - elle peut pallier l'absence d'un comportement plus « instinctif » qui mettra plus de temps à se fixer.
 - Cf. comparatif comportements rigides « instinctifs » / comportements « appris »
- L'homme moderne a été sélectionné pour évoluer dans un **milieu changeant** mais sans risque majeur.
- La société humaine évoluant vite mais offrant une certaine protection à ses membres, une « option évolutive » était de développer chez l'homme un **maximum de plasticité comportementale**.

4. Les apprentissages spécifiques façonnés par l'évolution

A. Introduction: les apprentissages « préparés par l'évolution » (*preparedness*)

M.E.P. Seligman (1972) note que certains conditionnements peuvent être obtenus très facilement (1 seul essai) tandis que d'autres demandent beaucoup de temps et d'essais.

➤ Il distinguait trois types d'apprentissages :

- 1. Les apprentissages « préparés »** pour lesquels les associations se créent très rapidement (parfois en **un seul essai**),
- 2. Les apprentissages « non-préparés »**, les plus utilisés dans les conditions du laboratoire (nécessitent **un nombre variable d'essais**),
- 3. Les apprentissages « contre-préparés »**, pour lesquelles l'association est longue et **difficile** à obtenir, parfois **même impossible**.

B. L'apprentissage de la peur

- Une phobie est une **réponse de peur irrationnelle** à un objet ou une situation non (objectivement) dangereux.
 - D'un point de vue **behaviouriste** (cf. *tabula rasa*), tous les stimuli de l'environnement ont un **potentiel équivalent** à devenir des stimuli phobiques.
 - La **Preparedness theory** pose que les humains et les autres animaux acquièrent des **réponses de peur à certaines classes de stimuli** plus facilement qu'à d'autres.
- Mineka et al. ont examiné cette question entre 1980 et 90
 - Des macaques rhésus nés et élevés en **captivité** ne manifestent **pas de crainte** des serpents.
 - Des macaques **capturés dans la nature** manifestent une **peur panique des serpents** y compris d'un jouet.
 - Lorsque les **singes nés en captivité** sont confrontés à un **film montrant des singes sauvages réagissant par la crainte**, ils acquièrent la peur des serpents.

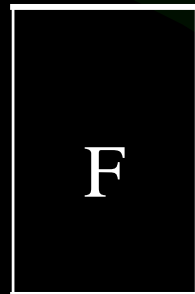
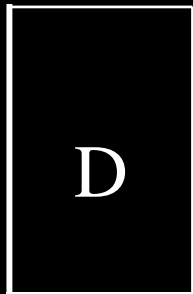
- Mais d'autres variantes du film sont utilisées, dans lesquelles on remplace le serpent par une **fleur ou un lapin**.
 - En mettant les sujets dans les mêmes conditions, **on ne parvient pas à conditionner les sujets naïfs** à avoir peur de ces stimuli.
- Les auteurs ont adapté leurs travaux à des **sujets humains**:
 - Lorsque l'on donne de légers chocs électriques à des sujets suivis par des diapositives représentant différents objets, ils formeront **plus facilement des associations avec des images de serpents** qu'avec des images de fils électriques dénudés ou de prises de courant endommagées.
 - Ces effets sont observés **même si les sujets n'ont pas eu précédemment d'expérience malheureuse** avec les stimuli suscitant leur peur.
- Mais chez l'homme le **contexte culturel** va interférer avec ces prédispositions pour déterminer la façon dont *in fine* les animaux prédisposés à être redoutés seront considérés.
 - Le serpent est vénéré par certaines cultures.

C. Le raisonnement social

- Depuis 1966, la procédure la plus fréquemment utilisée pour examiner la capacité au raisonnement logique est la *Wason Selection Task*
 - Tâche destinée à voir si les gens utilisent une logique hypothético-déductive dans leur quotidien
 - Les sujets doivent juger si une proposition du type « if p then q » a été violée par une des 4 situations représentées par les cartes.

Premier problème

- Votre nouveau job d'employé de bureau à l'université est de vous assurer que les documents des étudiants ont été traités correctement selon la règle suivante:
 - **Si une personne a été classée, D alors elle est marquée code 3**
 - Mais vous suspectez une erreur de la secrétaire que vous remplacez
 - Les cartes en dessous ont une information sur 4 étudiants: chaque carte représente un étudiant.
 - Un côté de la carte comporte la lettre de classement, l'autre le code
 - Votre tâche est **d'indiquer uniquement les cartes que vous avez besoin de retourner pour vous assurer si quelqu'un transgresse cette règle.**



Deuxième problème

- Vous êtes videur dans un bar et votre job est d'empêcher les mineurs de boire de l'alcool.
 - La règle pose que **si une personne boit de la bière, elle doit avoir plus de 20 ans.**
 - Les cartes donnent des infos sur 4 personnes assises à une table.
 - Chaque carte représente une personne avec d'un côté son âge et de l'autre ce qu'elle boit.
 - **Indiquez uniquement les cartes que vous avez besoin de retourner pour vous assurer si quelqu'un transgresse cette règle.**

Boit de
la
bière

Boit
du
coca

Âgé de
25 ans

Âgé de
16 ans

Troisième problème

- Soit une culture insulaire chez laquelle les individus mariés portent un tatouage sur le visage et pas les célibataires.
 - Il y a deux nourritures
 - Une, courante, appelée noix de mola facilement disponible et qui peut être mangée par tout le monde.
 - Une autre, la racine de manioc, est rare et ne peut être mangée que par les individus mariés car c'est un aphrodisiaque.
 - La règle est : **si un homme mange une racine de manioc alors il doit avoir un tatouage sur le visage.**
 - Chaque carte représentant un homme différent, **indiquez uniquement les cartes que vous avez besoin de retourner pour vous assurer si quelqu'un transgresse cette règle.**

Mange
des
racines
de
manioc

Mange
des
noix de
mola

Tatoué

Non
tatoué

Quatrième problème

- Un professeur d'école élémentaire emmène sa classe pour une sortie nature dans un parc national.
 - L'environnement est relativement sain: les enfants peuvent marcher pied nus dans la plupart des endroits à l'exception des zones où l'herbe est haute: il existe un ver parasite dans ces endroits.
 - La règle est: **si l'herbe est haute vous devez porter des bottes.**
 - Chaque carte représentant un élève différent, **indiquez uniquement les cartes que vous avez besoin de retourner pour vous assurer si quelqu'un transgresse cette règle**

Herbe
haute

Pas
d'herbe
haute

Pas
de
bottes

Bottes

- Le principe logique pour ces 4 exercices est le même :
 - On a la proposition « if p then q »
 - Pour l'infirmier, les **choix corrects** sont « p » et « non q »
- Normalement, vous réussissez à **75 % les 3 derniers exercices** mais seulement à **25% le premier**, pourquoi?
- Tooby & Cosmides (1992) font l'hypothèse que nous avons développé au cours de l'évolution des **aptitudes particulières pour traiter des problèmes impliquant des contrats sociaux**.
- Ces auteurs considèrent que ce n'est pas que le contenu « contrat-social » facilite simplement le raisonnement logique mais plutôt qu'il **active un mécanisme de « détection de tricheur »**.
- Il n'existe pas de facilité équivalente pour détecter l'altruisme...

5. Spécificités cognitives / sexes

A. Introduction

- Darwin, très influencé par la culture de son époque, décrivait les **hommes comme plus agressifs et plus intelligents que les femmes...**
- Si la remarque de Darwin reste fondée en ce qui concerne l'agressivité, les tests modernes utilisant des instruments standardisés ne révèlent **pas de différences entre les sexes pour le niveau cognitif moyen** (Feingold, 1988)
- En revanche, il existe des **différences dans la variabilité des performances cognitives individuelles** (Fisher, 1998)
 - Les femmes présentent **moins de variabilité** de QI que les hommes.
 - Un nombre proportionnellement plus élevé d'hommes que de femmes ont des **QI soit très élevés soit très faibles**.
 - Dans n'importe quelle population, les individus classés comme **génies ou attardés mentaux ont une forte probabilité d'être des hommes**.

B. Les spécificités féminines

- Lorsque l'on étudie attentivement les **subtests** déterminant la note globale de QI, on trouve des **spécificités / sexes**:
 - Les femmes produisent de **meilleures performances** aux tests mesurant **l'aisance d'élocution**, la **rapidité de lecture**, la **compréhension**, l'**orthographe** et la **mémoire verbale** (Notman & Nadelson 1991)
 - Le **langage se développe plus tôt chez les filles** que chez les garçons (Ragland et al. 2000).
- Des IRM d'enfants et d'adolescents ont montré que le **volume de l'hippocampe** augmente significativement **plus chez les femmes** que chez les hommes avant et durant la puberté (Giedd et al. 1997).
 - L'hippocampe intervient dans le **stockage en mémoire à long terme** et notamment pour la mémoire verbale.

- Le développement accéléré de l'hippocampe des femmes rendrait compte de leur **meilleure performance en mémoire verbale** et de leur prise en compte **de points de repères** face à un nouvel environnement (Sandstrom et al. 1998).
- Les **cerveaux féminins ont 17% de neurones en plus** que les cerveaux masculins dans les **centres du langage** (Fisher, 1998)
- Des IRM comparant hommes et femmes sur des **tâches langagières** indiquent que les **cerveaux masculins doivent travailler beaucoup plus dur** pour atteindre un niveau de performance équivalent.
 - Les femmes utilisent leurs **deux hémisphères pour traiter le langage** tandis que chez les hommes l'activité est circonscrite à l'hémisphère gauche (Begley, 1985)
 - Pic d'habileté verbale durant l'**ovulation** où les **oestrogènes ont leur niveau maximum** (Fisher, 1998)

- Les **femmes sont meilleures** que les hommes pour **interpréter la signification d'une expression faciale** et toute forme d'information émotionnelle.
 - Certains auteurs suggèrent une **prédisposition génétique de la femme pour un comportement socialement orienté** tandis que chez l'homme il serait acquis par apprentissage social (Skuse et al. 1997).
 - **L'information émotionnelle** est chez la femme principalement traitée par l'**hémisphère** droit tandis que chez l'homme l'hémisphère droit est guère meilleur que le gauche pour traiter ce type d'information.
- Le cerveau féminin est morphologiquement et fonctionnellement plus symétrique (**moins latéralisé**) que celui de l'homme et a un **corps calleux plus épais**.
 - déterminerait une capacité particulière chez la femme pour la **pensée synthétique et l'intégration d'informations éparses** (Fischer 1998)
 - particularité fonctionnelle peut-être à l'origine de la croyance populaire à « **l'intuition féminine** ».

C. Les spécificités masculines

- Concernant les subtests déterminant les notes globales de QI
 - Les hommes surpassent les femmes dans la **compréhension et la manipulation des relations spatiales** sur les tests de labyrinthe papier-crayon, les tests spatiaux standards comme les **tâches de rotation mentale** (Les sujets ont à associer une image d'un objet tridimensionnel avec 4 objets similaires orientés dans différentes positions) (Levy & Heller, 1992)
- Les hommes sont plus performants dans les tâches consistant en **relations visuospatiales** dans des **contextes confus et conflictuels**:
 - Cette capacité est appelée **indépendance à l'égard du champ**; elle est hautement **corrélée à l'habileté spatiale**.
 - Les femmes circulent dans l'espace en prenant des points de repères tandis que **les hommes utilisent un sens de la direction**.
 - L'indépendance à l'égard du champ est **négativement corrélée avec toutes les formes de comportement social**.
 - Les femmes, **plus dépendantes à l'égard du champ**, sont **plus attentives à l'information sociale** et sont meilleures dans l'interaction (Levy & Heller 1992)

- Dans une étude où l'on comparait comment les adolescents voyaient leurs amis (Matthys et al. 1994):
 - Les **garçons** les décrivaient en termes de **qualités individuelles**.
 - Les **filles** voyaient leurs **amis comme appartenant à un contexte plus large** incluant les amis de leurs amis, leurs liens de parenté et beaucoup d'autres informations associées.
- Des IRM d'enfants et d'adolescents ont montré que le **volume de l'amygdale** augmente significativement **plus chez les garçons que chez les filles**:
 - L'**amygdale** est une structure **impliquée dans le traitement de l'information socio-émotionnelle** associée au fonctionnement de hiérarchies de dominances, un **aspect critique de la compétition mâle/mâle** (Giedd et al. 1997).
- Les hommes, avec leur **asymétrie hémisphérique plus forte**, ont un mode de **pensée plus compartimenté**.
 - Leur mode de pensée tend à être linéaire, **orienté vers un but** et il est **moins tolérant à l'ambiguïté**.

D. Conclusion et fonctions des différences

- Points forts **féminins**:
 - Très grande **habileté verbale**, très grande **intelligence émotionnelle**, facilités pour la **pensée synthétique**
- Points forts **masculins**:
 - Très grande **habileté spatiale**, habileté pour les **maths et la pensée linéaire**.
- Bien évidemment sur certaines aptitudes certains individus auront des profils particulièrement « masculins » ou « féminins ».

- On peut s'interroger sur la **fonction des différences cognitives / sexes** (Buss, 1994):
 - La plus grande **empathie et intelligence émotionnelle** des femmes favoriseraient les **soins à une progéniture dépendante**.
 - Les **capacités verbales des femmes et leur intelligence émotionnelle** contribueraient à leur habileté à **former des coalitions** permettant la mutualisation des ressources maternelles.
 - **La pratique de la chasse** aurait **facilité l'évolution des aptitudes spatiales** des hommes.
 - S'ils poursuivent un gibier, ils peuvent zigzaguer mais ont intérêt à savoir rentrer par le chemin le plus direct.
 - De façon plus générale, **l'aptitude spatiale** permettrait aux hommes de **quitter leur groupe de naissance** pour s'installer ailleurs (fréquence de l'erratisme des jeunes mâles).
 - La **moindre empathie des hommes** serait associée à leur **capacité à tuer un ennemi** sans états d'âme.

VII. Abstract



Même s'il domine le monde humain grâce à la civilisation et à la technologie, l'homme moderne, comme les autres animaux, est issu d'un processus d'évolution s'exerçant sur des millions d'années. Plusieurs courants philosophiques de la conception du vivant s'étaient opposés à cette filiation et s'efforçaient de mettre une barrière « étanche » entre l'homme et les animaux (cf. cartésianisme). L'anthropologie, si elle s'intéresse aux spécificités humaines, met avant tout l'accent sur un homme façonné par sa culture et ne s'intéresse pas à l'influence de son histoire biologique sur ses comportements. Quant aux théories de l'apprentissage, elles se préoccupent avant tout de déterminer des lois basées sur le traitement des stimuli de l'environnement et ne prennent pas en compte les contraintes éthologiques s'exerçant sur l'apprentissage. Les modèles cognitifs restent pour leur part très « anthropocentrés » et se focalisent sur des modélisations internes et computationnels des processus psychologiques. Une discipline récente, la psychologie évolutionniste, tente de rétablir le lien entre l'homme moderne et ses racines biologiques : elle va considérer que l'*homo sapiens* que nous sommes a été façonné par la période la plus importante de son existence, celle où il était chasseur-cueilleur. La psychologie évolutionniste s'appuie sur l'éthologie qui étudie le comportement des individus dans un milieu donné en prenant en compte les contraintes spécifiques de cet environnement. Mais étudier le comportement peut se faire à différents niveaux selon les questions auxquelles on souhaite répondre. Tinbergen identifie 4 questions indépendantes qui correspondent à des niveaux explicatifs disjoints mais complémentaires : causes proximales, ontogenèse, fonction, histoire évolutive. La particularité de la psychologie évolutionniste est de prendre en compte les deux derniers niveaux.

Afin de comprendre les processus qui ont fait de nous ce que nous sommes, il est nécessaire de connaître la Théorie de l'évolution. A partir d'une conception fixiste du vivant (Cuvier), Lamarck puis Darwin ont posé le principe d'une transformation des espèces au cours du temps.

Lamarck croyait à une transmission des caractères acquis, idée qui s'est avérée fautive, tandis que Darwin et Wallace posèrent le concept de sélection naturelle. Cette découverte identifiait le principe de l'évolution mais pas son mécanisme complet : il manquait un maillon qui est venu de la génétique et de la redécouverte des lois de Mendel qui ont permis de comprendre les mécanismes de transmission des caractères dans une population. Mais il ne suffit pas d'identifier les gènes pour prédire à coup sûr l'apparence d'un individu : ce qui est visible correspond à un phénotype issu d'une interaction du génome avec l'environnement intra et extracellulaire. Cette expression phénotypique donne une marge adaptative plus large à un génome donné, pouvant même amener certains animaux à changer de sexe. A la lumière de ces concepts, une dichotomie inné / acquis ne se justifie donc pas.

Selon la théorie de l'évolution, les mutations vont être déterminantes pour engendrer des changements mais sont aléatoires. Alors, sans tomber dans une conception néo-lamarckienne, on pouvait se demander dans quelle mesure les contraintes du milieu pesaient sur l'orientation des mutations. A ce jour, on a pu démontrer que si le milieu intervient ce n'est qu'au niveau de la quantité des mutations, pas de leur orientation. Du point de vue adaptatif, plus il existe de mutations, plus les chances d'adaptation sont fortes. Pour s'exercer, la sélection naturelle repose en premier lieu sur la variabilité des individus assurée par les mutations, les recombinaisons génétiques et les migrations, puis sur les conséquences pour la *fitness*, et enfin sur un mode d'héritabilité des caractères. Le principe d'*inclusive fitness* (Hamilton), qui élargit la notion de *fitness* en ne la limitant pas à l'individu, nous explique pourquoi des individus sont capables de se sacrifier dans la mesure où ce sacrifice est compensé par un nombre d'apparentés – partageant les mêmes gènes – qu'ils vont ainsi sauver. Mais lorsque l'altruisme se produit en dehors de tout lien de parenté proche, il repose sur l'altruisme réciproque. Comprendre ce mécanisme nécessite d'étudier le dilemme du prisonnier qui montre que lorsqu'il existe du pour et du contre dans le fait de coopérer, la stratégie suivie dépendra de la probabilité que la situation se reproduise...

La sélection naturelle n'agit pas uniquement par rapport à une compétition interspécifique mais elle agit également à un niveau intraspécifique avec la sélection sexuelle. La sexualité, en dépit de la prise de risque qu'elle fait courir à un organisme (parures encombrantes et voyantes chez certains mâles), a l'intérêt de fournir un potentiel évolutif plus important des individus à travers la combinaison de gamètes issues de deux individus. La femelle ayant chez la plupart des espèces l'investissement le plus important dans la progéniture, ce sont les mâles qui seront les plus en compétition pour se reproduire. Il existe deux catégories de sélection sexuelle : une compétition mâle/mâle qui détermine surtout un développement important de la stature et de la musculature, et le choix du mâle par la femelle qui détermine une *runaway selection* basée sur le développement parfois exponentiel de caractères sexuels secondaires plébiscités par les femelles. Chez l'homme, cette sélection sexuelle pourrait expliquer notamment le développement du cerveau associé à celui de la créativité et du langage.

Une fois ces processus acquis, il est important de situer la place et le timing de l'évolution humaine dans son contexte le plus large. Cette démarche permet par exemple de constater que l'homo sapiens moderne existe depuis 100000 ans mais qu'il est passé à un mode de vie sédentaire associé à l'agriculture depuis 18000 seulement, début de sa sédentarisation. Ce changement de mode de vie a fait passer l'humanité d'un système de groupes tribaux de chasseurs cueilleurs dont l'alimentation était diversifiée mais parfois aléatoire en quantité, à un système dans lequel la nourriture était abondante mais peu diversifiée. Parallèlement les populations humaines tendaient à se regrouper. Ce changement alimentaire et social intervenu relativement tard dans l'évolution de notre espèce a probablement déterminé des ratés dans l'adaptation (*mismatch*), dans la mesure où l'extraordinaire plasticité phénotypique humaine n'est probablement pas illimitée. Notre ancêtre préhistorique était beaucoup plus développé et sain que nos proches ancêtres de la période historique et c'est depuis une époque récente, avec les possibilités de transport et de conservation des aliments, que l'homme contemporain a retrouvé une stature plus proche de celle des premiers *homo sapiens* modernes.

Il est probable que l'alimentation de la société pré-industrielle, très carencée, expliquait les faibles statures. Pour autant, l'alimentation moderne présente d'autres dérives notamment à travers la surconsommation de graisses et de carbohydrates raffinés, en association avec relativement peu de végétaux. Les conséquences directes en sont l'hypertension artérielle et les problèmes cardio-vasculaires. De plus, nous restons « programmés » pour rechercher les saveurs salées dans la mesure où, au cours de notre évolution, le sel était une denrée rare voire absente de certaines régions. Un mécanisme autrefois adapté était la rétention de ce sodium par notre organisme. A présent, ce mécanisme est totalement inadapté et nous amène à des consommations excédentaires. Quant à notre réaction au stress, basée sur une préparation à des comportements de fuite attaque, elle est le plus souvent inadaptée à l'époque actuelle étant donnée l'évolution des agents stressants liés notamment à la promiscuité induite par la vie urbaine avec parallèlement peu de possibilités de réactions : les conséquences sont notamment l'artériosclérose, et une vulnérabilité aux agents infectieux. La dépression est également associée à ces transformations du mode de vie. La fréquence des comportements addictifs peut surprendre si l'on considère leur nocivité reconnue. La raison en est que la toxicomanie repose sur un court-circuitage des mécanismes de récompense et de plaisir du cerveau dont les fonctions sont à la base associées à des comportements de survie.

Beaucoup d'aspects des relations sociales prennent leurs racines dans notre phylogenèse. L'observation du monde animal nous montre une importance des relations dominants-dominés. De linéaires chez les poulets, ces hiérarchies deviennent beaucoup plus complexes chez les primates. Les bénéfices liés à la vie en groupe rendent néanmoins ce mode de vie plutôt avantageux même si les dominants qui trustent en général les ressources alimentaires et les femelles reproductrices sont les seuls n'en retirer que des avantages.

Les attitudes types associées à la dominance ou à la subordination suivent un continuum des mammifères sociaux à l'homme : ils ont été mis en relation avec des sentiments comme la honte et la fierté.

Mais ces relations de compétition ont déterminé une « course aux armes » pour une intelligence sociale manipulatrice de plus en plus élaborée et basée sur l'anticipation du comportement de l'autre. Une relation a pu être faite chez les primates entre le volume du néocortex cérébral et la taille des groupes. Ainsi, les relations de domination constituent un contexte stimulant poussant les individus à développer des comportements plus stratégiques limitant les confrontations physiques directes. Chez l'homme, on constate qu'un même raisonnement transitif sera maîtrisé dès 3 ans s'il porte sur des congénères et seulement à 6 ans s'il porte sur des objets. Chez les primates, la formation d'alliances et de coalitions sont des moyens efficaces pour progresser dans une hiérarchie. Ces alliances reposent principalement sur un principe de réciprocité. Si l'on constate que des relations hiérarchiques existent dans de nombreux groupes humains, enfants et adultes, il semble que les chasseurs-cueilleurs actuels fonctionnent plutôt sur un mode égalitaire. Dans leur mode de vie, il apparaît que la coopération rapporte plus qu'elle ne coûte. C'est quand il devient possible à certains individus de contrôler des ressources dont dépendent d'autres individus, avec notamment l'avènement de l'agriculture et de la sédentarité, que les rapports se hiérarchisent. Il semble ainsi que l'homme, de par son histoire évolutive, puisse avoir des aspirations à un fonctionnement égalitaire, ce qui n'est pas sans provoquer de la souffrance dans notre société. Les statuts sociaux ont pu être mis en relation avec la présence de médiateurs chimiques. L'apport de sérotonine (activatrice / motricité) peut même induire des ascensions sociales significatives. Un faible taux de sérotonine peut déterminer un profil de subordonné se caractérisant par une agressivité s'exerçant sur un mode bref et impulsif. Le niveau de testostérone est plutôt une conséquence du positionnement des individus que le véritable moteur de ce positionnement. Les hormones de stress (ACTH, cortisol) sont très néfastes lorsqu'elles sont chroniquement présentes dans les organismes d'individus subordonnés tandis que chez les dominants, elles sont disponibles en pics de grande quantité uniquement dans les situations d'urgence.

Chez l'homme, on constate que la pauvreté est associée à une longévité faible et à davantage de problèmes de santé. Mais avec la notion de patrimoine transmissible, il existe une tendance forte à la bipolarisation des populations selon leurs acquis initiaux. En contrepoint de cette tendance « inégalitaire », il existe tout de même des dispositions altruistes corrélées chez les vertébrés avec le niveau d'organisation sociale et l'investissement parental. Les IRP jouent un rôle non négligeable pour déclencher les réactions de soins et inhiber l'agressivité. L'altruisme réciproque, basé sur la stratégie du *Tit for Tat*, va prévaloir au niveau social humain. Cette stratégie, avec notamment l'avènement du langage puis de l'écrit, va constituer le substrat comportemental menant à édicter des règles puis des lois. L'homme aurait développé très tôt des facilités pour détecter les tricheurs qui violent les contrats sociaux. Mais la capacité à deviner les intentions d'autrui et à anticiper son comportement se rencontre à partir des primates supérieurs : elle est appelée *theory of mind*. Le fait toutefois de vivre dans un contexte de grandes populations urbaines pourraient avoir altéré la fréquence des actes altruistes dans la mesure où la réciprocité devient hautement improbable en raison de l'impossibilité de relations individualisées. Bien que l'émergence de règles et de lois ait pu être initialement basée sur des principes comme la réciprocité, il arrive que certaines idées s'éloignent de la réalité biologique humaine et échouent à gérer les sociétés humaines.

La sexualité, a un statut particulier dans notre espèce car, toujours préoccupation centrale, elle peut être tout aussi bien magnifiée que vilipendée selon le contexte social, les sentiments et les rites qui lui sont associés. On sait qu'à partir, au moins, des mammifères, c'est le plaisir qui va constituer la cause proximale de la sexualité, sa motivation. L'orgasme a en effet la particularité de stimuler les circuits dopaminergiques et de libérer des endorphines. L'émergence chez des singes comme les bonobos et chez l'homme d'une sexualité dissociée du cycle des femelles va donner à la sexualité un rôle social nouveau poussant vers une sophistication dans la recherche du plaisir. L'évolution de l'apparence de notre corps vers la nudité, associée à notre station verticale, va déterminer une érotisation du corps, plus sensible offert à la vue, et par là même vulnérable.

Mais la femme a deux particularités très importantes : elle est toujours potentiellement sexuellement réceptive et son ovulation n'est pas détectable par des signes extérieurs. L'homme est donc potentiellement toujours dans l'incertitude concernant sa paternité, ce qui aura des conséquences sur le plan social avec la tendance de l'homme à rester proche de sa compagne voire à la cloîtrer ou la mettre sous contrôle dans certaines cultures. Étant donné la différence homme / femme dans l'investissement parental minimum, notre espèce est dans la configuration où la sélection sexuelle pèse davantage sur l'homme que chez la femme : c'est le choix de l'homme par la femme à travers le comportement de cour de celui-ci qui aurait promu par *runaway selection* l'importance des qualités de nouveauté et de créativité avec des conséquences positives notamment sur le développement du langage. Les préférences des hommes et des femmes pour leurs partenaires diffèrent selon les stratégies de liaisons à court ou long terme dans lesquelles ils sont engagés. On considère souvent que la stratégie « court terme » est la plus efficace pour un homme dans la mesure où elle consiste à féconder le plus de femmes possible : c'est le plus sûr moyen pour lui d'améliorer sa *fitness*. Dans ce contexte, il est peu exigeant sur les qualités de sa partenaire, seul le physique et le jeune âge est important. Par contre, si l'homme assure une relation à long terme avec un investissement parental fort, son objectif sera de maximiser sa *fitness* en choisissant une compagne jeune, présentant notamment des indices d'une faible activité sexuelle antérieure et des qualités parentales et psychologiques. Les femmes sont au contraire plutôt dans une stratégie relationnelle à long terme. Leur objectif sera de trouver un partenaire qui s'investisse dans l'aide et l'éducation des enfants. Il existe chez elles des stratégies à court terme qui, à l'exception de la stratégie cash (obtention d'un avantage matériel immédiat), ne remettent pas en cause un projet dominant de relation à long terme. Il faut cependant noter que les EPC sont plus susceptibles de se produire durant la période de l'ovulation (fonction d'amélioration de la qualité génétique de la progéniture). Dans les critères de choix des femmes on retrouve globalement les mêmes que chez les hommes avec toutefois une importance plus marquée donnée au statut social, à la richesse et à un âge supérieur au leur.

L'étude des fondements esthétiques de l'attraction nous indiquent une importance de la symétrie qui se détermine à partir d'une comparaison droite gauche de mesures de plusieurs parties du corps (*Fluctuating asymetry*). Les FA les plus faibles (bonne symétrie) sont corrélées avec des variables telles le nombre du partenaires, mais aussi la capacité à procurer des orgasmes. L'autre fondement de l'esthétique étudié est le rapport taille / hanche, *Waist Hip Ratio* (WHR) qui s'étage de 0.67 à 0.80 chez les femmes et correspond à la transformation physique acquise lors de la puberté féminine qui oriente les dépôts graisseux dans les cuisses et les fesses. Cette graisse à la particularité de ne pas s'éliminer facilement car elle constitue une réserve utilisée en cas de restriction alimentaire durant la gestation. Les hommes portent leur préférence sur un WHR de 0.7 qui correspond à une taille marquée. Bases chimiques de l'attraction ou de l'aversion intraspécifique les phéromones ont été longtemps sous-estimées chez l'humain au même titre que l'olfaction. L'androstérone joue un rôle dans la régularité des cycles des femmes. Chez l'homme, elle stimulerait le comportement sexuel-affectif. Une phéromone féminine, la copuline, jouerait un rôle dans la synchronisation des cycles. L'origine adaptative pourrait être liée à la possibilité de la prise en charge d'un enfant par une autre mère. L'exposition des hommes aux copulines perturbe leur jugement esthétique.

Contrairement à beaucoup de comportements qui peuvent être observés chez nos proches voisins primates, la jalousie est une spécificité humaine. Son origine vient, en plus de l'incertitude de l'ovulation de la femme, du fait que l'homme combine avantages de la vie de groupe et liaison privilégiée avec une femme particulière. L'absence de jalousie augmenterait alors le risque d'élever un enfant qui ne serait pas de lui. La jalousie masculine est avant tout liée à l'infidélité sexuelle tandis que chez les femmes elle serait liée à l'infidélité émotionnelle. Il est intéressant de comparer chez les plus proches cousins de l'homme les différences dans la taille de leurs organes génitaux en relation avec leur structure sociale. On constate alors que chez les gorilles où il n'existe qu'un mâle reproducteur, le pénis et les testicules sont de petite taille.

A l'opposé, les chimpanzés, chez lesquels plusieurs mâles s'accouplent et qui sont donc confrontés à une forte compétition spermatique, ont les testicules les plus développés des primates et un pénis plus développé que celui du gorille. Mais curieusement, c'est l'homme qui a le pénis le plus développé : on a émis l'hypothèse que cette particularité pourrait avoir pour fonction de maximiser la chance d'orgasme de la femme, augmentant ainsi la probabilité de fécondation. L'homosexualité est considérée comme anormale, perverse ou pathologique dans certaines cultures dans la mesure où elle ne vise pas la procréation. En fait, ce serait oublier que chez l'homme, la sexualité est souvent dissociée de la procréation. De plus, la sexualisation du corps par les hormones ne se fait pas en tout ou rien. Elle s'opère lors de l'ontogenèse et peut connaître certaines fluctuations phénotypiques. Il n'existe donc pas de gène de l'homosexualité en tant que tel. Un comportement amoureux extrême comme le coup de foudre est considéré comme souvent voué à l'échec sur le long terme dans la mesure où il repose sur une déformation positive de l'objet d'amour : sa fonction serait alors de faciliter la formation d'un couple solide en peu de temps et de l'assurer sur une durée d'au moins 3 ans.

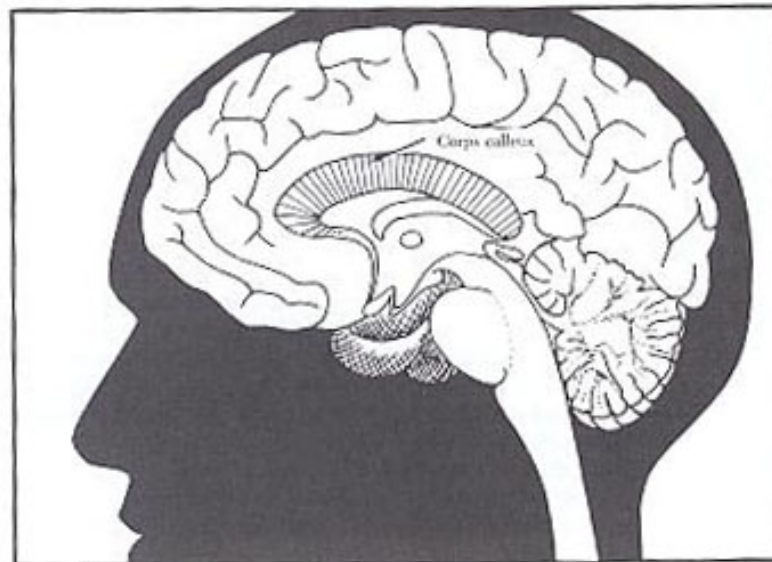
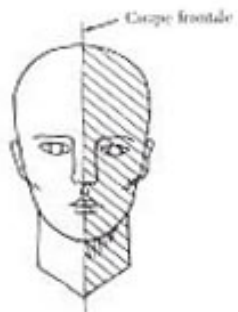
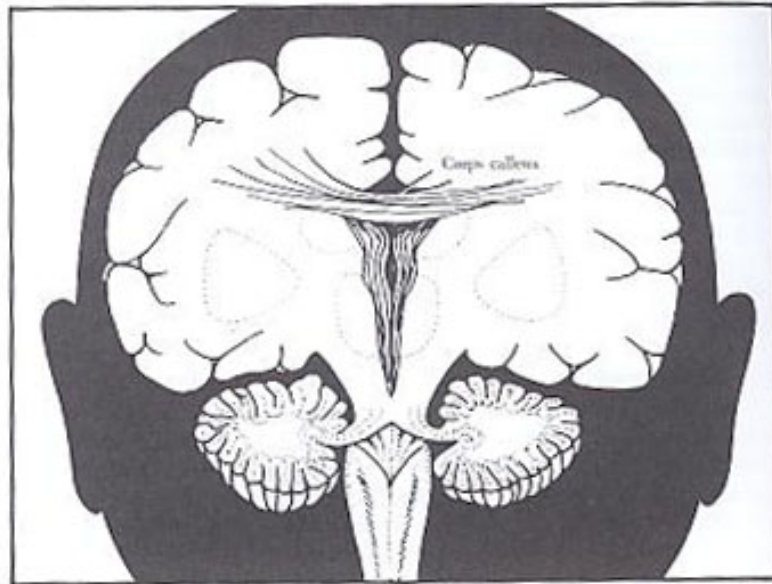
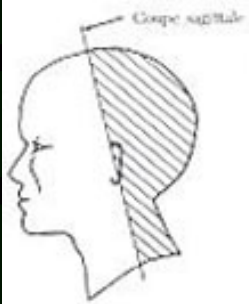
Notre cerveau est d'une certaine façon le fruit des hasards de l'évolution, mais nous avons beaucoup de difficultés à nous résoudre à cette idée. Ainsi, nous avons tendance à expliquer les événements passés à la lumière de ce que nous considérons être leur objectif ultime et avons tendance à voir des buts et des intentions partout (erreur téléologique). Rappelons que notre cerveau a été façonné par un faisceau de facteurs tels la sélection sexuelle, l'intelligence sociale, le climat, les techniques de chasse et le langage. Nous avons évoqué précédemment les deux premiers. Concernant le climat, on pense que les fluctuations climatiques de l'âge glaciaire ont déterminé la division des australopithèques en deux lignées. L'une de celles-ci dite « gracile » a évolué vers une tendance à la néoténie caractéristique propice à l'apprentissage avec pour caractéristique un grand cerveau / corps. Concernant les techniques de chasse, l'efficacité que confère la spécialisation d'un côté du corps aurait constitué une pression vers la latéralisation qui aurait aussi favorisé les fondements du langage. Celui-ci a boosté le développement du cortex en association avec les deux premiers facteurs.

L'homme a une particularité qu'il ne partage pas avec ses proches cousins primates : l'enfant humain reste très longtemps dépendant et vulnérable, et son développement, notamment celui de son cerveau, est en grande partie inachevé à la naissance. Cette naissance prématurée du jeune humain tient au fait qu'il existe deux contraintes difficilement compatibles : tendance à un cerveau de plus en plus volumineux et étroitesse du bassin de la femme liée aux contraintes biomécaniques de la station debout. Mais la viabilité de ce nouveau-né prématuré n'est possible que parce qu'il naît dans un contexte très protégé. Baldwin, avec le concept d'hérédité sociale, posait l'importance chez l'homme de la transmission sociale et culturelle qui vont le façonner d'autant plus que – né prématuré - il est plongé très tôt dans le bain culturel. En transformant son milieu en fonction de ses besoins, l'homme est au moins autant « sujet » « qu'objet » de l'évolution. Si l'on ajoute à cela sa plasticité comportementale et son « intelligence », l'homme moderne dépend peu du caractère aléatoire et de la temporalité des mutations pour s'adapter à son environnement. Mais ce serait une erreur de considérer que l'on peut tout apprendre par un apprentissage adéquat. Certains apprentissages sont dits « préparés » dans la mesure où notre histoire évolutive nous a prédisposés aux associations qu'ils supposent et d'autres sont dits « contre-préparés » dans la mesure où notre histoire évolutive ne facilite pas les associations qu'ils supposent. Le cas des phobies illustre parfaitement le phénomène : l'apprentissage de la peur de certains stimuli se fait très facilement tandis que d'autres ne deviennent pratiquement jamais l'objet de peurs même s'il on conditionne des sujets dans ce but.

On sait que la socialisation a été déterminante dans le développement des fonctions cognitives supérieures. Il est facile, en faisant un test *ad hoc*, de se rendre compte que l'on raisonne hypothético-déductivement plus efficacement sur un problème lorsque celui-ci porte sur un contrat social et nécessite de détecter la tricherie. Les cerveaux des femmes et des hommes n'ont pas été façonnés à l'identique au cours de notre histoire évolutive. Le cerveau des femmes est plus symétrique, a un corps calleux plus épais et le volume de leur hippocampe est supérieur.

Le cerveau des hommes est plus latéralisé et le volume de l'amygdale est plus important. Les femmes font notamment preuve d'une plus grande habileté verbale, d'une meilleure intelligence émotionnelle et d'une facilité pour la pensée synthétique évoquant parfois ce que l'on désigne par « intuition ». Les hommes font preuve d'une meilleure habileté spatiale et sont également plus performants dans le domaine des maths et de la pensée linéaire. L'interprétation fonctionnaliste de ces caractéristiques met l'accent sur l'importance pour les femmes de leurs aptitudes sociales / à la formation de coalitions avec leurs compagnes pour la mutualisation des ressources consacrées aux soins maternels. Pour les hommes, leur meilleure aptitude spatiale serait associée à leur plus grande propension à s'éloigner du lieu d'origine pour conquérir de nouveaux habitats ou se repérer plus efficacement dans leur environnement / à la chasse.

Annexes / Illustrations



Comparatif comportements « instinctifs » / « appris »

- Avantage des comportements dits « instinctifs » : ils sont rapidement opérationnels et demandent peu d'apprentissage au cours de l'ontogenèse pour s'exécuter parfaitement. Ils sont **particulièrement efficaces dans un environnement à la fois non protégé mais relativement prévisible quand à ses dangers.**
 - **Inconvénient** : ils sont quelque peu **rigides** et peuvent devenir **inadaptés face à un environnement qui se modifie** de façon importante.
- Avantage des comportements dits « appris » : ils permettent de s'adapter à toutes les conditions inédites qui peuvent se présenter, soit de façon directe, soit par l'utilisation d'outils. **Ils sont particulièrement efficaces dans un environnement changeant protégé.**
 - **Inconvénient** : Ils sont **plus lents à mettre en œuvre**, nécessitent des **répétitions** pour être parfaits et rendent l'individu **plus vulnérable dans un environnement hostile dont les dangers sont prévisibles**

Bipédie ◀ ▶ Bassin étroit



accouchement difficile ◀ ▶ naissance « prématurée »

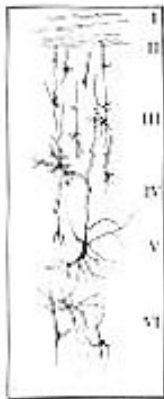


fin de croissance dans « bain culturel »



favorise acquisition / plasticité.





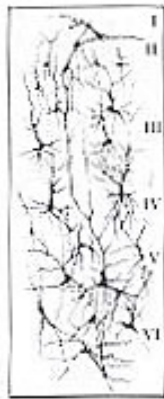
Développement dans la région du langage à la naissance



À 3 mois



À 15 mois



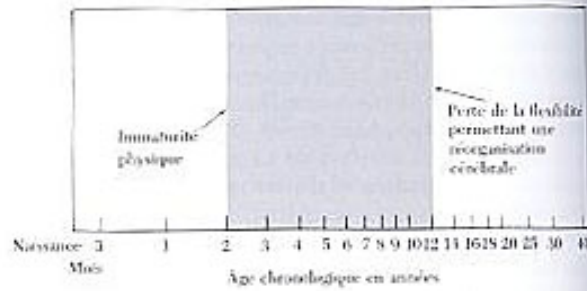
À 1 mois



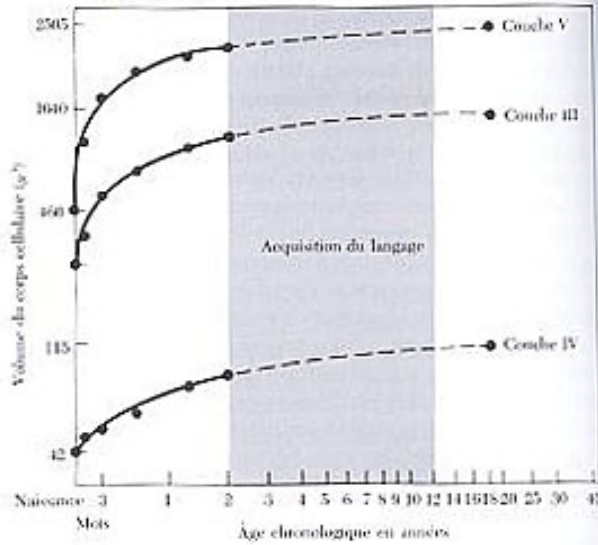
À 6 mois



À 2 ans



Facteurs limitant l'acquisition des capacités de base du langage



Neurones des VI couches du cortex cérébral en fonction de l'âge. Photographies de Conel (1939-1963) et graphiques de Schade, van Groenigen (1961) et Lenneberg (1967).



Illustrations: mécanismes psychologiques humains issus de notre évolution (D.M Buss, 1995) *cf. fonction*

<u>Mécanisme psy.</u>	<u>Fonction</u>	<u>Auteurs</u>
Peur des serpents	Éviter le poison	Marks (1987)
Jalousie sexuelle des mâles	Augmente la certitude de la paternité	Daly et al 1982
Préf. pour des nour. grasses	Augmente la prise de calories	Rozin (1976)
Préf. des fem. pour ressources économiques	Réserves pour les enfants	Buss (1989)
Préf. des mâles pour fem. jeunes	Sélection de partenaires à haute fertilité	Buss (1989) Singh (1993)
Préférence pour des env. de type savanes	Sélection d'habitats qui fournissent ressources et protection	Kaplan (1992)
Langage naturel	Communication et manipulation	Pinker & Bloom (1990)
Détection de la tricherie	Évite d'être exploité en société	Cosmides (1989)
Désir des mâles pour variété sexuelle	Motive la recherche de davantage de partenaires sexuels	Symons (1979)



H © Millen/Nature Focus





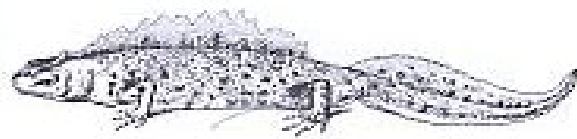
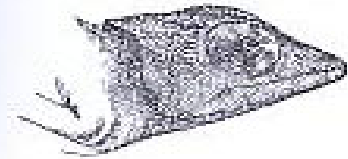
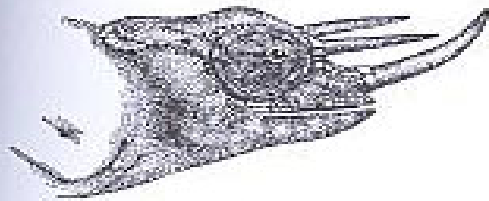










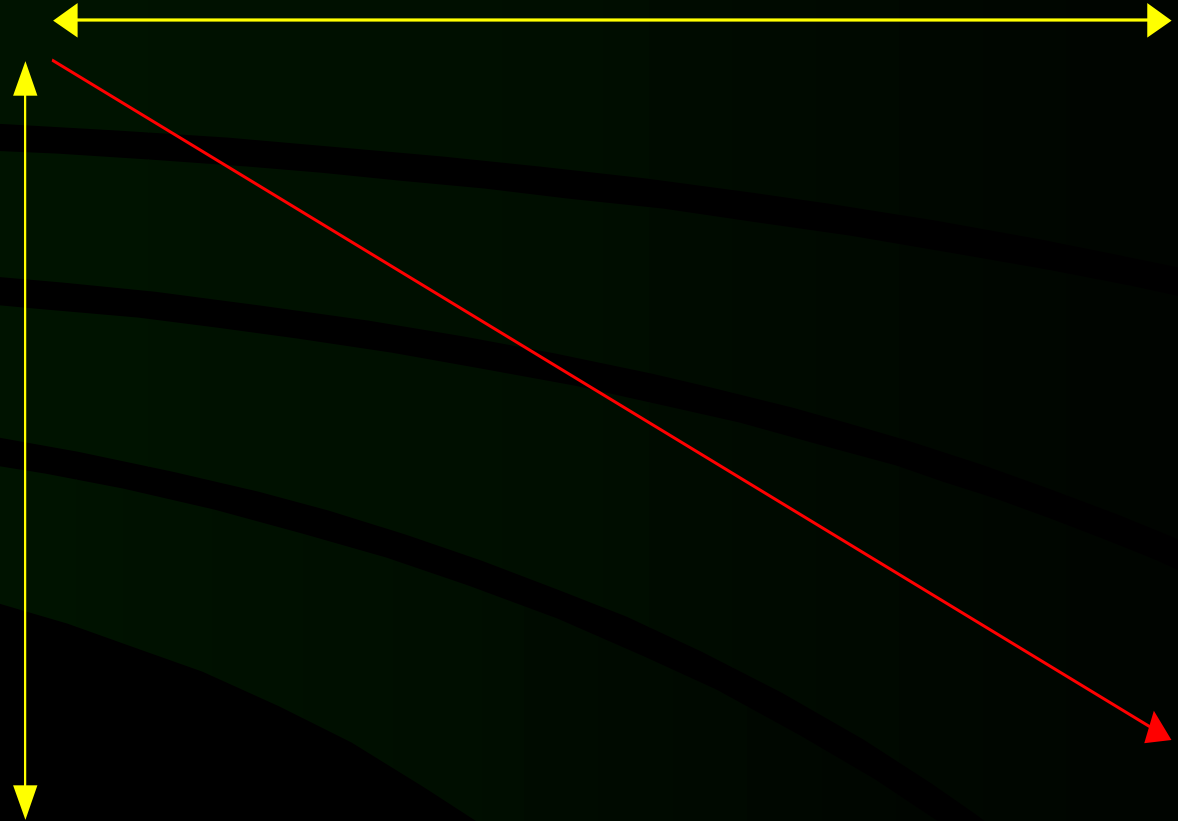


Il est remarquable que la variation environnementale puisse dans certains cas «copier» la variation héréditaire. Ainsi, le genévrier commun, arbuste à port érigé de basse altitude, prend, lorsqu'il pousse à haute altitude, l'aspect d'une autre espèce, le genévrier nain. Les deux espèces diffèrent héréditairement, car les graines de genévrier nain semées à basse altitude engendrent invariablement des arbrisseaux prostrés; au contraire, les graines prélevées sur des genévriers communs prostrés de haute altitude se développent toujours à basse altitude en arbustes érigés. Le phénotype pris à haute altitude par le genévrier commun, qui copie le phénotype, héréditairement déterminé, du genévrier nain, est qualifié de phénocopie. (Jean Générmont, 1999)

Génotype / Phénotype

Environnement

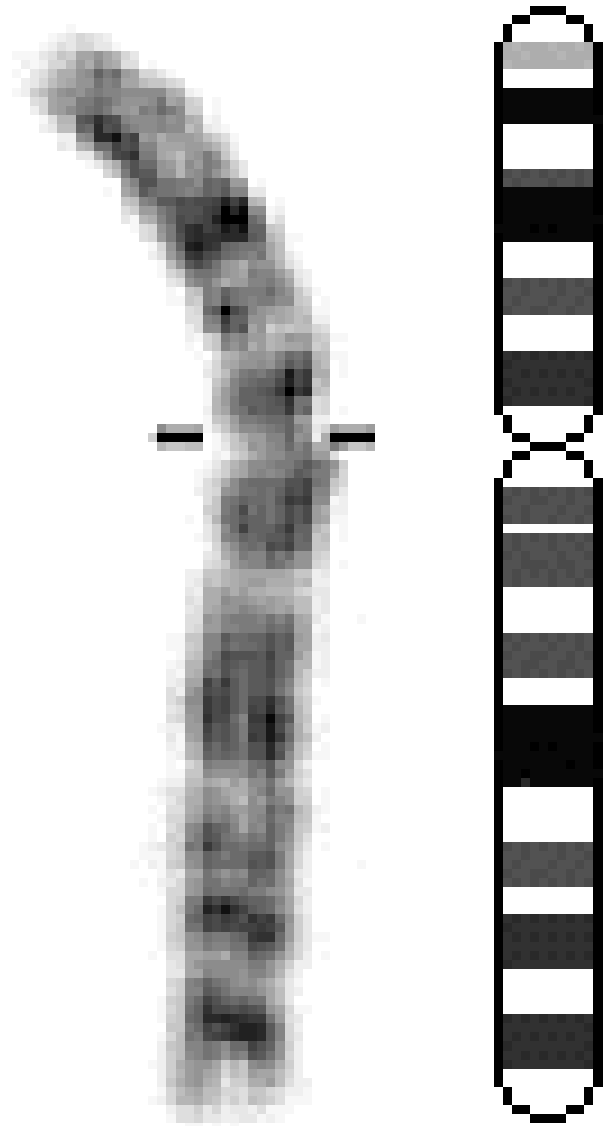
Génome

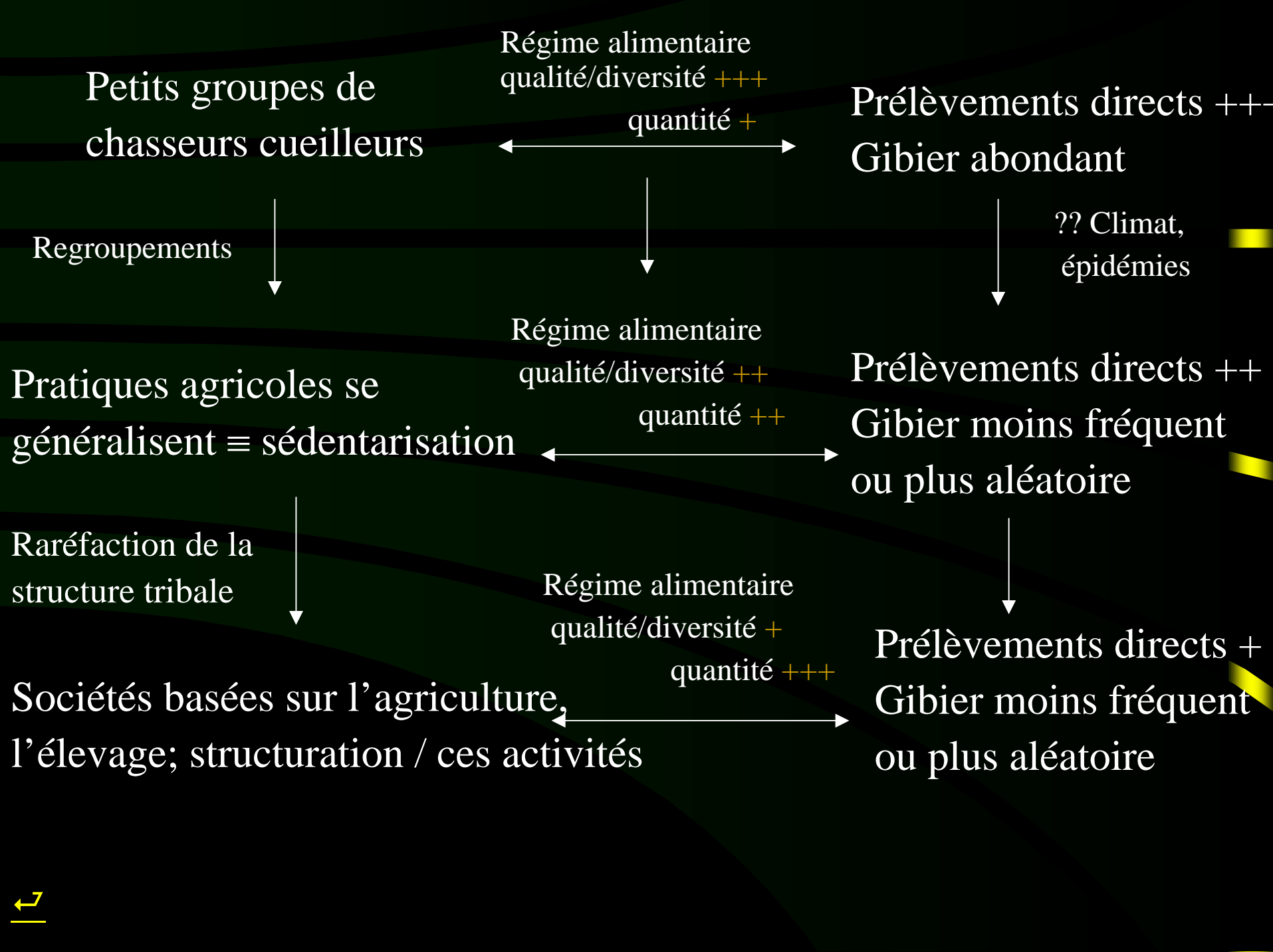












❑ Définition de **l'adaptation** selon Tooby & Cosmides (2000):

Une adaptation est un ensemble de caractéristiques phénotypiques qui reviennent à travers les générations chez une espèce donnée. Cet ensemble se développe inmanquablement durant le cours de la vie de l'organisme: il est le résultat de l'interaction de gènes spécifiques avec des **éléments temporellement stables de l'environnement**. Les gènes produisant l'adaptation ont été établis chez les espèces durant le cours de l'évolution parce que les caractéristiques conférées par ces gènes augmentaient la capacité reproductrice des individus les possédant.

➤ **Limite critique à cette conception**

- Tandis que la sélection naturelle produit des adaptations, il n'est pas nécessairement vrai que des adaptations soient toujours le produit de la sélection naturelle.
- Si les adaptations sont des traits qui dotent leur bénéficiaire d'une haute *fitness* relative dans un environnement, alors **n'importe quelles forces y compris le hasard peuvent produire une adaptation.**
- Il faut insister sur le fait que **la sélection naturelle va « sanctionner » les organismes qui ne sont pas viables, pour autant elle ne gardera pas toujours que les plus adaptés.**
 - Elle pourra garder des individus porteurs de traits sans aucune utilité pour leur survie dans un environnement donné, tant que ces traits ne constituent pas des handicaps majeurs.
 - On peut penser que la plupart des variations comportementales ne sont pas forcément adaptatives.

□ Les adaptations ont évolué pour résoudre des problèmes susceptibles d'être rencontrés dans *l'environnement of evolutionary adaptedness (EEA)* (Bowlby, 1967):

- L'EEA n'est pas une période ou un lieu spécifiques mais plutôt un **composite statistique d'éléments stables de l'environnement** comprenant les pressions sélectives ayant pour conséquence une adaptation particulière.
- Il peut se produire que les éléments de l'environnement qui interagissent avec les gènes requis durant l'ontogenèse pour mettre en œuvre l'adaptation ne soient pas présents au cours du développement d'un **individu donné**: par exemple, un enfant né avec des problèmes auditifs, même soigné avec succès, ne pourra pas retrouver des aptitudes langagières normales.



© 2004 National Geographic Society

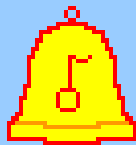


© 2004 National Geographic Society



© 2004 National Geographic Society

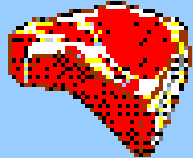




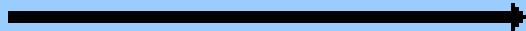
B
E
L
L



The bell as a neutral stimulus (NS)

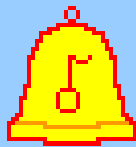


M
E
A
T



Meat is an unconditional stimulus (US)

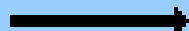
©'96 WP



B
E
L
L

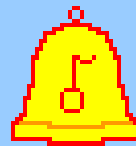


M
E
A
T



Meat and bell presented together (NS+US)

©'96 WP



B
E
L
L



Bell (CS) alone elicits salivation (CR)

©'96 WP











- Les neurotransmetteurs sont des messagers chimiques libérés de l'extrémité d'une cellule nerveuse afin de permettre la transmission d'un signal électrique à la cellule nerveuse adjacente.

- La *theory of mind* signifie qu'un individu en voit un autre faire l'expérience d'un état mental et, en conséquence, peut faire des prédictions précises au sujet du comportement de l'autre individu étant donné les informations qu'il a sur l'expérience de l'autre.