

L'évolution des espèces : des fouilles archéologiques au séquençage de l'ADN

Hervé Seitz

IGH (unité mixte n°9002, CNRS et université de Montpellier)

17 mai 2023

Diaporama disponible sur :

<http://www.igh.cnrs.fr/equip/Seitz/Genop10a.pdf>

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

Mise en évidence

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

Mise en évidence

- Philosophes de l'Antiquité (Empédocle, Lucrèce) et du Moyen-Âge (Ibn Miskawayh) : des idées proches de la théorie de l'évolution et de la sélection naturelle, mais sans démonstration.

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

Mise en évidence

- Philosophes de l'Antiquité (Empédocle, Lucrèce) et du Moyen-Âge (Ibn Miskawayh) : des idées proches de la théorie de l'évolution et de la sélection naturelle, mais sans démonstration.
- XVIII^{ème} et XIX^{ème} siècles : fossiles d'espèces disparues ; preuves de l'évolution de l'environnement au cours des temps géologiques.

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

Mise en évidence

- Philosophes de l'Antiquité (Empédocle, Lucrèce) et du Moyen-Âge (Ibn Miskawayh) : des idées proches de la théorie de l'évolution et de la sélection naturelle, mais sans démonstration.
- XVIII^{ème} et XIX^{ème} siècles : fossiles d'espèces disparues ; preuves de l'évolution de l'environnement au cours des temps géologiques.



Mastodonte (source : [Wikimedia](#))

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

Mise en évidence

- Philosophes de l'Antiquité (Empédocle, Lucrèce) et du Moyen-Âge (Ibn Miskawayh) : des idées proches de la théorie de l'évolution et de la sélection naturelle, mais sans démonstration.
- XVIII^{ème} et XIX^{ème} siècles : fossiles d'espèces disparues ; preuves de l'évolution de l'environnement au cours des temps géologiques → des espèces ont disparu ; des espèces ont graduellement évolué.



Mastodonte (source : [Wikimedia](#))

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

Mise en évidence

- Philosophes de l'Antiquité (Empédocle, Lucrèce) et du Moyen-Âge (Ibn Miskawayh) : des idées proches de la théorie de l'évolution et de la sélection naturelle, mais sans démonstration.
- XVIII^{ème} et XIX^{ème} siècles : fossiles d'espèces disparues ; preuves de l'évolution de l'environnement au cours des temps géologiques → des espèces ont disparu ; des espèces ont graduellement évolué.

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

Mise en évidence

- Philosophes de l'Antiquité (Empédocle, Lucrèce) et du Moyen-Âge (Ibn Miskawayh) : des idées proches de la théorie de l'évolution et de la sélection naturelle, mais sans démonstration.
- XVIII^{ème} et XIX^{ème} siècles : fossiles d'espèces disparues ; preuves de l'évolution de l'environnement au cours des temps géologiques → des espèces ont disparu ; des espèces ont graduellement évolué.

Des débats houleux entre « fixisme » et « transformisme » : considérations religieuses (création divine immuable), politiques (conservatisme ≠ philosophie des Lumières), animosités personnelles.

G. Cuvier :
([Source :
Wikimedia](#))



J.-B. de Lamarck :
([Source :
Wikimedia](#))



Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

Mise en évidence

Chez la plupart des auteurs :

- ▶ une hiérarchisation des espèces vivantes (êtres « supérieurs » et « inférieurs ») ;
- ▶ une volonté consciente de perfectionnement des espèces.

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

La téléonomie

L'évolution des
espèces

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

La téléonomie

Une impressionnante adaptation des êtres vivants à leur mode de vie, comme s'ils avaient été *faits pour ça*.

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

La téléonomie

Une impressionnante adaptation des êtres vivants à leur mode de vie, comme s'ils avaient été *faits pour ça*.



(Source : Wikimedia)



(Source : Wikimedia)



(Source : Wikimedia)

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

La téléonomie

Une impressionnante adaptation des êtres vivants à leur mode de vie, comme s'ils avaient été *faits pour* ça.



(Source : Wikimedia)



(Source : Wikimedia)

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

L'ADN

L'information génétique

L'évolution des
espèces

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

L'ADN

L'information génétique : permet la fabrication puis la croissance d'un être vivant.

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

L'ADN

L'information génétique : permet la fabrication puis la croissance d'un être vivant.

Elle est transmise à la descendance.

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

L'ADN

L'information génétique : permet la fabrication puis la croissance d'un être vivant.

Elle est transmise à la descendance.

Son support matériel : les molécules d'ADN, dans les cellules.

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

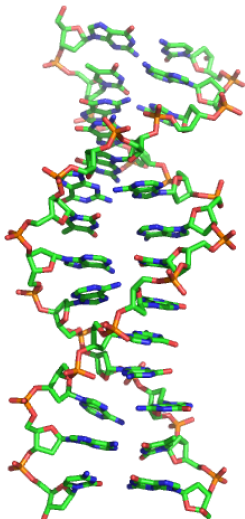
La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

L'ADN



L'évolution des
espèces

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

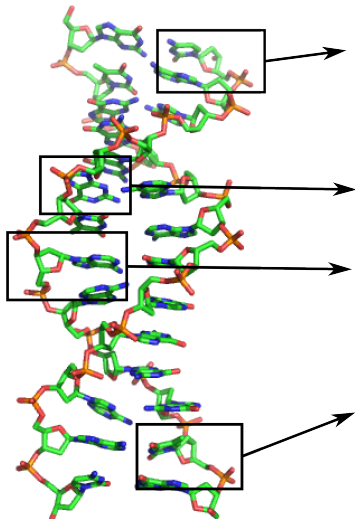
La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

L'ADN



Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

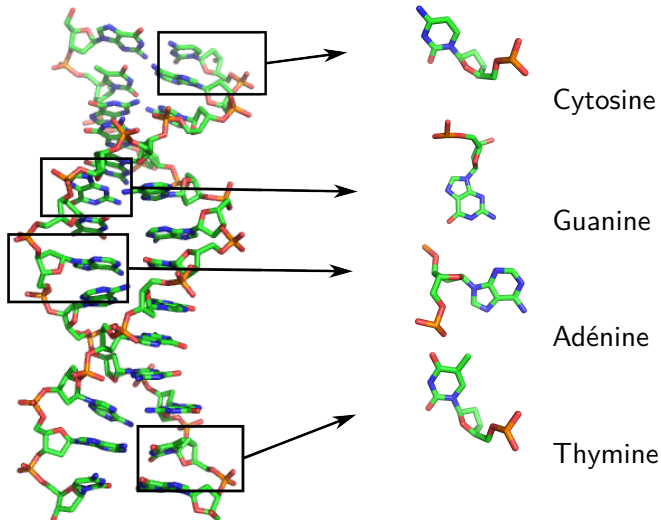
La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

L'ADN



Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

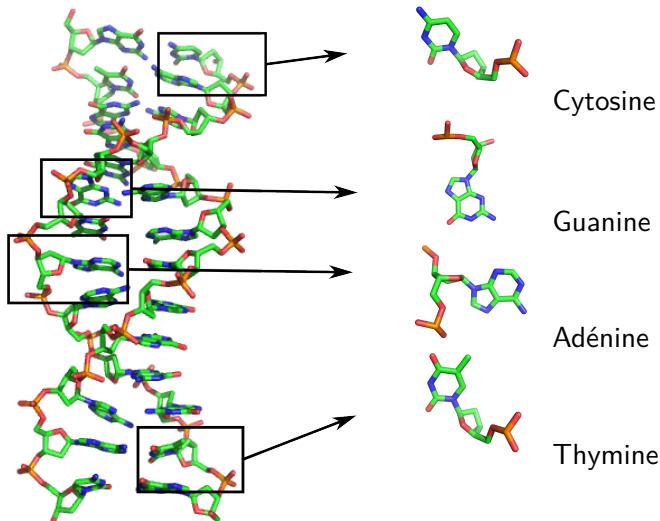
La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

L'ADN



L'information génétique est une séquence de groupements moléculaires.

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

L'ADN

Au cours de la croissance d'un individu :

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

L'ADN

Au cours de la croissance d'un individu : les cellules répliquent leur ADN, puis se divisent en deux, en attribuant un jeu de molécules d'ADN à chaque cellule-fille.

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

L'ADN

Au cours de la croissance d'un individu : les cellules répliquent leur ADN, puis se divisent en deux, en attribuant un jeu de molécules d'ADN à chaque cellule-fille.

Au cours de la reproduction : chaque parent transmet à l'enfant un demi-jeu de molécules d'ADN.

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

L'ADN

Au cours de la croissance d'un individu : les cellules répliquent leur ADN, puis se divisent en deux, en attribuant un jeu de molécules d'ADN à chaque cellule-fille.

Au cours de la reproduction : chaque parent transmet à l'enfant un demi-jeu de molécules d'ADN.

—> des mécanismes très fidèles de réplication et de transmission de l'information génétique.

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

Les mutations

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

Les mutations

...AGGTCGTAGTCGTGAGCGTAC...



De façon rarissime

...AGGTCGTAGT**T**GTGAGCGTAC...

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

Les mutations

...AGGTCGTAGTCGTGAGCGTAC...



De façon rarissime

...AGGTCGTAGT**T**GTGAGCGTAC...

Une « mutation »

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

Les mutations

...AGGTCGTAGTCGTGAGCGTAC...



De façon rarissime

...AGGTCGTAGT**T**GTGAGCGTAC...

Une « mutation »

Types de mutations :

- ▶ substitution (exemple : $C \longrightarrow T$) ;
- ▶ insertion ;
- ▶ délétion.

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

Les mutations

...AGGTCGTAGTCGTGAGCGTAC...

De façon rarissime

...AGGTCGTAGT**T**GTGAGCGTAC...

Une « mutation »

Types de mutations :

- ▶ substitution (exemple : C $\rightarrow$ T) ;
- ▶ insertion ;
- ▶ délétion.

Causes :

- ▶ imperfection de la réplication de l'ADN ;
- ▶ agression physico-chimique sur l'ADN ;
- ▶ insertion d'un élément génétique mobile ;
- ▶ ...

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

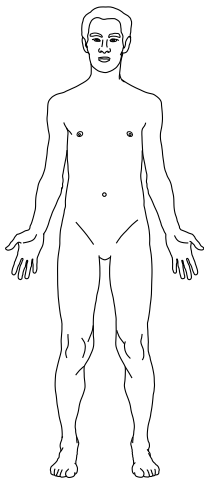
La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

Les mutations



Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

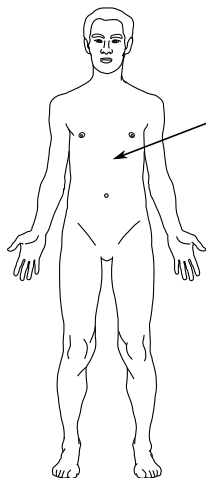
La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

Les mutations



Mutation dans une cellule quelconque :
disparaîtra à la mort de l'individu

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

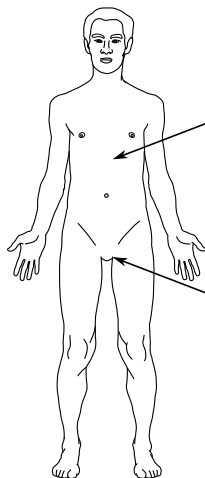
La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

Les mutations



Mutation dans une cellule quelconque :
disparaîtra à la mort de l'individu

Mutation dans les organes sexuels :
éventuellement transmise à la descendance

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

Les mutations

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

Les mutations

- ▶ Les mutations sont très rares ;

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

Les mutations

- ▶ Les mutations sont très rares ;
- ▶ chez les pluricellulaires : la plupart ne sont pas transmises à la descendance ;

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

Les mutations

- ▶ Les mutations sont très rares ;
- ▶ chez les pluricellulaires : la plupart ne sont pas transmises à la descendance ;
- ▶ la plupart sont sans conséquences sur l'aspect ou le fonctionnement de l'organisme.

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

Les mutations

- ▶ Les mutations sont très rares ;
- ▶ chez les pluricellulaires : la plupart ne sont pas transmises à la descendance ;
- ▶ la plupart sont sans conséquences sur l'aspect ou le fonctionnement de l'organisme.

→ l'évolution est très (très !) lente.

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

La sélection naturelle

Principe : les mutations font apparaître une diversité de
« variétés » dans chaque espèce.

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

La sélection naturelle

Principe : les mutations font apparaître une diversité de « variétés » dans chaque espèce. Leurs caractéristiques peuvent les rendre plus ou moins aptes à survivre et se reproduire : les plus aptes se reproduisent davantage.

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

La sélection naturelle

Principe : les mutations font apparaître une diversité de « variétés » dans chaque espèce. Leurs caractéristiques peuvent les rendre plus ou moins aptes à survivre et se reproduire : les plus aptes se reproduisent davantage.

—> les variations génétiques qui contrôlent cette aptitude s'enrichissent progressivement dans la population.

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

La sélection naturelle

Principe : les mutations font apparaître une diversité de « variétés » dans chaque espèce. Leurs caractéristiques peuvent les rendre plus ou moins aptes à survivre et se reproduire : les plus aptes se reproduisent davantage.

—> les variations génétiques qui contrôlent cette aptitude s'enrichissent progressivement dans la population.

Ce principe a été imaginé (par Darwin et Wallace, fin des années 1850) avant qu'on connaisse l'ADN et son rôle.

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

La sélection naturelle

Principe : les mutations font apparaître une diversité de « variétés » dans chaque espèce. Leurs caractéristiques peuvent les rendre plus ou moins aptes à survivre et se reproduire : les plus aptes se reproduisent davantage.

—> les variations génétiques qui contrôlent cette aptitude s'enrichissent progressivement dans la population.

Ce principe a été imaginé (par Darwin et Wallace, fin des années 1850) avant qu'on connaisse l'ADN et son rôle. Darwin croyait plutôt à la transmission des caractères acquis (l'usage d'un organe favorise son développement, qui se transmettrait à la descendance).

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

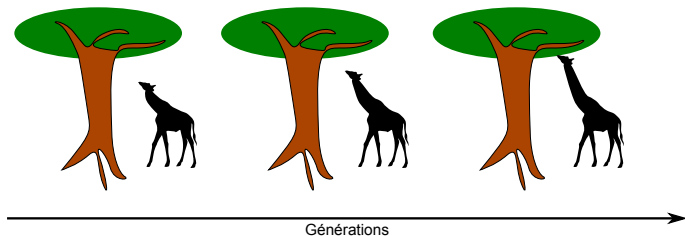
La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

La sélection naturelle



Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

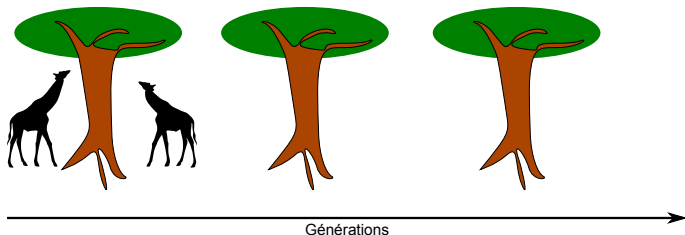
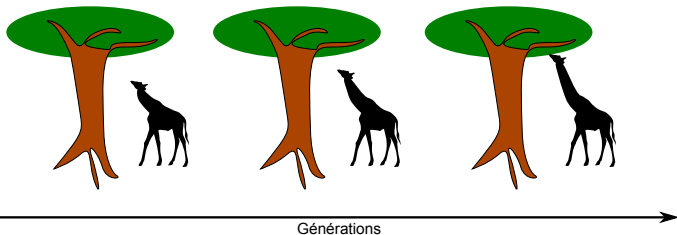
La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

La sélection naturelle



Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

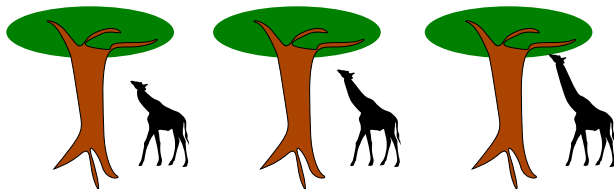
La généalogie du
vivant

Le finalisme

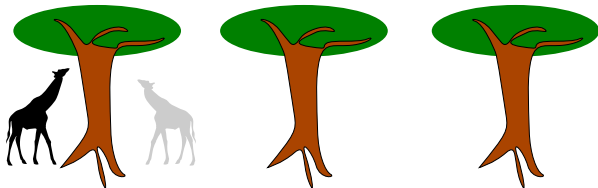
L'évolution
moléculaire

Conclusion

La sélection naturelle



Génération →



Génération →

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

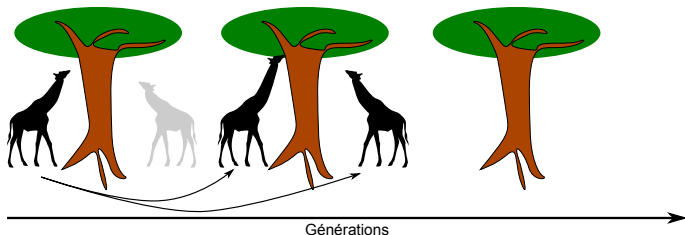
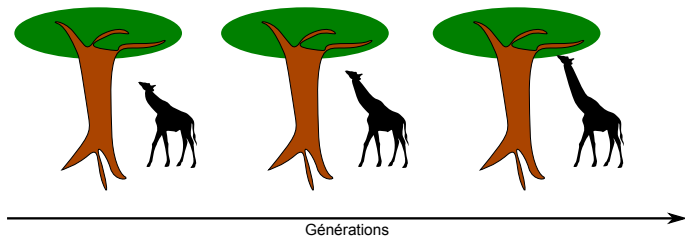
La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

La sélection naturelle



Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

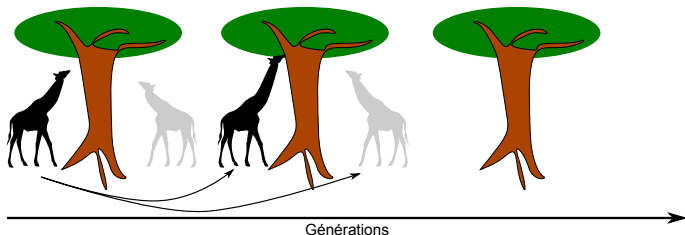
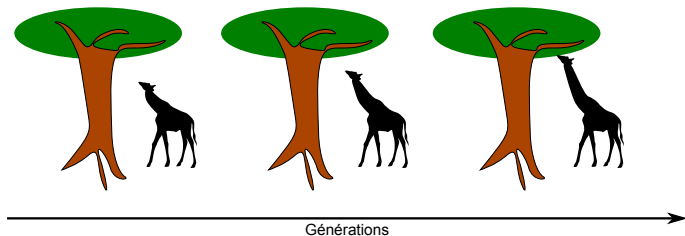
La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

La sélection naturelle



Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

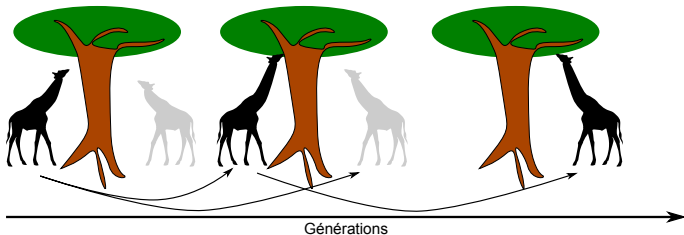
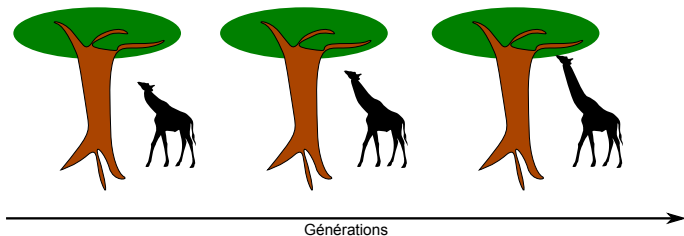
La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

La sélection naturelle



Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

La généalogie du vivant

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

La généalogie du vivant

Les espèces dérivent les unes des autres

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

La généalogie du vivant

Les espèces dérivent les unes des autres → une même espèce « ancêtre » peut avoir plusieurs espèces « descendantes ».

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

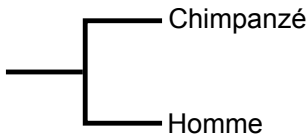
Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

La généalogie du vivant

Les espèces dérivent les unes des autres → une même espèce « ancêtre » peut avoir plusieurs espèces « descendantes ».



Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

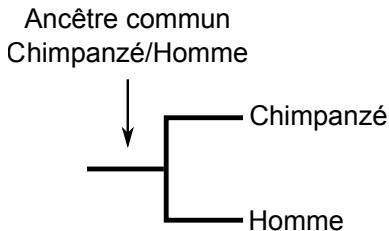
Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

La généalogie du vivant

Les espèces dérivent les unes des autres → une même espèce « ancêtre » peut avoir plusieurs espèces « descendantes ».



Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

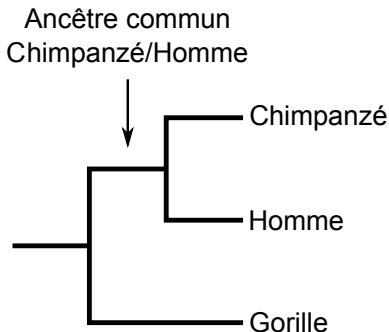
Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

La généalogie du vivant

Les espèces dérivent les unes des autres → une même espèce « ancêtre » peut avoir plusieurs espèces « descendantes ».



Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

La généalogie du vivant

Un arbre généalogique des espèces s'appelle un arbre
« phylogénétique ».

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

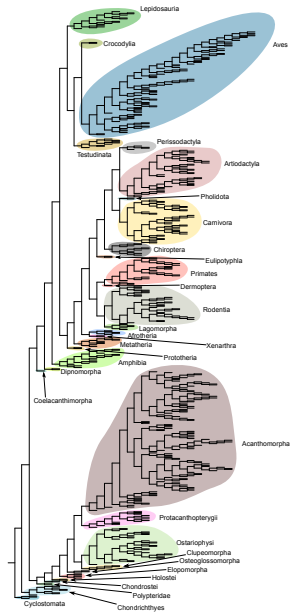
La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

La généalogie du vivant



L'évolution des
espèces

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

La généalogie du vivant

Tous les êtres vivants sur Terre (Animaux, Végétaux, Champignons, Bactéries, ...) descendent d'un ancêtre commun.

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

La généalogie du vivant

Tous les êtres vivants sur Terre (Animaux, Végétaux, Champignons, Bactéries, ...) descendent d'un ancêtre commun.

Leur dernier ancêtre commun (baptisé LUCA : *last universal common ancestor*) vivait sur Terre il y a ≈ 4 milliards d'années.

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

La généalogie du vivant

Tous les êtres vivants sur Terre (Animaux, Végétaux, Champignons, Bactéries, ...) descendent d'un ancêtre commun.

Leur dernier ancêtre commun (baptisé LUCA : *last universal common ancestor*) vivait sur Terre il y a ≈ 4 milliards d'années (la Terre a $\approx 4,5$ milliards d'années).

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

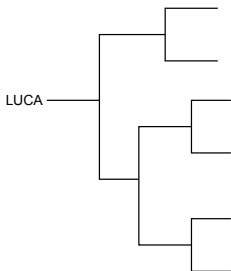
L'évolution
moléculaire

Conclusion

La généalogie du vivant

Tous les êtres vivants sur Terre (Animaux, Végétaux, Champignons, Bactéries, ...) descendent d'un ancêtre commun.

Leur dernier ancêtre commun (baptisé LUCA : *last universal common ancestor*) vivait sur Terre il y a ≈ 4 milliards d'années (la Terre a $\approx 4,5$ milliards d'années).



Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelleLa généalogie du
vivant

Le finalisme

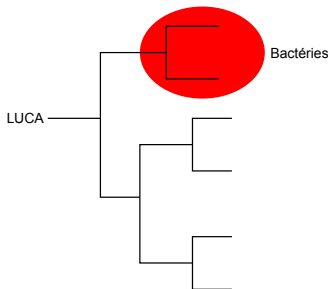
L'évolution
moléculaire

Conclusion

La généalogie du vivant

Tous les êtres vivants sur Terre (Animaux, Végétaux, Champignons, Bactéries, ...) descendent d'un ancêtre commun.

Leur dernier ancêtre commun (baptisé LUCA : *last universal common ancestor*) vivait sur Terre il y a ≈ 4 milliards d'années (la Terre a $\approx 4,5$ milliards d'années).



Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelleLa généalogie du
vivant

Le finalisme

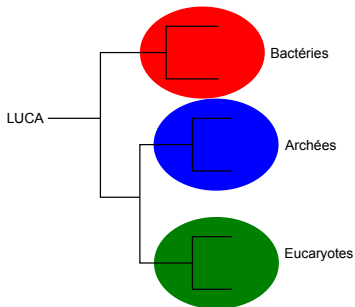
L'évolution
moléculaire

Conclusion

La généalogie du vivant

Tous les êtres vivants sur Terre (Animaux, Végétaux, Champignons, Bactéries, ...) descendent d'un ancêtre commun.

Leur dernier ancêtre commun (baptisé LUCA : *last universal common ancestor*) vivait sur Terre il y a ≈ 4 milliards d'années (la Terre a $\approx 4,5$ milliards d'années).



Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelleLa généalogie du
vivant

Le finalisme

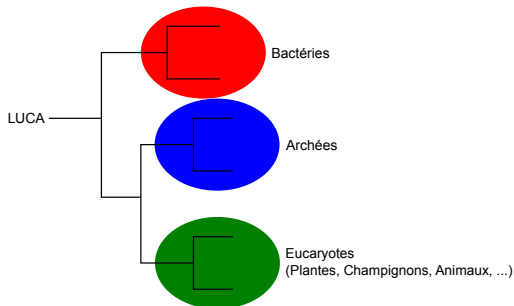
L'évolution
moléculaire

Conclusion

La généalogie du vivant

Tous les êtres vivants sur Terre (Animaux, Végétaux, Champignons, Bactéries, ...) descendent d'un ancêtre commun.

Leur dernier ancêtre commun (baptisé LUCA : *last universal common ancestor*) vivait sur Terre il y a ≈ 4 milliards d'années (la Terre a $\approx 4,5$ milliards d'années).



Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

La généalogie du vivant

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

La généalogie du vivant

Toutes les espèces actuelles ont le même âge évolutif

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

La généalogie du vivant

Toutes les espèces actuelles ont le même âge évolutif
—→ pas de hiérarchie en matière d'évolution entre toutes ces espèces !

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

La généalogie du vivant

Toutes les espèces actuelles ont le même âge évolutif
—> pas de hiérarchie en matière d'évolution entre toutes ces espèces !

Éviter les termes « espèce supérieure », « inférieure »,
« primitive » quand on parle d'espèces actuelles.

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

La généalogie du vivant

Toutes les espèces actuelles ont le même âge évolutif
→ pas de hiérarchie en matière d'évolution entre toutes ces espèces !

Éviter les termes « espèce supérieure », « inférieure »,
« primitive » quand on parle d'espèces actuelles.

Une représentation parfois tendancieuse de ce qu'est
l'évolution (*Homo sapiens* n'est pas un aboutissement !).



Il était une fois... l'Homme - Générique VF

(tiré du générique de « Il était une fois l'Homme »)

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

Le finalisme

Sophistication des êtres vivants

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

Le finalisme

Sophistication des êtres vivants : il semble que leurs organes ont été conçus **pour** accomplir des fonctions données.

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

Le finalisme

Sophistication des êtres vivants : il semble que leurs organes ont été conçus **pour** accomplir des fonctions données.

Point de vue scientifique : aucune volonté, aucune intention dans la mise en place des organes. C'est la sélection naturelle qui a progressivement amélioré la fonctionnalité des organismes.

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

Le finalisme

Sophistication des êtres vivants : il semble que leurs organes ont été conçus **pour** accomplir des fonctions données.

Point de vue scientifique : aucune volonté, aucune intention dans la mise en place des organes. C'est la sélection naturelle qui a progressivement amélioré la fonctionnalité des organismes.

Le « finalisme »: penser que les structures biologiques ont une intention (« les yeux sont là *pour* voir »; « le cœur accélère pour alimenter un effort physique »; ...).

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

L'évolution moléculaire

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

L'évolution moléculaire

...AGGTCGTAGTCGTGAGCGTAC...



De façon rarissime

...AGGTCGTAGT**T**GTGAGCGTAC...

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

L'évolution moléculaire

...AGGTCGTAGTCGTGAGCGTAC...

De façon rarissime

...AGGTCGTAGT**T**GTGAGCGTAC...

Lire la séquence des génomes → estimer le scénario de mutations qui a créé les différentes espèces.

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

L'évolution moléculaire

Physcomitrella patens 5S
Oryza sativa 5S
Populus trichocarpa 5S
Brassica rapa 5S
Salmo trutta 5S
Oryzias latipes 5S
Xenopus tropicalis 5S
Homo sapiens 5S
Apis mellifera 5S
Drosophila melanogaster 5S

TGATTTCGGTCATACCAAGGCTACTACACCAGATCCCATCAGAACTCTGAAGTTAAGCG [...]
 GGATGCGATCATACCAGCACTAAAGCACCGGATCCCATCAGAACTCCGAAGTTAAGCG [...]
 GAGTGTGATCATACCAGCACTAATGCCTGGATCCCATCAGAACTCCACAGTTAAATG [...]
 GGGTGCGATCATACCAGCACTAATGCACCGGATCCCATCAGAACTCCGCAGTTAAGCG [...]
 GTTTACGGCCATACCAGCCTGGGTACGCCCAGATCTCGTCTGATCTCGGAAGCTAAGCA [...]
 GCTTACGGCCATACCACCTGAACACGCCCAGATCTCGTCCGATCTCGGAAGCTAAGCA [...]
 GCCTACGGCCATACCACCTGAAAGCGCCCAGATCTCGTCTGATCTCGGAAGCTAAGCA [...]
 GTCTACGGCCATACCACCTGAACGCGCCCAGATCTCGTCTGATCTCGGAAGCTAAGCA [...]
 GCCAACGACCATACCACGTAGGAACTACTGGTTCTCGTTCGATCACCAAAGTCAAGCT [...]
 GCCAACGACCATACCACGCTGAATACATCGGTTCTCGTCCGATCACCGAAATTAAGCA [...]

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

L'évolution moléculaire

Physcomitrella patens 5S
Oryza sativa 5S
Populus trichocarpa 5S
Brassica rapa 5S
Salmo trutta 5S
Oryzias latipes 5S
Xenopus tropicalis 5S
Homo sapiens 5S
Apis mellifera 5S
Drosophila melanogaster 5S

TGATTTCGGTCATACCAAGGCTACTACACCAGATCCCATCAGAACTCTGAAGTTAAGCG [...]
 GGATGCGATCATACCAGCACTAAAGCACCGGATCCCATCAGAACTCCGAAGTTAAGCG [...]
 GAGTGTGATCATACCAGCACTAATGCACTGGATCCCATCAGAACTCCACAGTTAAATG [...]
 GGGTGCATCATACCAGCACTAATGCACCGGATCCCATCAGAACTCCGCAGTTAAGCG [...]
 GTTTACGGCCATACCAGCCTGGGTACGCCCGATCTCGTCTGATCTCGGAAGCTAAGCA [...]
 GCTTACGGCCATACCACCCTGAACACGCCCGATCTCGTCCGATCTCGGAAGCTAAGCA [...]
 GCCTACGGCCATACCACCCTGAAAGCGCCCGATCTCGTCTGATCTCGGAAGCTAAGCA [...]
 GTCTACGGCCATACCACCCTGAACGCGCCCGATCTCGTCTGATCTCGGAAGCTAAGCA [...]
 GCCAACGACCATACCACGTAGGAACTACTGGTTCTCGTTCGATCACCAGTCAAGCT [...]
 GCCAACGACCATACCACGTGAATACATCGGTTCTCGTCCGATCACCAGTCAAGCT [...]

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

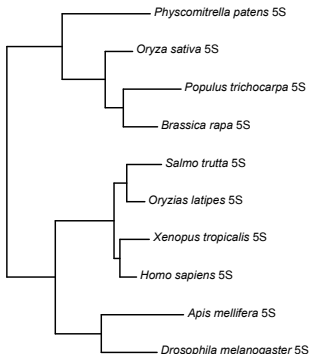
L'évolution
moléculaire

Conclusion

L'évolution moléculaire

Physcomitrella patens 5S
Oryza sativa 5S
Populus trichocarpa 5S
Brassica rapa 5S
Salmo trutta 5S
Oryzias latipes 5S
Xenopus tropicalis 5S
Homo sapiens 5S
Apis mellifera 5S
Drosophila melanogaster 5S

TGATTTCGGTCATACCAAGGCTACTACACCAGATCCCATCAGAACTCTGAAGTTAAGCG [...]
 GGATGCGATCATACCAGCACTAAAGCACC GGATCCCATCAGAACTCCGAAGTTAAGCG [...]
 GAGTGTGATCATACCAGCACTAATGCACTGGATCCCATCAGAACTCCACAGTTAAATG [...]
 GGGTGCATCATACCAGCACTAATGCACCGGATCCCATCAGAACTCCGCAGTTAAGCG [...]
 GTTTACGGCCATACCAGCCTGGGTACGCCCGATCTCGTCTGATCTCGGAAGCTAAGCA [...]
 GCTTACGGCCATACCACCTGAACACGCCCGATCTCGTCCGATCTCGGAAGCTAAGCA [...]
 GCCTACGGCCATACCACCTGAAAGCGCCCGATCTCGTCTGATCTCGGAAGCTAAGCA [...]
 GTCTACGGCCATACCACCTGAACGCGCCCGATCTCGTCTGATCTCGGAAGCTAAGCA [...]
 GCCAACGACCATACCACGTAGGAAGTCTGTTCTCGTTCGATCACCAGTCAAGCT [...]
 GCCAACGACCATACCACGTGAATACATCGGTTCTCGTCCGATCACCAGTCAAGCT [...]



Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

L'évolution moléculaire

La comparaison des génomes séquencés permet de retrouver de vieilles parentés reconnues entre groupes d'espèces ...

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

L'évolution moléculaire

La comparaison des génomes séquencés permet de retrouver de vieilles parentés reconnues entre groupes d'espèces ...

... et d'en invalider d'autres !

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

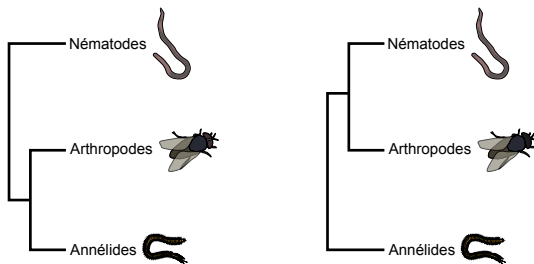
Conclusion

L'évolution moléculaire

La comparaison des génomes séquencés permet de retrouver de vieilles parentés reconnues entre groupes d'espèces ...

... et d'en invalider d'autres !

Exemple : le groupe des « Articulés » (Arthropodes et Annélides), démenti par l'analyse des génomes.



Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

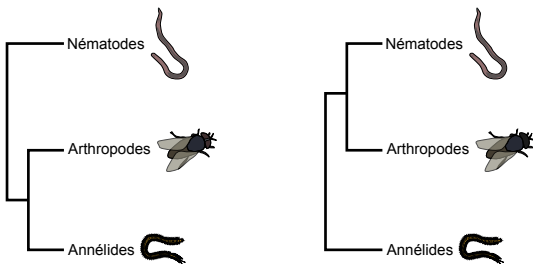
Conclusion

L'évolution moléculaire

La comparaison des génomes séquencés permet de retrouver de vieilles parentés reconnues entre groupes d'espèces ...

... et d'en invalider d'autres !

Exemple : le groupe des « Articulés » (Arthropodes et Annélides), démenti par l'analyse des génomes.



Des groupes hétérogènes (« Invertébrés », défini négativement) : sans réalité biologique.

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

Conclusion

L'évolution des
espèces

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

Conclusion

Les êtres vivants sur Terre dérivent tous d'un ancêtre commun.

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

Conclusion

Les êtres vivants sur Terre dérivent tous d'un ancêtre commun.

L'évolution est très lente, et s'appuie sur la sélection des plus aptes.

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

Conclusion

Les êtres vivants sur Terre dérivent tous d'un ancêtre commun.

L'évolution est très lente, et s'appuie sur la sélection des plus aptes.

—> une efficacité remarquable, une adaptation efficace à un environnement (potentiellement changeant).

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion

Conclusion

Les êtres vivants sur Terre dérivent tous d'un ancêtre commun.

L'évolution est très lente, et s'appuie sur la sélection des plus aptes.

—> une efficacité remarquable, une adaptation efficace à un environnement (potentiellement changeant).

La comparaison des génomes permet de retracer l'arbre phylogénétique.

Mise en évidence

La téléonomie

L'ADN

Les mutations

La sélection
naturelle

La généalogie du
vivant

Le finalisme

L'évolution
moléculaire

Conclusion