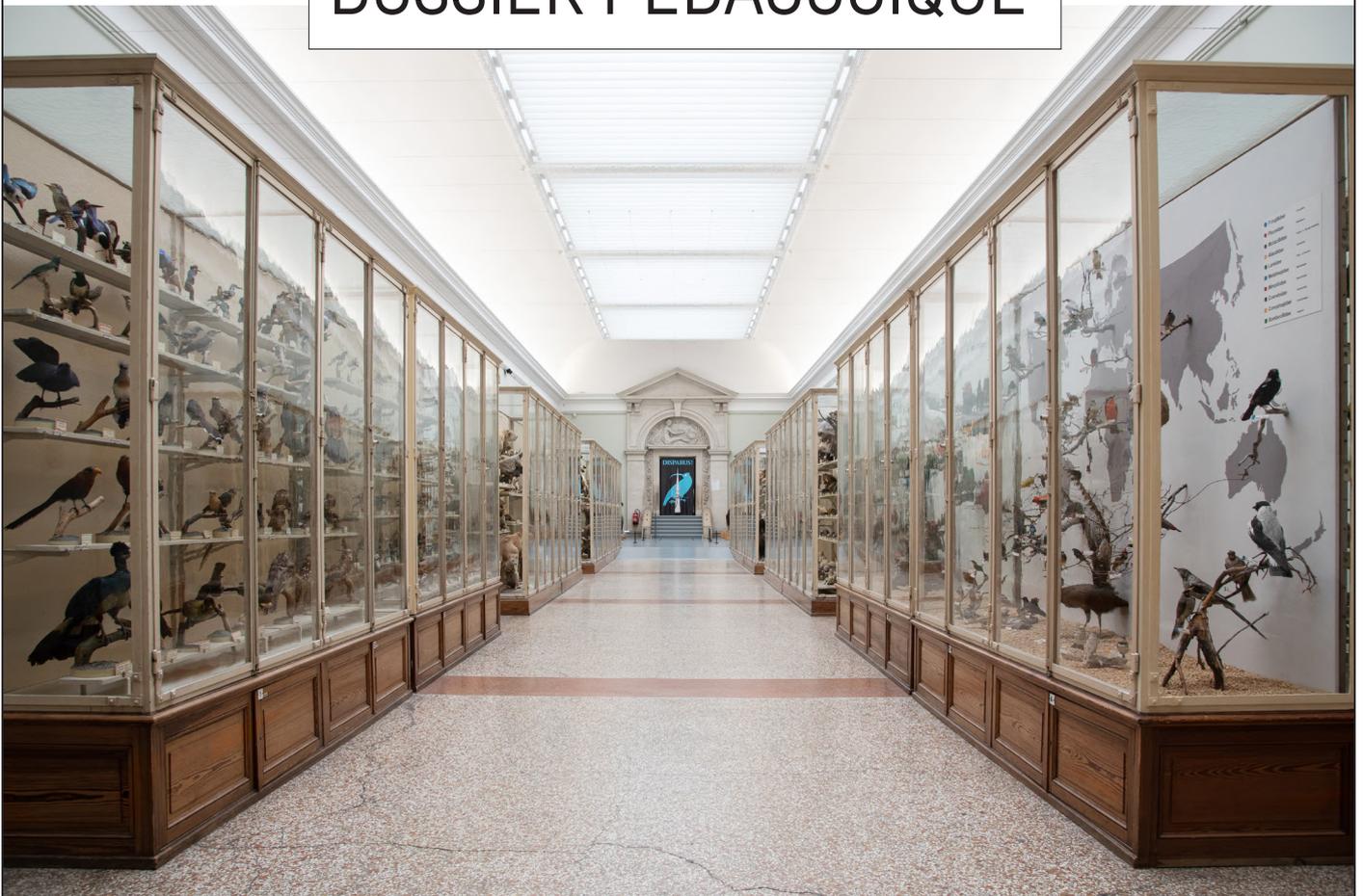


L'ÉVOLUTION AU DÉPARTEMENT DE ZOOLOGIE DU NATURÉUM

DOSSIER PÉDAGOGIQUE



NATURÉUM

MUSÉUM CANTONAL
DES SCIENCES NATURELLES

Informations pratiques

Naturéum

Département de zoologie
Palais de Rumine
Place de la Riponne 6
1005 Lausanne
mediation.natureum@vd.ch
natureum.ch

Horaires

Mardi-dimanche et jours fériés : 10h-17h
Fermé le lundi sauf les lundis de Pâques et
de Pentecôte : 10h-17h

Entrée gratuite

Accès

Bus TL 1 et 2 : arrêt Rue Neuve
Bus TL 7 et 8 : arrêt Riponne – M. Béjart
Bus TL 16 : arrêt Pierre Viret
Métro TL M2 : arrêt Riponne – M. Béjart

Réalisation du dossier pédagogique :
Naturéum, département de zoologie, 2025
D'après le mémoire de diplôme HEP d'Isabelle Miconnet et Annie Mercier Zuber,
avec le conseil scientifique d'Olivier Glaizot, 2013
Avec l'aimable autorisation des auteures
Adaptation : Giulio Genoni
Relecture : Séverine Altairac
Mise en page : Gabrielle Lechevallier

Objectif

Ce dossier pédagogique s'adresse aux enseignant-e-s de biologie du secondaire II.

Il propose des activités à réaliser dans le cadre d'une visite au département de zoologie du Naturéum. Ces activités s'inscrivent dans le déroulement d'une séquence sur l'évolution.

L'objectif de ce dossier est de faciliter la visite en proposant une sélection d'objets muséaux illustrant des thèmes clés de l'évolution, des activités pour mettre en scène ces objets et des pistes pour le suivi en classe, tout en laissant l'enseignant-e libre dans ses choix.

Visites commentées

Sur demande, le musée offre aux classes des visites commentées selon les thèmes du présent dossier, dont l'enseignant-e peut proposer une sélection. Durée : environ 1h. Inscription au moins 2 semaines à l'avance.

Sommaire

Comment utiliser ce dossier	4
Plan du musée	5
1. Comment on a démontré la théorie de l'évolution - Données biogéographiques	6
- Introduction pour l'élève : la biogéographie et l'histoire des mammifères	8
- Complément pour l'élève : oiseaux coureurs, mammifères volants	9
2. Comment on a démontré la théorie de l'évolution - Données anatomiques	10
- Introduction pour l'élève : homologue ou analogue	12
3. Comment on a démontré la théorie de l'évolution - Données embryologiques	13
- Introduction pour l'élève : l'histoire du vivant dans une vie d'embryon	15
4. La pression de sélection et l'adaptation par gain ou perte d'une fonction	16
- Introduction pour l'élève : pression, gains et pertes	18
5. La phylogénie - Anatomie comparée de trois espèces d'hominidés	19
- Introduction pour l'élève : proches parents dans l'histoire du vivant	21
- Complément pour l'élève : comparons trois hominidés	22
6. Les formes de sélection - La sélection naturelle	23
- Introduction pour l'élève : les théories évoluent aussi	25
7. Les formes de sélection - La sélection sexuelle	26
- Introduction pour l'élève : j'achète deux canaris	28
8. La spéciation - Les radiations adaptatives	29
- Introduction pour l'élève : des espèces nouvelles dans la descendance	31
9. La spéciation - La notion d'espèce	32
- Introduction pour l'élève : un nom pour chaque espèce	34
10. La génétique - L'évolution du développement	35
- Introduction pour l'élève : animaux à deux têtes, deux ventres ou deux/trois arrières-trains ?	37
Crédits des images	38

Comment utiliser ce dossier

Ce dossier propose dix activités en lien avec le chapitre «Évolution - histoire de la Terre et des êtres vivants, théorie et arguments» abordé en option spécifique biologie-chimie. Ces activités peuvent être adaptées aussi au cursus de biologie en discipline fondamentale.

Les activités proposées illustrent la théorie de l'évolution par sélection naturelle et par sélection sexuelle, ainsi que l'évolution du développement au niveau génétique. La théorie de la sélection de populations et la théorie synthétique ne sont pas traitées ici car elles ne sont pas systématiquement abordées au gymnase et ne sont pas illustrées par des objets du Naturéum.

Cette démarche prend en compte la pertinence pour les élèves et la pertinence sociale. Il importe notamment de confronter nos préconceptions sur l'origine de l'humain aux notions scientifiques de l'évolution pour construire un raisonnement rigoureux sur ces questions, se décentrer et faire la distinction entre croyances et démonstrations scientifiques.

Thème	Activité	Page
Comment on a démontré la théorie de l'évolution	1.Données biogéographiques	6
	2.Données anatomiques	10
	3.Données embryologiques	13
	4.La pression de sélection et l'adaptation par gain ou perte d'une fonction	16
La phylogénie	5.Anatomie comparée de trois espèces d'hominidés	19
Les formes de sélection	6.La sélection naturelle	23
	7.La sélection sexuelle	26
La spéciation	8.Les radiations adaptatives	29
	9.La notion d'espèce	32
La génétique	10.L'évolution du développement	35

Chaque activité peut se dérouler soit lors d'une **visite de sensibilisation** en début de séquence d'enseignement, soit lors d'une **visite de consolidation** en fin de séquence. Les activités sont conçues pour répartir une classe ou demi-classe en petits groupes. Ces activités peuvent être utilisées seules ou combinées.

Chaque activité est décrite en trois phases :

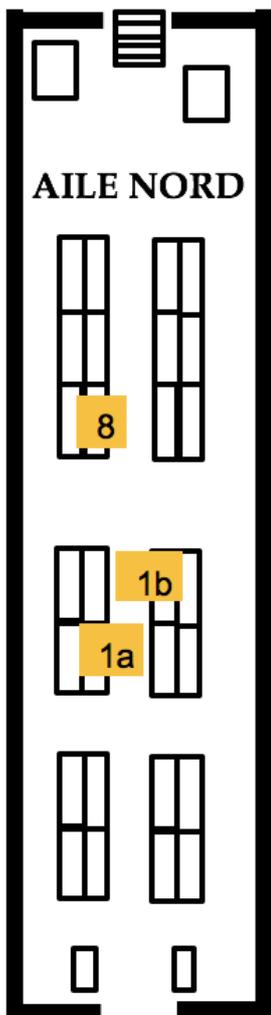
EN CLASSE : Pour une visite de sensibilisation, un cours préalable pourrait être consacré à une discussion sur le sens du mot évolution et les préconceptions en la matière. Pour une visite de consolidation, les concepts de l'évolution devraient être préalablement abordés dans la séquence d'enseignement.

Pour chaque activité, les objectifs et prérequis sont indiqués et un document pour l'élève est présenté (*Introduction pour l'élève*).

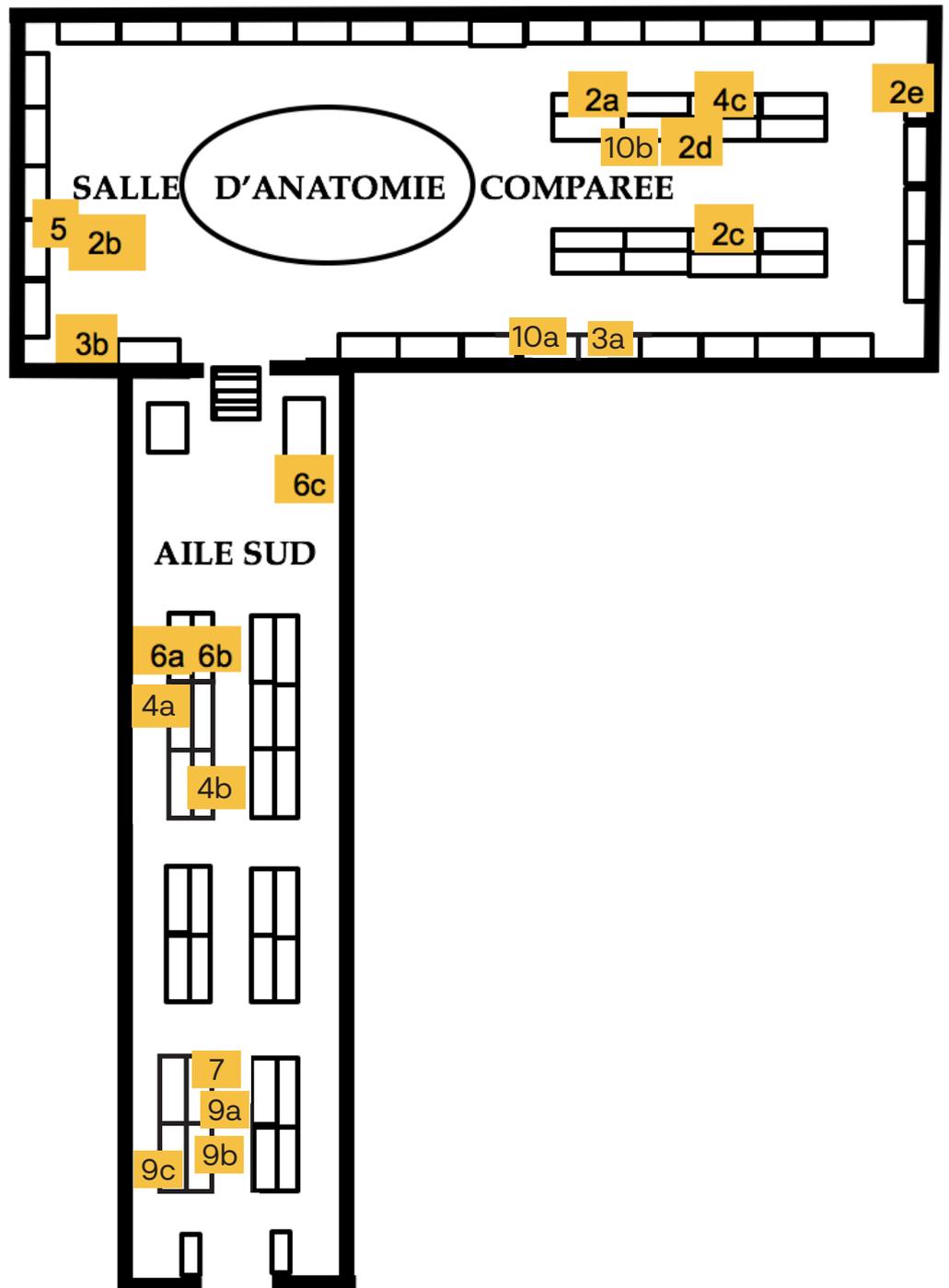
AU MUSEE : Chaque activité est détaillée et les photos des postes sont présentées dans *Ce que vous verrez au musée*. L'emplacement des postes est indiqué sur le plan en page 5. Pour certaines observations, une adaptation est proposée selon qu'il s'agisse d'une visite de sensibilisation ou de consolidation. Pour deux des dix activités, nous proposons un *Complément pour l'élève*, pour plus d'informations.

RETOUR EN CLASSE : Similaire pour toutes les activités, cette rubrique indique les possibilités de prolongement de la séquence, depuis la mise en commun jusqu'à la production de documents. Selon le type de visite, différents formats de restitution sont proposés.

Plan du musée



Entrée
Tigre de Sibérie



Entrée
Python

1. Comment on a démontré la théorie de l'évolution - Données biogéographiques

Visite de sensibilisation	Visite de consolidation
En classe	
<p>INTRODUCTION ÉLÈVE (p.8)</p> <p>↳ La biogéographie et l'histoire des mammifères</p> <p>OBJECTIFS</p> <p>↳ Appréhender la notion d'évolution au travers de données biogéographiques</p>	<p>PRÉREQUIS</p> <p>↳ Connaître la biogéographie et la tectonique des plaques</p> <p>OBJECTIFS</p> <p>↳ Illustrer et comprendre en quoi les données biogéographiques étayent la notion d'évolution</p>



Au musée	
<p>COMPLÉMENT ÉLÈVE (p.9) → Oiseaux coureurs, mammifères volants Aile nord, Postes 1a et 1b</p> <p>Les élèves lisent ce document puis se rendent devant les vitrines du pétaure austral et de l'écureuil volant.</p> <p>Les élèves observent ces deux animaux et relèvent leurs similitudes et différences. Ils réfléchissent à la présence de ces espèces semblables sur des continents séparés.</p> <p>L'enseignant·e leur indique que ces similitudes ne peuvent pas être expliquées de la même manière que celles de l'autruche et du nandou. Les élèves proposent une explication.</p>	



Visite de sensibilisation	Visite de consolidation
Retour en classe	
<p>→ Présentation des données récoltées par les élèves</p> <p>→ Discussion commune et apports de l'enseignant·e</p>	<p>Mise en commun</p> <p>↳ Présentation orale par les élèves Discussion en classe</p> <p>Production par les élèves</p> <p>↳ Dossier ou poster</p>

1. Comment on a démontré la théorie de l'évolution - Données biogéographiques

Ce que vous verrez au musée

Aile nord

Exemple d'évolution convergente.

- ↳ Postes:
1a: *Petaure astral*
1b: *Écureuil volant*



1a



1b

1. Comment on a démontré la théorie de l'évolution - Données biogéographiques

INTRODUCTION POUR L'ÉLÈVE : LA BIOGÉOGRAPHIE ET L'HISTOIRE DES MAMMIFÈRES

La biogéographie étudie la répartition des êtres vivants sur la Terre. Elle étaye l'hypothèse de l'évolution des espèces de deux façons.

1—Des zones géographiques éloignées présentent des groupes de végétaux et d'animaux semblables bien que peu apparentés, ce qui est difficilement attribuable à une coïncidence. Une hypothèse serait plutôt que la sélection naturelle ait favorisé des adaptations évolutives parallèles dans des environnements semblables. Cette tendance aux ressemblances d'espèces initialement différentes est appelée **évolution convergente**.

2—Les espèces insulaires ont des similitudes avec les espèces du continent proche. Cela suggère qu'elles ont évolué à partir d'ancêtres du continent. S'il s'agissait d'une coïncidence, rien ne s'opposerait à ce que des organismes insulaires ressemblent à des organismes de régions géographiquement éloignées entre elles.

La théorie de la **dérive des continents** a été proposée en 1912 par Alfred Wegener, à partir de plusieurs observations :

- La complémentarité du tracé des côtes d'Afrique de l'Ouest et d'Amérique du Sud ;

- La ressemblance géologique de part et d'autre de l'Atlantique par exemple ;

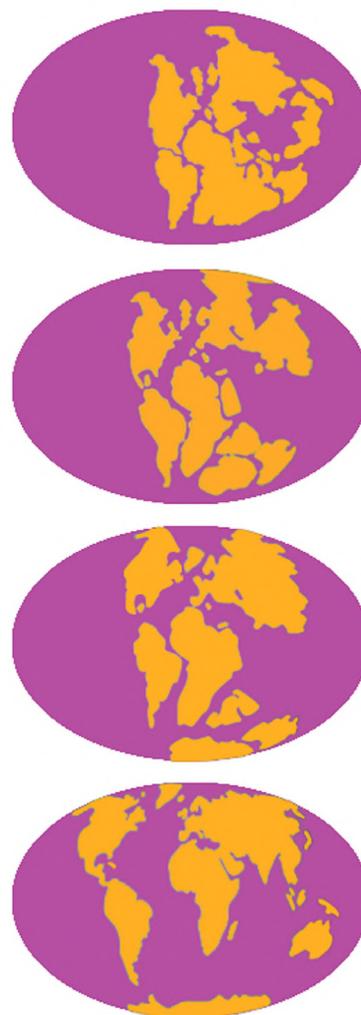
- Si l'on compare les fossiles d'Afrique et d'Amérique du Sud par exemple, les fossiles anciens de plus de 200 Ma se ressemblent alors que les fossiles plus récents sont différents ;

- Le fait que les fossiles d'un lieu donné sont caractéristiques de climats différents des climats actuels. Wegener a proposé qu'il y a 250 Ma les continents formaient un seul "bloc" et qu'ils se sont ensuite séparés, mais il n'a pas pu en démontrer la cause.

Avec les avancées en océanographie, les expéditions sous-marines et la sismologie, sa théorie a été reprise et complétée par la **théorie de l'écartement des fonds océaniques** par Harry Hess en 1962, puis celle de la **tectonique des plaques** par William Jason Morgan, Dan McKenzie et Xavier Le Pichon en 1967. Selon cette dernière théorie : la coque externe de la Terre est rigide et formée de grandes plaques se trouvant sur une couche magmatique plus fluide. Ces plaques ont des mouvements de convergence ou de divergence – accompagnés de séismes, de volcanisme, de formation de chaînes de montagnes et de fosses océaniques.

Ces données permettent par exemple de comparer les **marsupiaux** et les **placentaires**, qui sont des mammifères et qui ont un ancêtre commun. Il y a 140 Ma, suite à l'isolement géographique, cet ancêtre a évolué en deux lignées distinctes : les marsupiaux en Amérique du Sud et en Australie, les placentaires partout sauf en Australie.

Chez les marsupiaux, l'embryon est implanté dans la muqueuse utérine sans structure nourricière (le placenta) ; il termine son développement dans la poche extérieure de la femelle. Chez les placentaires, le développement du fœtus se déroule entièrement dans l'utérus, au contact du placenta.



Les continents il y a 250 Ma, 150 Ma, 100 Ma et actuellement

1. Comment on a démontré la théorie de l'évolution - Données biogéographiques

COMPLÉMENT POUR L'ÉLÈVE : LA BIOGÉOGRAPHIE ET L'HISTOIRE DES MAMMIFÈRES

L'**autruche**, présente en Afrique, et le **nandou**, présent en Amérique du Sud, sont deux oiseaux coureurs qui se ressemblent.



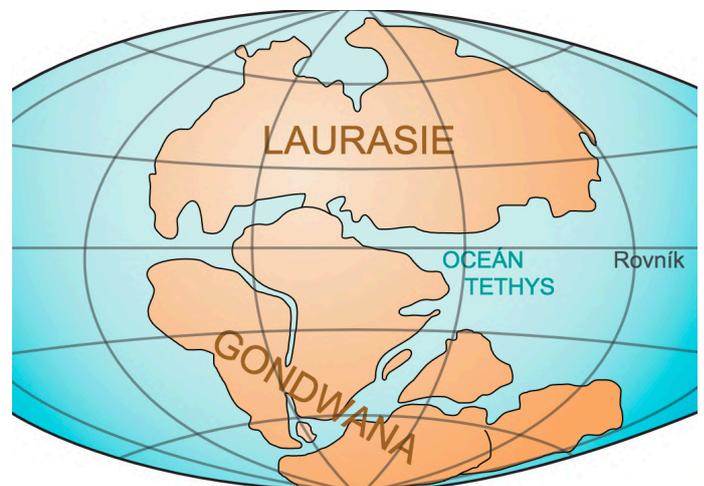
Autruche



Nandou

Leur ancêtre commun, âgé de 70 Ma, s'est distribué sur le Gondwana, ancien continent formé il y a 600 Ma. Suite à la fragmentation du Gondwana en Afrique et Amérique du Sud, l'isolement géographique a conduit à son évolution en deux espèces distinctes.

Vous comparerez cet exemple à celui des mammifères volants. **Le grand phalanger** volant est un marsupial d'Australie. **L'écureuil volant** est un placentaire d'Amérique du Nord. Ces deux espèces ont des membranes entre le poignet et la cheville, nommées patagiums, qui leur permettent de planer entre les arbres pour chercher leur nourriture et pour échapper à leurs prédateurs.



Carte des continents il y a 200 Ma

2. Comment on a démontré la théorie de l'évolution - Données anatomiques

Visite de sensibilisation	Visite de consolidation
En classe	
<p>INTRODUCTION ÉLÈVE [p.12] ↳ Homologue ou analogue ?</p> <p>OBJECTIFS ↳ Répondre en fonction de ses préconceptions</p>	<p>PRÉREQUIS ↳ Connaître les notions d'homologie et d'analogie</p> <p>OBJECTIFS ↳ Réviser les notions d'homologie et d'analogie ↳ Comprendre la notion de preuve anatomique ↳ Analyser des objets anatomiques afin de déterminer le lien structure - fonction</p>



Au musée	
Salle d'anatomie comparée [Aile sud], Postes 2a, 2b, 2c, 2d, 2e	
<p>Homologie. Les élèves comparent les membres antérieurs de divers mammifères: roussette, phoque, taupe et humain. Ils en dessinent chaque os (humérus, radius, cubitus, carpe, métacarpe, phalanges) et le nomment en se basant sur la planche légendée de la roussette, puis en déduisent les similitudes de structure. Ils mentionnent la fonction de chaque membre antérieur et répondent à la question : ces membres sont-ils homologues ou analogues ?</p> <p>Analogie. Les élèves comparent les ailes d'oiseaux (corneille, épervier) et d'un insecte (cigale). Ils décrivent la structure et observent les ailes fermées et ouvertes. Ils répondent aux questions : la forme de l'aile change-t-elle en fonction de sa position chez l'oiseau et la cigale ? Est-elle rigide ou modulable ? Ils mentionnent la fonction de l'aile dans chaque cas et répondent à la question : ces différents membres sont-ils homologues ou analogues ?</p>	



Visite de sensibilisation	Visite de consolidation
Retour en classe	
<p>→ Présentation des données récoltées par les élèves</p> <p>→ Discussion commune et apports de l'enseignant·e</p>	<p>Mise en commun ↳ Présentation orale par les élèves Discussion en classe</p> <p>Production par les élèves ↳ Dossier ou poster</p>

2. Comment on a démontré la théorie de l'évolution - Données anatomiques

Ce que vous verrez au musée

Salle d'anatomie comparée (Aile sud)

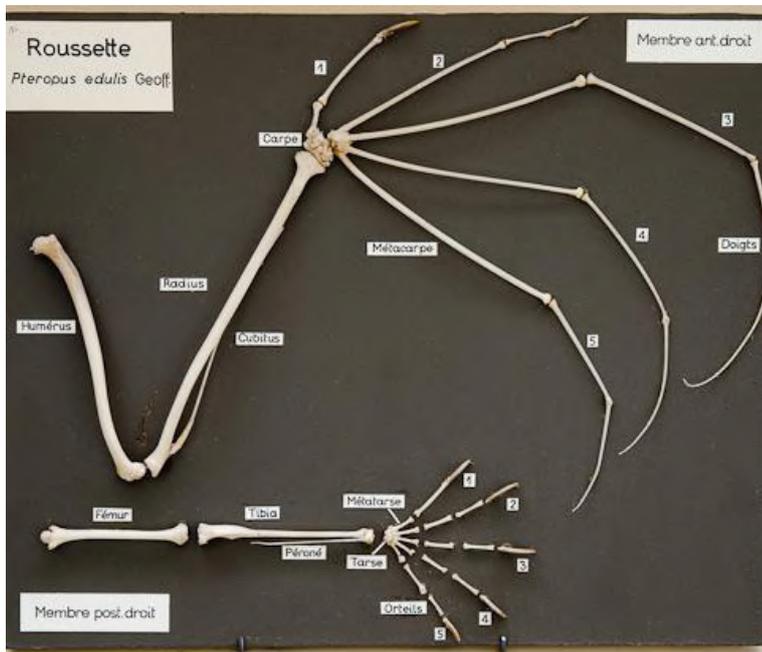
Premiers indices d'anatomie comparée.



Postes:

2a: *Roussette, phoque, taupe*

2b: *Humain*



2a



2b

Seconds indices d'anatomie comparée.



Postes:

2c: *Corneille*

2d: *Épervier*

2e: *Cigale*



2c



2d



2e

2. Comment on a démontré la théorie de l'évolution - Données anatomiques

INTRODUCTION POUR L'ÉLÈVE : HOMOLOGUE OU ANALOGUE ?

On appelle **homologie** une ressemblance entre des caractères de deux espèces différentes, héritée d'un ancêtre commun. Des organes **homologues** peuvent avoir des formes et des fonctions différentes mais la structure de base est la même.

Exemple : les yeux des poissons et les yeux des mammifères.

On appelle **analogie** une ressemblance entre deux caractères remplissant les mêmes fonctions biologiques, chez deux espèces différentes, mais qui n'est pas liée par un héritage évolutif commun. Les caractères **analogues** ont une fonction identique mais une structure de base différente. Ils ont évolué indépendamment mais sous la pression de facteurs environnementaux identiques.

Exemple : les yeux des poissons et les yeux des insectes.



Poisson



Cheval



Mouche

3. Comment on a démontré la théorie de l'évolution - Données embryologiques

Visite de sensibilisation	Visite de consolidation
En classe	
<p>INTRODUCTION ÉLÈVE [p.15]</p> <p>↳ L'histoire du vivant dans une vie d'embryon</p> <p>OBJECTIFS</p> <p>↳ Appréhender la notion d'évolution au travers de données embryologiques</p>	<p>PRÉREQUIS</p> <p>↳ Connaître les notions d'ontogenèse et de phylogenèse</p> <p>OBJECTIFS</p> <p>↳ Réviser la théorie de Haeckel</p> <p>↳ Comprendre en quoi les données de l'embryologie étayent la théorie de l'évolution</p>



Au musée	
Salle d'anatomie comparée [Aile sud], Postes 3a et 3b	
<p>Les élèves comparent les embryons de grenouille et d'humain quant à leur allure générale et à leurs arcs branchiaux/aortiques.</p> <p>A partir de leurs observations, ils expliquent la loi biogénétique de Haeckel : l'ontogenèse récapitule de façon incomplète et accélérée l'histoire évolutive du groupe auquel appartient l'individu, la phylogenèse.</p>	



Visite de sensibilisation	Visite de consolidation
Retour en classe	
<p>→ Présentation des données récoltées par les élèves</p> <p>→ Discussion commune et apports de l'enseignant-e</p>	<p>Mise en commun</p> <p>↳ Présentation orale par les élèves Discussion en classe</p> <p>Production par les élèves</p> <p>↳ Dossier ou poster</p>

3. Comment on a démontré la théorie de l'évolution - Données embryologiques

Ce que vous verrez au musée

Salle d'anatomie comparée [Aile sud]

Exemple d'évolution convergente

- Postes:
3a: *Grenouille*
3b: *Humain*



3a



3b

D'autres modèles d'embryons de vertébrés sont visibles dans la vitrine de la grenouille.

3. Comment on a démontré la théorie de l'évolution - Données embryologiques

INTRODUCTION POUR L'ÉLÈVE : L'HISTOIRE DU VIVANT DANS UNE VIE D'EMBRYON

L'ontogenèse est le développement embryologique d'un organisme qui suit la fécondation.

La phylogenèse est l'histoire évolutive d'une espèce ou d'un groupe d'espèces apparentées.

Le zoologiste Ernst Haeckel a observé que des embryons de divers vertébrés se ressemblent pendant les premiers stades de leur développement. Il a formulé en 1866 **la loi biogénétique** : le développement embryonnaire, l'ontogenèse, récapitule de façon incomplète et accélérée l'histoire évolutive du groupe auquel appartient l'individu, la phylogenèse. Au cours de son développement, un individu a des ressemblances avec les étapes de développement d'autres espèces, plus anciennes, mais qui appartiennent au même groupe.

Le paléontologue Neil Shubin a étendu cette loi biogénétique. Il a inclus tous les stades du développement en remontant jusqu'à la cellule oeuf : le développement est un peu comme un film accéléré de l'évolution, depuis l'unicellulaire jusqu'au dernier stade du développement de l'espèce.



Dessins de Haeckel par G. Romanes. De gauche à droite : poisson, salamandre, tortue, poulet, porc, veau, lièvre, humain. De haut en bas : trois stades du développement

4. La pression de sélection et l'adaptation par gain ou perte d'une fonction

Visite de sensibilisation	Visite de consolidation
En classe	
<p>INTRODUCTION ÉLÈVE (p.18)</p> <ul style="list-style-type: none"> ↳ Pression, gains et pertes <p>OBJECTIFS</p> <ul style="list-style-type: none"> ↳ Comprendre la notion de pression de sélection ↳ Faire le lien entre sélection artificielle et sélection naturelle ↳ Comprendre les conséquences de l'augmentation et de la diminution d'une pression de sélection 	<p>PRÉREQUIS</p> <ul style="list-style-type: none"> ↳ Connaître la notion de pression de sélection ↳ Faire le lien entre sélection artificielle et sélection naturelle ↳ Notion de gain ou de perte d'un organe ou d'une fonction <p>OBJECTIFS</p> <ul style="list-style-type: none"> ↳ Formuler des hypothèses sur les facteurs de sélection et la pression de sélection



Au musée	
Aile sud, Postes 4a, 4b, et Salle d'anatomie comparée [Aile sud], Poste 4c	
<p>Poste 4a: Les élèves observent les yeux vestigiaux du protée. Ils formulent une hypothèse sur la pression de sélection dans son environnement et sur l'avantage de ces adaptations.</p> <p>Poste 4b: Les élèves comparent les scinques avec et sans pattes. Ils formulent une hypothèse sur les pressions de sélection dans l'environnement de ces animaux et l'avantage de ces adaptations.</p> <p>L'enseignant·e explique que l'on soigne les maladies bactériennes par les antibiotiques. Les élèves répondent à la question : pourquoi faut-il finir la boîte d'antibiotiques même si on se sent guéri avant ? Puis, l'enseignant·e explique que depuis quelques siècles les lunettes sont à portée de tous. Les élèves répondent à la question : que pouvons-nous anticiper quant à la vue dans la population humaine ?</p> <p>Postes 4b et 4c: Ces postes présentent également des serpents et l'orvet.</p>	



Visite de sensibilisation	Visite de consolidation
Retour en classe	
<ul style="list-style-type: none"> → Présentation des données récoltées par les élèves → Discussion commune et apports de l'enseignant·e 	<p>Mise en commun</p> <ul style="list-style-type: none"> ↳ Présentation orale par les élèves Discussion en classe <p>Production par les élèves</p> <ul style="list-style-type: none"> ↳ Dossier ou poster

4. La pression de sélection et l'adaptation par gain ou perte d'une fonction

Ce que vous verrez au musée

Aile sud et Salle d'anatomie comparée [Aile sud]

Exemples d'organes vestigiaux.



Postes:

4a: *Protée*

4b: *Scinques avec et sans pattes (on peut observer aussi des serpents et l'orvet)*

4c: *Squelette de boa*



4a



4b

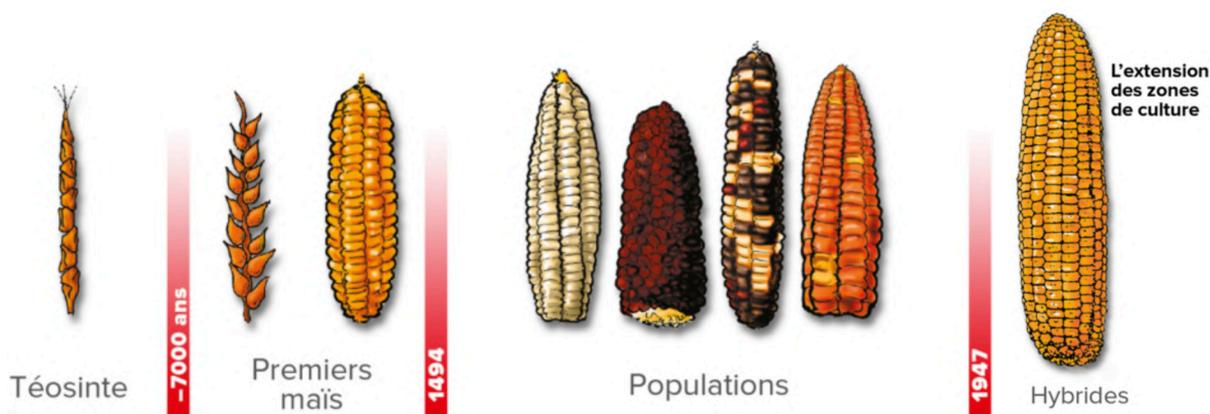


4c

4. La pression de sélection et l'adaptation par gain ou perte d'une fonction

INTRODUCTION POUR L'ÉLÈVE : PRESSION, GAINS ET PERTES

L'évolution, à l'échelle humaine, est lente mais on peut l'observer si **la pression de sélection** est forte, c'est-à-dire si des facteurs environnementaux ont un effet marqué sur la survie et la reproduction. L'être humain exerce une forte pression de sélection sur les plantes de culture et les animaux d'élevage. En voici un exemple, le maïs :

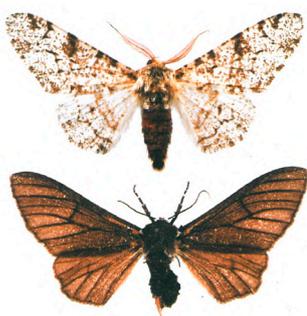


Évolution des grains de maïs par sélection artificielle sur les cultures

D'autres cas marquants concernent les organismes de petite taille. La chimie a mis au point des insecticides. Mais suite à leur épandage, des populations d'insectes résistants sont apparues en quelques années. Par exemple vers 1960, un petit papillon, la noctuelle, est devenu résistant à tous les insecticides et a presque anéanti la culture du coton.



Champ de coton



Phalènes du bouleau – forme claire et forme sombre

Un autre cas problématique est celui de la résistance des bactéries pathogènes aux antibiotiques. Actuellement, il y a même des bactéries qui résistent à tous les antibiotiques et des malades qui y succombent parce qu'on ne peut plus les guérir.

La pollution, la surpêche, la chasse et le changement climatique ont accéléré les modifications chez les plantes et animaux sauvages.

Un exemple connu : la phalène du bouleau, un papillon aux couleurs claires, bien camouflé sur les écorces claires des bouleaux. De temps à autre apparaît par mutation une phalène sombre, que les oiseaux ont tôt fait de repérer et de manger. Avec l'ère industrielle, la suie s'est répandue et les phalènes claires sont devenues plus visibles. En quelques dizaines de générations, il n'y a plus eu que des phalènes sombres. Puis, on a lutté contre la pollution... et actuellement les phalènes sont à nouveau en majorité claires. La pression de prédation implique ainsi des changements de fréquence des deux formes, en fonction de l'environnement.

À l'inverse, lorsque la pression de sélection diminue, des organes et des fonctions peuvent régresser ou disparaître. On peut l'observer chez les animaux qui vivent dans les grottes. Un exemple en est le protée, amphibien dont les yeux sont atrophiés et qui est donc aveugle. Il a également perdu la pigmentation de la peau.

5. La phylogenie - Anatomie comparée de trois espèces d'hominidés

Visite de sensibilisation	Visite de consolidation
En classe	
<p>INTRODUCTION ÉLÈVE [p.21]</p> <p>↳ Proches parents dans l'histoire du vivant</p> <p>OBJECTIFS</p> <p>↳ Appréhender l'anatomie comparée pour comprendre l'évolution</p>	<p>PRÉREQUIS</p> <p>↳ Connaître les caractéristiques anatomiques des primates</p> <p>OBJECTIFS</p> <p>↳ Réviser la loi biogénétique</p> <p>↳ Evaluer l'apport de l'anatomie comparée pour comprendre l'évolution</p>



Au musée	
Salle d'anatomie comparée [Aile sud], Poste 5	
<p>COMPLÉMENT ÉLÈVE [p.22] → Comparons trois hominidés</p> <p>Les élèves comparent les squelettes d'humain, de gorille et de chimpanzé.</p> <p>Ils observent spécifiquement le crâne, la colonne vertébrale, les mains, le bassin et les pieds et comparent, pour chaque élément anatomique, les caractéristiques mentionnées dans le tableau en page 22. Ils remplissent le tableau.</p> <p>Ils répondent à la question : que pensez-vous du degré de parenté de ces trois espèces ? Comment confirmeriez-vous vos analyses ? Il est attendu qu'ils répondent qu'il y a plus de similitudes anatomiques entre le chimpanzé et le gorille qu'entre le chimpanzé et l'humain. Mais on peut rechercher aussi l'information génétique. Celle-ci aboutit dans l'ensemble à la conclusion que le degré de parenté est plus étroit entre l'humain et le chimpanzé, bien que certaines séquences d'ADN soient plus proches chez l'humain et le gorille.</p>	



Visite de sensibilisation	Visite de consolidation
Retour en classe	
<p>→ Présentation des données récoltées par les élèves</p> <p>→ Discussion commune et apports de l'enseignant·e</p>	<p>Mise en commun</p> <p>↳ Présentation orale par les élèves</p> <p style="padding-left: 20px;">Discussion en classe</p> <p>Production par les élèves</p> <p>↳ Dossier ou poster</p>

5. La phylogénie - Anatomie comparée de trois espèces d'hominidés

Ce que vous verrez au musée

Salle d'anatomie comparée (Aile sud)

Comparaison de l'anatomie de trois espèces évolutivement proches.



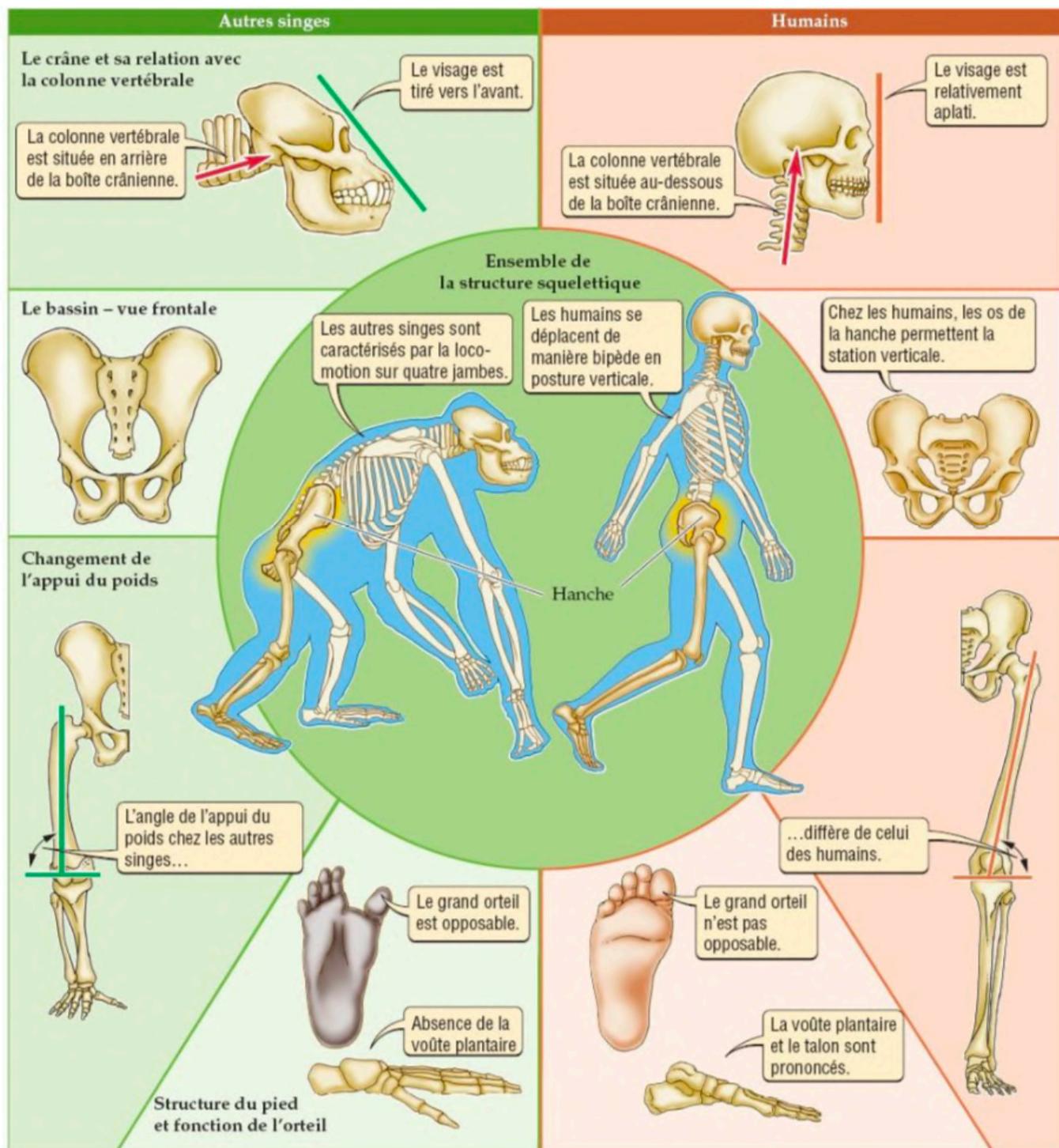
Poste 5:

De gauche à droite : squelettes d'humain, de gorille et de chimpanzé



5. La phylogénie - Anatomie comparée de trois espèces d'hominidés

INTRODUCTION POUR L'ÉLÈVE : PROCHES PARENTS DANS L'HISTOIRE DU VIVANT



Critères anatomiques chez l'humain et autres hominidés

5. La phylogénie - Anatomie comparée de trois espèces d'hominidés
COMPLÉMENT POUR L'ÉLÈVE : PROCHES PARENTS DANS L'HISTOIRE DU VIVANT

	HUMAIN	GORILLE	CHIMPANZÉ
Crâne : <ul style="list-style-type: none"> • Capacité crânienne • Arcades sourcilières • Position du trou occipital • Mâchoire • Dentition 			
Colonne vertébrale : <ul style="list-style-type: none"> • Nombre de courbures 			
Bassin : <ul style="list-style-type: none"> • Largeur • Longueur • Angle des fémurs • Ecartement des genoux 			
Longueur des membres : <ul style="list-style-type: none"> • Antérieurs • Postérieurs 			
Mains : <ul style="list-style-type: none"> • Aspect du pouce • Aspect des phalanges 			
Pieds : <ul style="list-style-type: none"> • Aspect des gros orteils 			

6. Les formes de sélection - La sélection naturelle

Visite de sensibilisation	Visite de consolidation
En classe	
<p>INTRODUCTION ÉLÈVE [p.25]</p> <p>↳ Les théories évoluent aussi</p> <p>OBJECTIFS</p> <p>↳ S'initier à la notion d'adaptation</p> <p>↳ Réfléchir aux hypothèses expliquant ces adaptations et se préparer aux théories de l'évolution</p>	<p>PRÉREQUIS</p> <p>↳ Connaître les théories de Lamarck et de Darwin</p> <p>OBJECTIFS</p> <p>↳ Illustrer une forme d'adaptation des organismes à leur milieu</p> <p>↳ Exercer les théories de l'évolution</p>
↓	↓
Au musée	
Aile sud, Postes 6a, 6b et 6c	
<p>La raie cendrée nage près des fonds sablonneux, le mulot et le hareng nagent en pleine eau.</p> <p>Les élèves relèvent les différences et similitudes de forme et de coloration [faces ventrale et dorsale] et proposent des hypothèses pour expliquer les avantages que peuvent conférer ces caractéristiques.</p> <p>En visite de sensibilisation, les élèves proposent des hypothèses en fonction de leurs préconceptions.</p> <p>En visite de consolidation, les élèves énoncent les théories de l'évolution et indiquent les hypothèses qu'auraient faites Lamarck ou Darwin pour interpréter ces observations.</p> <p>On peut faire l'hypothèse que ces organismes sont ainsi moins visibles pour leurs prédateurs et leurs proies et interpréter ces différences comme des adaptations.</p>	
↓	↓
Visite de sensibilisation	Visite de consolidation
Retour en classe	
<p>→ Présentation des données récoltées par les élèves</p> <p>→ Discussion commune et apports de l'enseignant·e</p>	<p>Mise en commun</p> <p>↳ Présentation orale par les élèves</p> <p>Discussion en classe</p> <p>Production par les élèves</p> <p>↳ Dossier ou poster</p>

6. Les formes de sélection - La sélection naturelle

Ce que vous verrez au musée

Aile sud

Exemples d'adaptations de forme et de couleur par sélection naturelle.

- ↳ Postes:
6a: *Hareng*
6b: *Mulet*
6c: *Raie cendrée*



6a



6b



6c

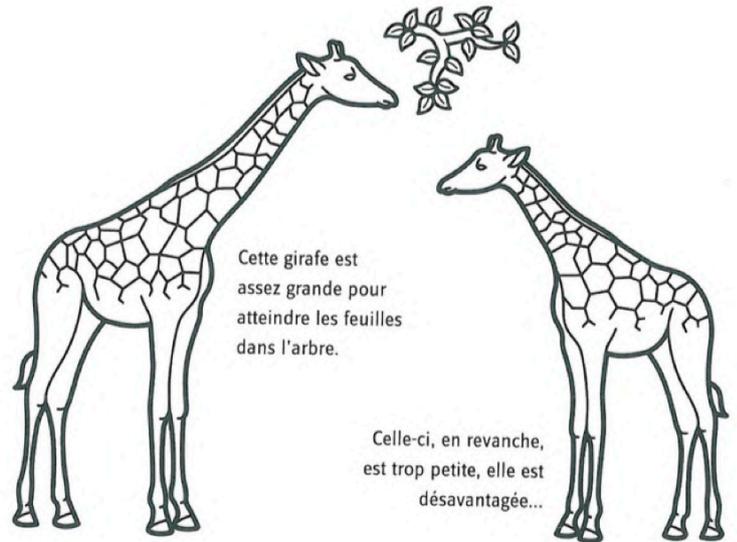
6. Les formes de sélection - La sélection naturelle

INTRODUCTION POUR L'ÉLÈVE : LES THÉORIES ÉVOLUENT AUSSI

Au 19^{ème} siècle, on avait déjà découvert beaucoup d'espèces vivantes sur tous les continents et dans les océans, ainsi que beaucoup de fossiles.

Jean-Baptiste Lamarck, savant français, publia une théorie selon laquelle il y aurait une complexification des organismes avec le temps, par adaptation à leur milieu. L'usage d'un organe **pendant la vie** de l'organisme conduirait au développement de cet organe, alors que son non-usage conduirait à son atrophie, comme les muscles lorsqu'on s'entraîne ou non au sport. Ces caractéristiques **se transmettraient héréditairement**.

Évolution de la girafe selon Lamarck. Des petites girafes doivent faire des efforts pour atteindre les feuilles et « veulent » grandir. Elles étirent leur cou et leurs pattes, qui s'allongent. L'allongement se transmet à la descendance.



Mais les scientifiques démontrèrent plus tard qu'il n'y a pas de transmission héréditaire des caractères acquis [une personne musclée ne donne pas nécessairement naissance à des enfants musclés dès leur premier jour de vie]. De plus, cette théorie n'expliquait pas comment tous les caractères qui ne peuvent pas être modifiés par un effort de l'individu [par exemple la couleur du pelage] pourraient être transmissibles héréditairement.

Toujours au 19^{ème} siècle, **Charles Darwin**, savant anglais, observa la sélection artificielle des races pratiquées dans les élevages et les cultures. A partir de ses observations, il a proposé un mécanisme similaire dans la nature: la théorie de l'évolution par sélection naturelle. Cette théorie a convaincu les scientifiques, qui l'ont acceptée et complétée avec les découvertes en génétique au 20^{ème} siècle. Elle se résume ainsi:

- Sans limitation, une population s'accroît exponentiellement. Par exemple, si tous ses descendants survivaient, un couple d'éléphants engendrerait 19 millions d'éléphants en 75 ans.

- En réalité, sur la durée, les populations restent plutôt stables.

- Il y a des variations entre les individus. A chaque génération, les descendants diffèrent de leurs parents et diffèrent entre eux.

- Si la variation dans une caractéristique est avantageuse dans l'environnement de l'organisme [on parle alors d'**adaptation**], les individus qui la possèdent ont plus de chances de survivre, de se reproduire et de transmettre cette variation à leur descendance que les individus qui ne la possèdent pas. On parle alors de sélection naturelle. C'est une observation statistique sur la population et cela se manifeste le plus souvent par de petites différences dans le succès de reproduction.

- La variation avantageuse a donc tendance à se répandre dans la population jusqu'à ce que les individus qui la possèdent surpassent en nombre ceux qui ne l'ont pas.

Donc parmi les girafes, en réalité, puisque la nourriture est limitée, les plus grandes ont plus de chances de survivre, de se reproduire, d'élever des petits et de leur transmettre leur caractère de long cou et de longues pattes. De génération en génération, il y a évolution par **sélection naturelle** des plus grandes girafes avec une tendance à l'allongement du cou et des pattes dans la population.

7. Les formes de sélection - La sélection sexuelle

Visite de sensibilisation	Visite de consolidation
En classe	
<p>INTRODUCTION ÉLÈVE (p.28)</p> <p>↳ J'achète deux canaris</p> <p>OBJECTIFS</p> <p>↳ Comprendre la notion de dimorphisme sexuel et réfléchir à ses conséquences</p>	<p>PRÉREQUIS</p> <p>↳ Connaître la notion de sélection sexuelle</p> <p>OBJECTIFS</p> <p>↳ Analyser un dimorphisme sexuel</p> <p>↳ Comprendre la notion de sélection sexuelle</p>



Au musée	
Aile sud, Poste 7	
<p>Les élèves observent les mâles et les femelles du faisan <i>argus</i>. Ils relèvent les similitudes et les différences. Ils prennent une photographie, puis répondent aux questions suivantes.</p> <p>Les caractères du faisan <i>argus</i> mâle présentent des désavantages. Lesquels ? Pourquoi ces caractères sont-ils tout de même conservés chez cette espèce ?</p>	



Visite de sensibilisation	Visite de consolidation
Retour en classe	
<p>→ Présentation des données récoltées par les élèves</p> <p>→ Discussion commune et apports de l'enseignant-e</p>	<p>Mise en commun</p> <p>↳ Présentation orale par les élèves Discussion en classe</p> <p>Production par les élèves</p> <p>↳ Dossier ou poster</p>

7. Les formes de sélection - La sélection sexuelle

Ce que vous verrez au musée

Aile sud

Exemple d'adaptations de forme et de couleur par sélection sexuelle.

→ Poste 7:
Mâle et femelle du faisan argus



7. Les formes de sélection - La sélection sexuelle

INTRODUCTION POUR L'ÉLÈVE: J'ACHÈTE DEUX CANARIS

Avant d'acheter deux canaris, on a peut-être envie de savoir s'ils sont mâle ou femelle. Mais il n'est pas facile de les distinguer morphologiquement.



Canaris

Avec des oiseaux comme l'euplecte à longue queue d'Afrique centrale, pas de risque de se tromper. Les mâles ont une très longue queue et des couleurs vives, alors que les femelles ont une queue courte et des couleurs ternes.



Euplectes mâle et femelle

La longue queue des mâles implique un coût en énergie supplémentaire pour sa formation et son entretien ainsi que pour le vol. Elle augmente aussi le risque pour l'oiseau d'être attrapé par un prédateur car elle le rend plus visible et plus lent. On peut donc supposer que les avantages l'emportent sur les inconvénients. Le principal avantage résiderait dans les préférences des femelles dans le choix des partenaires.

Le biologiste Malte Andersson a vérifié cette hypothèse en 1982 en mesurant le succès de reproduction des mâles, à savoir le nombre de nids. Il a raccourci de 20 cm les queues de plusieurs mâles et recollé les morceaux sur les queues d'autres mâles. Il a posé l'hypothèse que les mâles à queue longue auraient un succès de reproduction plus élevé. En effet, les femelles ont montré une préférence en s'accouplant et en nichant avec ces derniers.

Darwin et les autres scientifiques qui ont étudié la question ont remarqué, bien sûr, que la longue queue et les couleurs vives ne sont pas des adaptations à l'environnement, puisque de ce point de vue elles présentent des inconvénients. Ils ont nommé ce type de sélection **la sélection sexuelle** puisque ce sont des adaptations aux critères de choix des femelles.

8. La spéciation - Les radiations adaptatives

Visite de sensibilisation	Visite de consolidation
En classe	
<p>INTRODUCTION ÉLÈVE [p.31]</p> <p>↳ Des espèces nouvelles dans la descendance</p> <p>OBJECTIFS</p> <p>↳ Illustrer et comprendre les notions de radiation adaptative et de spéciation</p>	<p>PRÉREQUIS</p> <p>↳ Connaître les notions de spéciation et de radiation adaptative</p> <p>OBJECTIFS</p> <p>↳ Illustrer et comprendre les notions de radiation adaptative et de spéciation</p>



Au musée	
<p>En visite de sensibilisation, les élèves observent les lémuriens et expliquent pourquoi on n'en trouve qu'à Madagascar.</p> <p>Les élèves comparent ensuite deux espèces, l'indri et l'avahi laineux. Ils en relèvent les différences et les similitudes. Sachant que ces deux espèces peuvent partager un même habitat, c'est-à-dire un même arbre, les élèves proposent une hypothèse pour expliquer cette cohabitation. Ils peuvent réfléchir aux différences de taille et de poids (indri : 10 kg ; avahi : 1 kg), aux résistances de branches différentes, aux périodes d'activité différentes (indri : diurne, avahi : nocturne) ou aux régimes alimentaires différents (indri : feuilles, fruits, graines, fleurs, bourgeons, écorces ; avahi : feuilles, bourgeons).</p>	<p style="text-align: right;">Aile nord, Poste 8</p> <p>En visite de consolidation, ils précisent les processus à la base de cette localisation unique.</p>



Visite de sensibilisation	Visite de consolidation
Retour en classe	
<p>→ Présentation des données récoltées par les élèves</p> <p>→ Discussion commune et apports de l'enseignant-e</p>	<p>Mise en commun</p> <p>↳ Présentation orale par les élèves Discussion en classe</p> <p>Production par les élèves</p> <p>↳ Dossier ou poster</p>

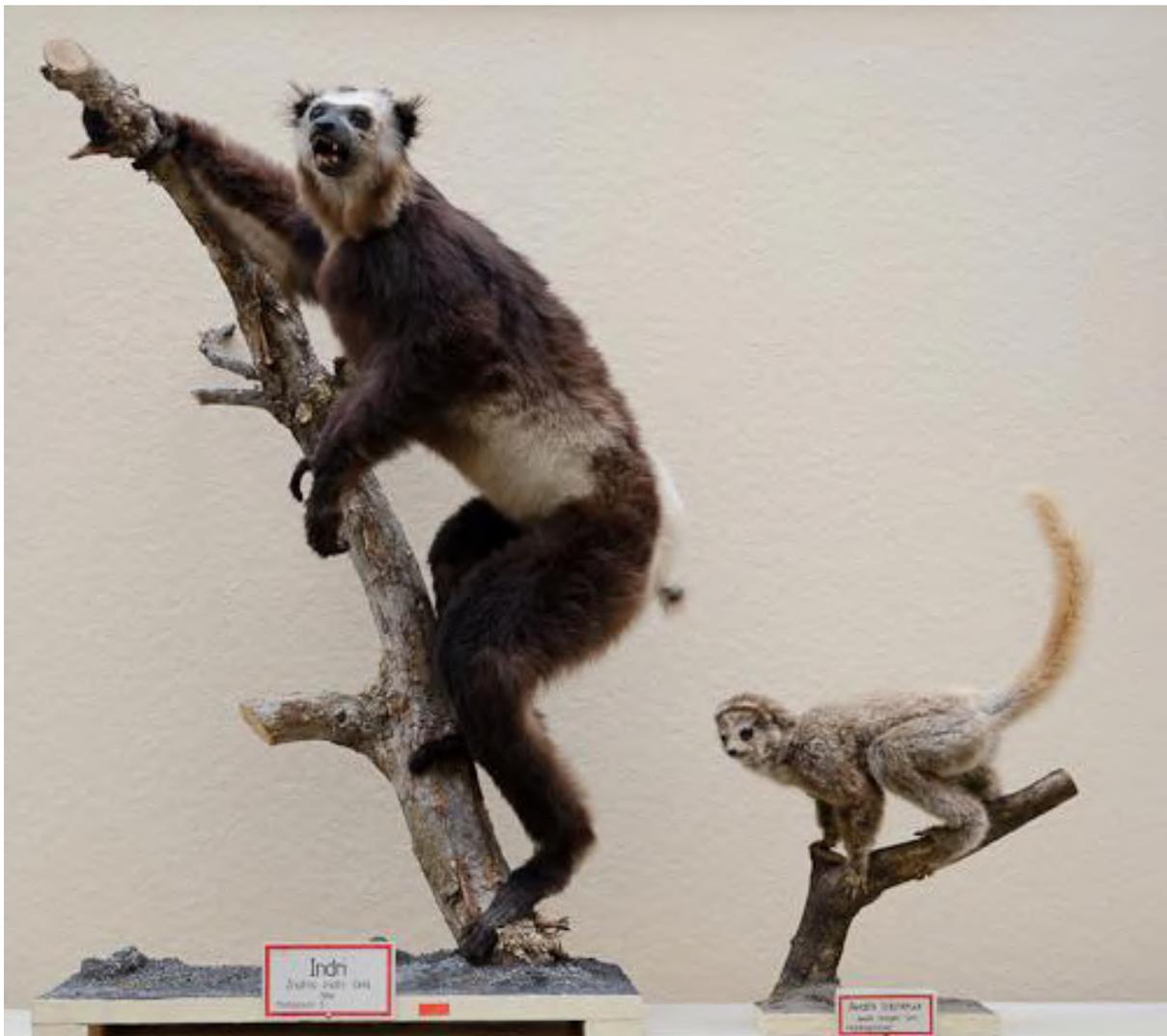
8. La spéciation - Les radiations adaptatives

Ce que vous verrez au musée

Aile nord

Exemple de spéciation par adaptation à des environnements différents.

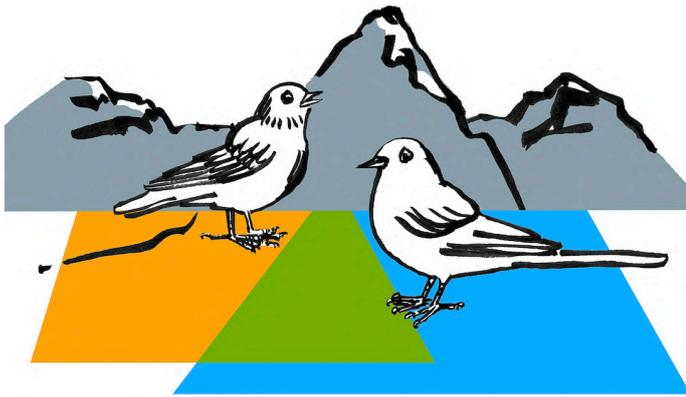
↳ Poste 8:
Deux espèces de lémuriens, l'indri et l'avahi laineux



8. La spéciation - Les radiations adaptatives

INTRODUCTION POUR L'ÉLÈVE : DES ESPÈCES NOUVELLES DANS LA DESCENDANCE

On parle de **spéciation** - ou formation d'espèce - lorsqu'une nouvelle espèce apparaît à partir d'une population d'une espèce qui s'est individualisée. La nouvelle espèce est isolée de la première par des **barrières reproductives** ; il n'y a plus d'échange génétique possible.



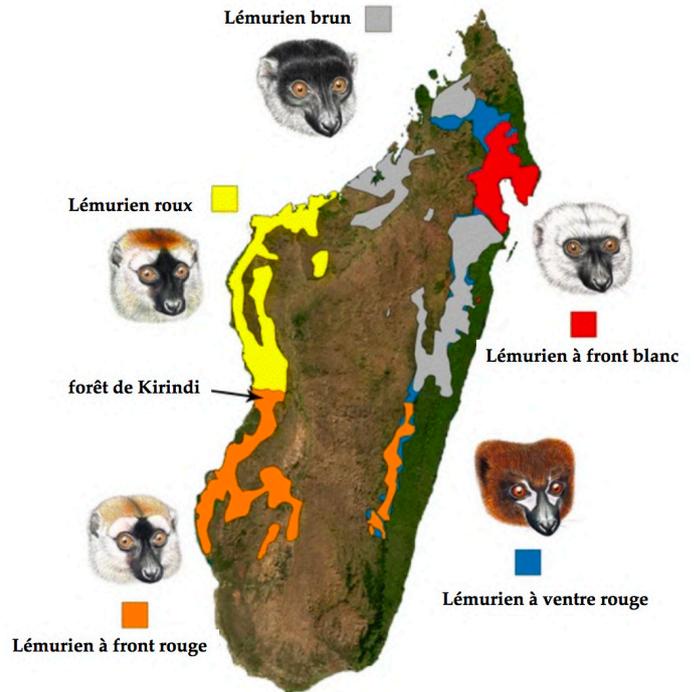
Exemple hypothétique de spéciation dans des régions géographiques différentes

Il n'est pas courant d'observer, à l'échelle humaine, une évolution allant jusqu'à la spéciation car cela implique un effet cumulatif de modifications sur de nombreuses générations, qui finit par se traduire par une barrière reproductrice. Toutefois, on en connaît des exemples, comme chez les souris, les mouches drosophiles ou encore les tournesols.

Une radiation adaptative est une évolution rapide à partir d'un ancêtre commun vers des espèces différentes qui se sont adaptées à différentes niches écologiques - types de milieu qu'une espèce peut occuper, du point de vue de ses relations avec les autres espèces et avec l'environnement. Elles peuvent se produire par exemple lors de l'apparition d'une espèce dans une nouvelle région ayant des habitats variés [ou plus globalement suite à une grande extinction].

C'est le cas des lémuriens de Madagascar par exemple. Madagascar est une île séparée de l'Afrique par un bras de mer large de 400 km. Jusqu'à il y a 160 Ma elle faisait partie du Gondwana, ancien continent formé il y a 600 Ma. Elle s'en est ensuite détachée et a dérivé jusqu'à sa position actuelle il y a 85 Ma. L'île a une faune et une flore variées, ce qui est dû à la diversité de ses habitats. Beaucoup d'espèces n'existent que sur cette île, comme les 80 espèces de lémuriens. Les lémuriens sont des primates qui se sont séparés évolutivement des autres primates il y a 63 Ma. Ils vivent tous dans des arbres. Leur origine se trouve en Afrique de l'Est. Lorsque leur ancêtre est arrivé sur

l'île, il n'a pas eu de concurrents au sens écologique ni de prédateurs. Les espèces actuelles occupent des régions différentes ou utilisent leur habitat différemment.



Quelques espèces de lémuriens et leur répartition géographique

9. La spéciation - La notion d'espèce

Visite de sensibilisation	Visite de consolidation
En classe	
<p>INTRODUCTION ÉLÈVE [p.34]</p> <p>↳ Un nom pour chaque espèce</p> <p>OBJECTIFS</p> <p>↳ Appréhender la relation entre le nom scientifique d'un organisme et les caractères observables des individus</p>	<p>PRÉREQUIS</p> <p>↳ Connaître les notions de genre, d'espèce et de sous-espèce</p> <p>OBJECTIFS</p> <p>↳ Comprendre le principe de la nomenclature des genres et espèces</p> <p>↳ Retravailler la définition de l'espèce par l'analyse d'observations</p>



Au musée	
En visite de sensibilisation	Aile sud, Postes 9a, 9b et 9c
<p>Poste 9a: Les élèves repèrent les individus de deux espèces différentes qui se ressemblent ainsi que deux individus de même espèce ne se ressemblant pas. Ils proposent une définition de l'espèce sur la base de leurs observations et de leurs préconceptions.</p>	
<p>En visite de consolidation</p> <p>Postes 9a et 9b: Les élèves relèvent trois noms scientifiques et distinguent genre et espèce. Ils donnent un exemple d'individus d'espèces différentes qui se ressemblent (par exemple, le pygargue à queue blanche et l'aigle royal) et un exemple d'individus de même espèce qui ne se ressemblent pas (par exemple, le mâle et la femelle du faisan noble). Ils donnent la définition de l'espèce.</p> <p>Poste 9c: Les élèves répondent aux questions. Est-ce que les grands-ducs <i>Bubo virginianus occidentalis</i> et <i>Bubo virginianus nacurutu</i> peuvent se reproduire entre eux? Pourquoi? Ces sous-espèces partagent-elles une même zone géographique?</p> <p>Quelles méthodes avons-nous aujourd'hui que Darwin n'avait pas et qui permettent de vérifier l'hypothèse d'appartenance de deux individus à une même espèce? Il est attendu qu'ils répondent: les méthodes génétiques.</p>	



Visite de sensibilisation	Visite de consolidation
Retour en classe	
<p>→ Présentation des données récoltées par les élèves</p> <p>→ Discussion commune et apports de l'enseignant·e</p>	<p>Mise en commun</p> <p>↳ Présentation orale par les élèves</p> <p>Discussion en classe</p> <p>Production par les élèves</p> <p>↳ Dossier ou poster</p>

9. La spéciation - La notion d'espèce

Ce que vous verrez au musée

Aile sud

Exemples illustrant la notion d'espèce.



Postes:

9a: *Divers oiseaux illustrant la notion d'espèce*

9b: *Pygargue à queue blanche et aigle royal, faisan noble, femelle et mâle*

9c: *Sous-espèces Bubo virginianus occidentalis et Bubo virginianus nacurutu*



9a



9b



9c

9. La spéciation - La notion d'espèce

INTRODUCTION POUR L'ÉLÈVE : UN NOM POUR CHAQUE ESPÈCE

Le nom scientifique d'un organisme est composé de deux mots, souvent latins ou grecs : on parle de **nomenclature binomiale**. Le premier nom désigne le **genre** (comme un nom de famille), le deuxième nom désigne l'**espèce** (comme un prénom). Le genre est écrit avec une majuscule et l'espèce avec une minuscule, en italique.

Si nécessaire, on précise la **sous-espèce** en ajoutant un troisième nom.

Exemple : le nom scientifique du chien domestique est *Canis lupus familiaris* car il provient du loup (*Canis lupus*) mais l'humain l'a isolé du loup par domestication.



Le chien, Canis lupus familiaris

10. La génétique - L'évolution du développement

Visite de sensibilisation	Visite de consolidation
En classe	
<p>INTRODUCTION ÉLÈVE [p.37]</p> <p>↳ Des animaux à deux têtes, deux ventres, ou deux/trois arrières-trains ?</p> <p>OBJECTIFS</p> <p>↳ Appréhender la notion d'évolution du développement</p>	<p>PRÉREQUIS</p> <p>↳ Connaître des exemples de développement embryonnaire (grenouille, humain...), notions de génotype et phénotype</p> <p>OBJECTIFS</p> <p>↳ Comprendre les notions de gènes architectes et de gènes boîtes à outils</p> <p>↳ Comprendre en quoi la complexité anatomique et la biodiversité sont liées à la génétique du développement</p>



Au musée	
Salle d'anatomie comparée (Aile sud), Postes 10a, 10b	
<p>Les élèves se rendent devant la vitrine du développement foetal du chat et les vitrines des animaux malformés. Ils comparent les animaux à double tête, à double/triple arrière-train, et à double ventre. Ils peuvent prendre des photos (sans flash). Que peut-on dire sur les causes de ces malformations ?</p> <p>Il est attendu qu'ils répondent d'une part que, dans les deux premiers cas, l'erreur de régulation des gènes du développement de la tête est survenu à des moments différents (la séparation étant plus ou moins prononcée), et d'autre part que d'autres combinaisons de gènes régissent le développement de l'arrière du corps et le développement dorso-ventral.</p>	



Visite de sensibilisation	Visite de consolidation
Retour en classe	
<p>→ Présentation des données récoltées par les élèves</p> <p>→ Discussion commune et apports de l'enseignant-e</p>	<p>Mise en commun</p> <p>↳ Présentation orale par les élèves Discussion en classe</p> <p>Production par les élèves</p> <p>↳ Dossier ou poster</p>

10. La génétique - L'évolution du développement

Ce que vous verrez au musée

Salle d'anatomie comparée (Aile sud)

Exemples illustrant le développement et des malformations



Postes:

10a: *Foetus normal de chat*

10b: *Animaux à double tête, à double ventre, à double/triple arrière-train*



10a



10b

10. La génétique - L'évolution du développement

INTRODUCTION POUR L'ÉLÈVE : DES ANIMAUX À DEUX TÊTES, DEUX VENTRES, OU DEUX/TROIS ARRIÈRES-TRAINS ?

Jusque dans les années 70, la théorie de l'évolution n'avait pas intégré l'embryologie génétique, car la façon dont les gènes contrôlent le développement embryonnaire était inconnue.

On connaissait des mouches mutantes à deux paires d'ailes ou avec des pattes à la place des antennes, ainsi que des malformations chez les humains et les animaux domestiques. On a découvert que ces mutations concernent un groupe spécial de gènes, **les gènes du développement**. On savait aussi que certains gènes contrôlent l'action d'autres gènes. Tout ceci a permis de comprendre comment les gènes peuvent agir à des moments précis du développement et dans des parties précises du corps... et comment cela peut se dérégler. Les biologistes Nüsslein-Volhard, Wieschaus et Lewis ont reçu le Prix Nobel pour ces découvertes.

Dans le développement embryonnaire, il y a donc deux sortes de gènes qui interviennent : une douzaine de **gènes architectes**, qui contrôlent une centaine de **gènes boîtes à outils**. Cela spécifie les types de cellules qui sont formées aux bons endroits du corps et au bon moment. On a recréé en laboratoire les mutations des mouches, en inactivant à chaque fois un seul gène architecte dans l'organe concerné. De même, on a pu empêcher la formation d'une patte de souris. De petites ou grandes malformations peuvent donc être causées par la mauvaise régulation d'un seul gène.

Ces découvertes ont permis de comprendre aussi comment des parties du corps peuvent évoluer suite à des mutations de gènes. De petits changements provoquent des différences anatomiques importantes. Un gène architecte «construit» un organe parce qu'il agit sur un ensemble précis de gènes : formation des ailes, des antennes, des pattes, de la tête, etc. Pour qu'il y ait évolution, il faut qu'une mutation apporte un avantage. On comprend alors que peu de mutations de ces gènes du développement en aient.

Mais le nombre de combinaisons possibles d'activation de ces gènes est pratiquement infini (en nombre, en séquence, au cours du développement, selon les parties du corps). La complexité anatomique des animaux et la biodiversité proviennent donc des combinaisons possibles de gènes du développement activés. Conclusion : dans l'évolution, les gènes ne varient pas autant que l'on croyait, mais leur activation varie beaucoup.

Voici des exemples de découvertes récentes :

- Des crustacés aux insectes, tous les animaux possèdent les mêmes gènes responsables de la formation des pattes. Mais alors que **l'expression** de tous ces gènes conduit à la formation des pattes sur tous les segments du corps, chez les crustacés ou les mille-pattes, seulement une partie de ces gènes est exprimée pour ne former des pattes que sur les trois segments du thorax de la mouche. Les insectes n'ont pas de pattes sur l'abdomen. Une seule petite mutation a permis cette modification évolutive en une seule fois! !
- Perte des pattes chez les serpents : une même modification de l'expression des gènes architectes a induit simultanément l'apparition de nombreuses vertèbres thoraciques, munies de côtes, et la perte des pattes avant. La perte des pattes arrière a eu lieu plus tard (les pattes vestigiales des boas en sont un exemple).
- Les gènes architectes ont plus de 550 millions d'années! Le même gène, par exemple, induit le développement des yeux chez la mouche, la souris et l'humain. Il en est de même pour le coeur et les pattes/ailes/nageoires de presque toutes les espèces.
- La génétique de l'humain et du chimpanzé ont une grande similarité, pourtant la différence anatomique est grande. Ici encore, l'essentiel des différences ne tient pas à des modifications dans des gènes, mais à des modifications dans la régulation de leur expression.



Malformations de mouches : quatre ailes à gauche et pattes à la place des antennes, à droite

Crédits des images

- P.1** Photo du département de zoologie du Naturéum : © Gabrielle Lechevallier, Naturéum
- P.7** Le grand phalanger volant et l'écureuil volant : © Michel Krafft, Naturéum
- P.8** Les continents il y a 250 Ma, 150 Ma, 100 Ma et actuellement : © Michel Krafft, Naturéum
- P.9** Autruche et nandou : © Michel Krafft, Naturéum
- P.9** Carte des continents il y a 200 Ma : CC-United States Geological Survey 2006-SA- wikimedia commons
- P.11** Roussette [etc..], humain, corneille, épervier et cigale : © Michel Krafft, Naturéum
- P.12** Oeil de poisson : CC-Michael Maggs 2012- SA- wikimedia commons
- P.12** Oeil de cheval : CC-BOBDOGidaho 2007- SA- wikimedia commons
- P.12** Oeil de mouche : CC-JJHarrison 2009- SA- wikimedia commons
- P.14** Embryons de grenouille et humain : © Michel Krafft, Naturéum
- P.17** Protée, scinques et squelette de boa : © Michel Krafft, Naturéum
- P.18** Evolution des graines de maïs par sélection artificielle sur les cultures : © GNIS
- P.18** Champ de coton : CC-Ji-Elle 2014-SA-wikimedia commons
- P.18** Phalènes du bouleau : Collection du Naturéum, avec l'aimable autorisation de Studio KO, Yverdon-les-Bains.
- P.20** De gauche à droite, squelettes d'humain, de gorille et de chimpanzé : © Michel Krafft, Naturéum
- P.21** Critères anatomiques chez l'humain et autres hominidés : M.-I. Cain, H. Damman, R.-A. Lue et C.K. Yoon. *Découvrir la biologie*. Éditions de Boeck. Avec l'aimable autorisation de l'éditeur.
- P.24** Hareng, mulot, raie cendrée : © Michel Krafft, Naturéum
- P.25** Évolution de la girafe selon Lamarck : Avec l'aimable autorisation de Studio KO, Yverdon-les-Bains.
- P.27** Mâle et femelle du faisan argus : © Michel Krafft, Naturéum
- P.28** Canaris : CC- Optiknv 2013-SA wikimedia commons
- P.28** Euplectes mâle et femelle : CC-Frederick William Frohawk 1899- SA wikimedia commons
- P.30** Deux espèces de lémuriniens, l'indri et l'avahi laineux : © Michel Krafft, Naturéum
- P.31** Exemple hypothétique de spéciation dans des régions géographiques différentes : © Michel Krafft, Naturéum
- P.31** Quelques espèces de lémuriniens et leur répartition géographique : CC-H. Rakotonirina, P.M. Kappeler & C. Fichtel 201, BMC Evol. Biol. 188 d'après S. Nash-SA pikpng
- P.33** Divers oiseaux illustrant la notion d'espèce : © Michel Krafft, Naturéum
- P.34** Le chien, *Canis lupus familiaris* : CC-Desaix83 2015-SA wikimedia commons
- P.36** Foetus de chat : © Gabrielle Lechevallier, Naturéum
- P.36** Veau à deux têtes : © Gabrielle Lechevallier, Naturéum
- P.37** Mouche à quatre ailes : CC-© Rachgo20 2014 - SA - wikimedia commons
- P.37** Mouche avec des pattes à la place des antennes: CC- Lisa G. 2016 - SA- wikimedia commons