

Document d'aide à la
visite

ENSEIGNANTS

 **Naturalium**
Muséum de Besançon



Le Naturalium est un espace d'exposition permanente sur le thème de la biodiversité. Réparti en 6 salles, il vient compléter et introduire les autres espaces du Muséum d'Histoire naturelle de Besançon. Répondant parfaitement à trois des grandes missions du Muséum que sont la diffusion des connaissances, la conservation et la présentation du patrimoine scientifique et naturel, le Naturalium sensibilise le public à la richesse de la biodiversité aussi bien locale qu'internationale, à l'importance de son évolution permanente, aux menaces qui pèsent sur les milieux et les espèces et aux actions entreprises pour leur sauvegarde.

D'innombrables collections en zoologie, ostéologie, botanique ou encore paléontologie, des modules muséographiques, des supports multimédias ou encore des manipulations viennent animer le propos et apporter une vision éclairée sur ce thème actuel et essentiel dans notre société.

Fruit d'une collaboration entre le Muséum d'Histoire Naturelle de Besançon, de nombreux chercheurs, l'Education nationale, la DRAC et d'autres partenaires, il affirme la légitimité du Muséum en tant qu'entité culturelle et scientifique.



SOMMAIRE

Mode d'emploi de cette aide à la visite.....	4
L'offre de médiation en lien avec le Naturalium.....	5
La malle pédagogique à emprunter.....	6

AIDE A LA VISITE DES ESPACES DU NATURALIUM

Salle 1 : LA BIODIVERSITE, C'EST QUOI ?	7
Salle 2 : COMMENT CLASSER POUR MIEUX COMPRENDRE ?	11
Première partie de la salle : comment classer ?	11
Deuxième partie de la salle : histoire des Sciences : le cabinet naturaliste	13
Salle 3 : COMMENT EVOLUE LE VIVANT ?	15
Salle 4 : LA PRAIRIE : UN OU DES ECOSYSTEMES ?	19
Salle 5 : MENACES SUR LA BIODIVERSITE	23
Salle 6 : LA BIODIVERSITE AVANT, PENDANT ET APRES L'HUMANITE ?	27

MODULES DES ESPACES ANIMALIERS DU MUSEUM

DES MODULES POUR APPROFONDIR LES NOTIONS DU NATURALIUM	31
1. Les missions d'un jardin zoologique	32
2. La classification des euarthropodes	32
3. Recherche participative dans la cour de l'aquarium	33
4. L'adaptation à la vie nocturne	33
5. Sélection artificielle : comment l'Homme crée les « races » domestiques	34

Document d'aide à la visite : mode d'emploi

Vous trouverez ici une description des 6 salles du Naturalium ainsi que des modules répartis dans les différents espaces animaliers. .

Vous pourrez ainsi piocher dans ce formidable vivier les supports de médiation qui correspondent à vos objectifs pédagogiques.

Si vous encadrez une classe de troisième ou seconde, vous pouvez également imprimer le questionnaire mis à votre disposition. Vous trouverez la version destinée aux élèves ainsi qu'une version corrigée sur notre site internet :

Rubrique : Enseignants et groupes enfants > Médiation et Pédagogie > Ressources pédagogiques

Comment lire ce document ?

- **En vert, description des supports de médiation qui illustrent les concepts présentés.**
- **En gras, les textes que vous pouvez trouver sur place.**
- *En italique, une aide à la compréhension des outils présentés.*

Informations générales :

- ❖ Attention du 2 septembre 2019 au 17 avril 2020 (hors vacances scolaires zone A), cet espace est susceptible d'être réservé pour des visites guidées encadrées par nos médiatrices.
- ❖ **A tout moment de l'année vous pouvez visiter cet espace en autonomie. Il vous est conseillé de réserver un créneau auprès de notre service des réservations qui s'assurera pour vous de sa disponibilité.**

Par email : reservation.citadelle@citadelle.besancon.fr

Par téléphone : 03 81 87 83 36

- ❖ De plus, les salles étant de taille modeste, il vous est conseillé de diviser votre classe afin de constituer des groupes ne dépassant pas 14 personnes par salle.
- ❖ Pour de plus amples informations sur les contenus pédagogiques et le potentiel éducatif de cet espace, n'hésitez pas à contacter nos référentes de l'équipe de médiation du Muséum d'histoire naturelle :

Anaïs Frapsauce et Anne-Lise Gérard, médiatrices scientifique et culturelle

Par email : anais.frapsauce@citadelle.besancon.fr et anne-lise.gerard@besancon.fr

Par téléphone : 03 81 87 81 83

Ou l'enseignante chargée de mission par l'académie de Besançon :

Isabelle Gauthier, professeure de SVT au Lycée Pergaud

Par email : isabelle.gauthier@ac-besancon.fr

L'offre de médiation en lien avec le Naturalium

Nous vous proposons des visites guidées et ateliers en lien avec le Naturalium pour tous les niveaux scolaires à partir du CM1. Ceux-ci ont lieu dans le Naturalium lui-même, mais également en salle pédagogique et dans les différents espaces animaliers.

Vous trouverez notre brochure scolaire sur notre site internet :

Rubrique : Enseignants et groupes enfants > Votre Citadelle > Brochure scolaires et groupes enfants

Visite guidée du Naturalium * (de septembre à avril) :

Le Naturalium est un espace présentant de nombreuses collections et des supports de médiation variés pour faire découvrir aux élèves la nature sous toutes ses coutures.

L'espace étant très riche, nous vous proposons deux versions de visite au choix, approfondissant des thématiques différentes :

• « Classification et évolution »

Comment classe-t-on le vivant ? Quels sont les mécanismes de l'évolution ?

> *Discours adapté à différents niveaux scolaires : du CM1 à la terminale.*

> *Durée : 1 h.*

> *Jusqu'à 14 élèves.*

> *A cette occasion cet espace vous est réservé : période possible du 2 septembre 2019 au 17 avril 2020, hors vacances scolaires zone A.*

• « L'Homme dans les écosystèmes »

Comment fonctionne un écosystème ? Quels sont les impacts des activités de l'Homme sur la nature ?

> *Discours adapté à différents niveaux scolaires : du CM1 à la terminale.*

> *Durée : 1 h.*

> *Jusqu'à 14 élèves.*

> *A cette occasion cet espace vous est réservé : période possible du 2 septembre 2019 au 17 avril 2020, hors vacances scolaires zone A.*

Activités encadrées complémentaires * (toute l'année) :

Nous vous invitons à vous reporter à la brochure scolaire pour découvrir les visites et ateliers que nous proposons dans les autres espaces du Muséum. En effet, celles-ci sont conçues pour être complémentaires à l'offre du Naturalium.

Visites commentées (1h) :

- Découverte du jardin zoologique (du CE1 au CM2)
- Conservation (de la 6eme à la terminale)
- Faune aquatique (du CE1 à la 3eme)

Atelier (1h) :

- L'univers fascinant des insectes (du CE1 au CM2)

Visites-ateliers (1h30) :

Ces offres associent la visite d'un espace du Muséum à des activités en salle.

- Biodiv' en scène (du CE1 à la terminale)
- Sauve qui peut ! (du CE1 à la 3eme)
- La classification c'est dans la boîte ! (de la 6eme à la terminale)
- Bio-débat (de la 2d à la terminale)

*Les tarifs des visites et ateliers s'ajoutent au tarif d'entrée de la Citadelle, se référer à la brochure.

La malle pédagogique du Naturalium

Pour aller plus loin après votre visite ou si vous ne pouvez pas venir sur place, vous avez la possibilité de louer les jeux proposés en atelier :



« Sauve qui peut ! »

Découvrez de façon ludique les menaces qui pèsent sur les espèces sauvages et les actions de conservation dédiées à la lutte contre leur disparition. Inspiré du jeu de l'oie, ce jeu invite les élèves à incarner différentes espèces d'Asie du Sud-Est dans leurs courses pour la survie.

(Du CE1 à la 3ème)

« Bio-débat »

Ce jeu de rôle amène vos élèves à s'interroger de façon interactive sur les relations entre l'Homme et la nature : ils incarnent des habitants aux métiers et sensibilités différentes lors d'un débat ; l'enjeu étant de prendre une décision collective pour leur ville.

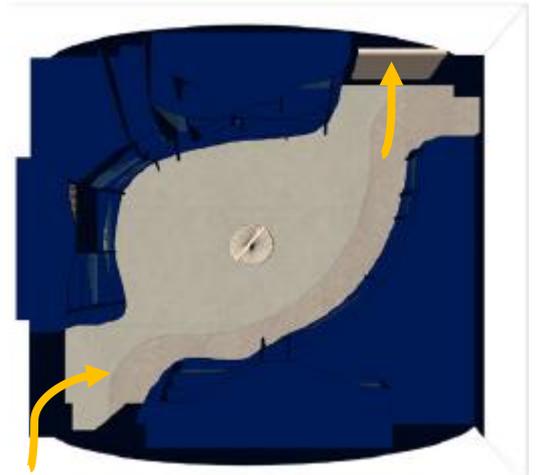
(De la 2d à la Terminale)

« Biodiv en scène »

Plantez le décor : 2 forêts bien différentes, l'une étant une sapinière et l'autre une forêt mixte, puis installez les personnages : les animaux ne pourront s'installer que là où leurs besoins alimentaires et d'habitat sont remplis. Qu'arrivera-t-il à l'arrivée de l'élément perturbateur ?

(Du CE1 à la Terminale)

Salle 1 : LA BIODIVERSITE, C'EST QUOI ?



Et vous, que vous inspire ce mot ? Nous entendons souvent parler de la biodiversité mais savons-nous vraiment la définir ? Economistes, philosophes, politiques, industriels, militants et citoyens... Chacun possède sa propre vision de la biodiversité selon sa sensibilité, son métier, sa culture.

Les scientifiques considèrent la diversité des êtres vivants selon trois niveaux : la diversité des écosystèmes, la diversité des espèces et la diversité des individus. Ces différents niveaux sont étroitement liés et évoluent dans le temps et dans l'espace.

Explorons comment l'état actuel de nos connaissances scientifiques peut nous éclairer sur l'origine, le fonctionnement et la sauvegarde de la biodiversité.

Dans cette salle, vous découvrirez ces notions notamment grâce à un spectacle interactif de quelques minutes qui se déclenche à l'entrée du visiteur. De plus, vous y trouverez des pièces de collections nombreuses et diversifiées pour illustrer ce propos.



1. Définition du vivant

1) L'ADN, point commun du Vivant (et fil rouge de l'exposition)

En face de l'entrée

Tous les êtres vivants possèdent de l'ADN (*Acide DésoxyriboNucléique*). C'est une longue molécule en forme d'hélice contenue dans chacune de nos cellules et dont sont faits nos gènes (*Gène : portion d'ADN qui contrôle un caractère particulier, la couleur des yeux, la taille, etc*). Cet ADN contient toutes les informations pour fabriquer les éléments nécessaires à la vie.

2) Suis-je un être vivant ?

A droite de l'entrée

➤ Comment définir les êtres vivants ?

Ce sont des organismes qui se modifient, se reproduisent et finissent par mourir.

Les êtres vivants varient au fur et à mesure des générations et peuvent transmettre par la reproduction les informations qu'ils portent avant de mourir. Tous les êtres vivants possèdent des protéines et de l'ADN (le support des gènes). C'est une molécule qui permet de fabriquer et de faire fonctionner les cellules (les « briques » dont nous sommes faits).

Exemples afin d'illustrer cette définition

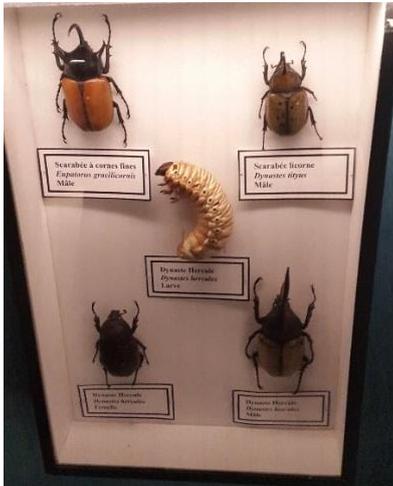
➤ Selon toi, lesquels sont des êtres vivants ?



- Le Guêpier à queue d'azur est un être vivant ! C'est un oiseau constitué d'organes [...]
A plus petite échelle, c'est un ensemble de cellules et de liquides composés d'éléments chimiques qui forment des molécules particulières.
- La rose : Même si les végétaux ne bougent pas, ils sont vivants ! Leurs organes (feuilles, fleurs, racines...) sont composés de cellules et des mêmes éléments chimiques que les autres êtres vivants [...]
- Les champignons ne sont ni des végétaux, ni des animaux : ce sont des êtres vivants encore différents [...]
- Les fossiles sont faits principalement de matière minérale, ils ne sont pas vivants mais sont des preuves d'existence d'autres espèces [...]
- Les virus : Ça se discute ! Ils sont incapables de se reproduire par eux-mêmes mais possèdent certaines caractéristiques des êtres vivants et interagissent avec eux, par exemple en échangeant de l'ADN [...]

2. Biodiversité : définition des 3 niveaux

1) La diversité « entre les espèces » (inter-spécifique)



Pour illustrer ce propos, vous pouvez exploiter les nombreuses *collections* présentes dans la salle.

Différentes espèces existent au sein d'un écosystème. La biodiversité est illustrée simplement par la multitude de formes de vie. Les biologistes disent que deux individus sont de la même espèce s'ils sont capables de faire des petits qui pourront se reproduire à leur tour. Cependant, il existe différentes façons de se reproduire, comme le « clonage » naturel chez certaines espèces.

Vous pouvez exploiter le *module de question-réponse* en photo ci-contre : il permet de se rendre compte que les apparences ne suffisent pas toujours pour différencier une espèce d'une autre.

Qui se ressemble s'assemble ? Pourras-tu retrouver les individus qui font partie de la même espèce ?

2) La diversité « à l'intérieur d'une espèce » (intra-spécifique)

Pour illustrer ceci vous pouvez partir du même module ci-dessus (dimorphisme sexuel, différence entre forme larvaire et adulte) et sur la diversité au sein de l'espèce humaine.

Au sein d'une espèce, les individus sont différents.

La couleur de nos cheveux ou la forme de notre visage sont différentes de celles de notre voisin car il existe une diversité génétique au sein de l'espèce humaine.

Aujourd'hui les études moléculaires permettent d'identifier des espèces et des individus en observant des ressemblances, ou des différences, à l'échelle des protéines ou de l'ADN.



3) La diversité des écosystèmes

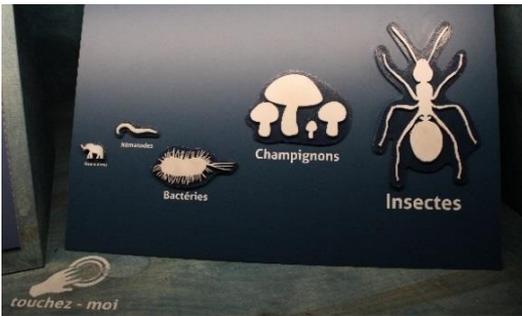
Vous trouverez des *photos d'écosystèmes* variés au-dessus des collections à droite de l'entrée, ainsi qu'un *module interactif* (cf photo ci-dessous) présentant des exemples d'écosystèmes, de la biosphère jusqu'à l'échelle du détail. Ceux-ci sont imbriqués les uns dans les autres à la manière des poupées russes.



Un écosystème est la combinaison de tous les êtres vivants : la biocénose, et du milieu de vie dans lequel on les trouve : le biotope. Sur Terre, les écosystèmes sont nombreux et divers. Il en existe à toutes les échelles : nous vivons à Besançon dans l'écosystème du massif jurassien et nous sommes des écosystèmes pour tous les micro-organismes qui habitent dans nos corps !

3. Pour aller plus loin

1) Module des proportions : Une biodiversité insoupçonnée



Vous trouverez ce **module tactile** à gauche de l'entrée. L'insecte y apparaît beaucoup plus gros que le mammifère afin de bousculer nos préjugés : leurs tailles représentent leur proportion au sein de la biodiversité. Ainsi, on se rend compte que ce ne sont pas les êtres vivants les plus visibles qui sont les plus nombreux.

En estimant le nombre d'espèces qui existent sur Terre, plus d'un être vivant sur dix serait une bactérie et presque un sur deux serait un insecte ! En comparaison, nous ne sommes que peu de chose : tous les mammifères et les oiseaux réunis ne représenteraient pas plus de 0,2% des espèces vivantes.

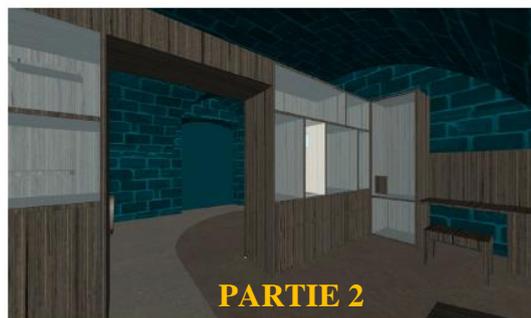
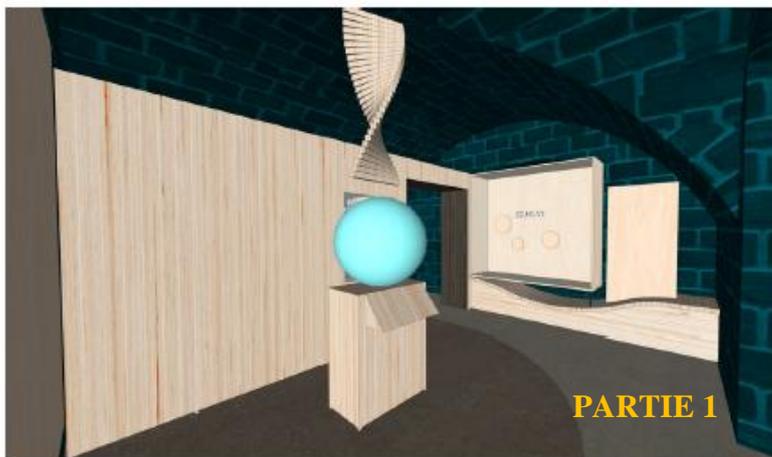
2) Question naïve : Qu'est-ce qu'un microbe ?

Ce texte est visible à droite de la sortie : C'est un être vivant qu'on ne peut pas voir à l'œil nu : il est microscopique ! Pourtant, les microbes constituent la plus grande partie de la biodiversité sur la Terre.

Les bactéries, les virus, les protozoaires (*petits organismes à une seule cellule différents des champignons ou des bactéries*) et même certains champignons en font partie. Certains peuvent provoquer des infections mais la plupart sont très utiles pour digérer, combattre les maladies, fabriquer de l'air ou même recycler les déchets !

Des illustrations de ces organismes sont projetées au plafond lors du spectacle interactif.

Salle 2 : COMMENT CLASSER POUR MIEUX COMPRENDRE ?



« La première vérité qui sort de cet examen sérieux de la nature est une vérité peut-être humiliante pour l'Homme ; c'est qu'il doit se ranger lui-même dans la classe des animaux. » (Buffon, 1749)

Devant la grande diversité des êtres vivants, l'Homme trie, classe et range ce qui l'entoure pour le reconnaître, le comprendre et organiser sa vision du monde.

Les critères retenus pour classer et hiérarchiser n'ont pas toujours été les mêmes suivant les civilisations et l'histoire des sciences.

Actuellement, la classification scientifique du Vivant est basée sur les degrés de parenté entre les organismes : « qui est plus proche de qui ? ». Pour cela, on regroupe les organismes qui partagent le plus de caractéristiques.

Les systématiciens (*les scientifiques qui classent et rangent les êtres vivants*) travaillent encore et toujours sur cette classification. Certains groupes connus réservent encore des surprises et il reste de nombreux organismes à étudier.

Cette salle est divisée en 2 parties.

La première nous présente le résultat des recherches actuelles sur la classification : le buisson du vivant qui nous montre les liens de parentés entre les espèces. Aujourd'hui encore, cet outil évolue grâce à l'avancée des recherches en systématique.

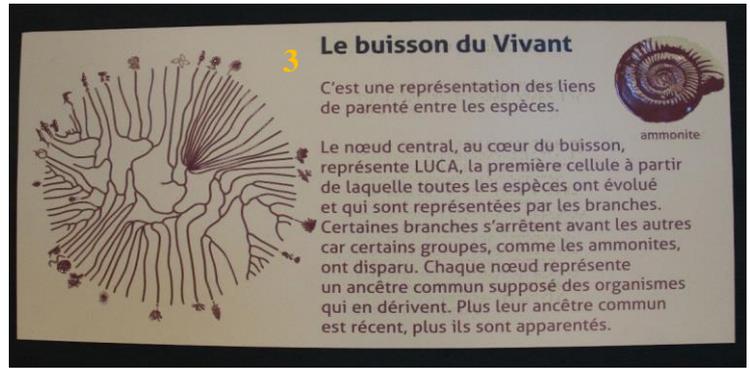
La seconde partie de la salle nous présente grâce à de nombreuses collections l'histoire de cette science, qui a énormément évolué, changeant par la même occasion la perception que nous avons de la place de l'Homme au sein du monde du vivant.

1. Première partie de la salle : comment classer ?

1) Le buisson du Vivant

Vous trouverez au sol (1) et dans une vitrine sphérique (2) deux *représentations du buisson du vivant*, ainsi qu'une reproduction en relief (3) du dessin au sol pour les personnes en situation de handicap visuel.

Enfin, un **dispositif interactif** est à votre disposition, (4) présentant le buisson du vivant et une comparaison de l'histoire évolutive à travers 4 exemples : un corail (Cnidaire : *Dendrogygia cylindrica*), un champignon *Polypore flamboyant* (*Pycnoporellus fulgens*), le chêne liège (*Quercus suber*) et l'Homme (*Homo sapiens*). Ces 4 exemples sont illustrés par des **spécimens naturalisés** dans la vitrine à droite de la sphère.



Face à la diversité des formes de vie, les scientifiques classent les êtres vivants selon leurs liens de parenté. Ils montrent ainsi l'évolution des espèces. Cette classification est représentée par un « buisson » qui permet de ne pas hiérarchiser les espèces. Plus elles sont apparentées, plus elles font partie d'un petit groupe bien spécifique. A noter qu'aucune espèce actuelle n'est plus évoluée qu'une autre.

Question naïve : Qu'est-ce qu'un ancêtre commun ?
L'ancêtre commun possède des caractéristiques qu'il a transmises à ses descendants...

Question naïve : Arbre généalogique ou phylogénétique ?

Dans un arbre phylogénétique, on cherche à montrer « qui est plus proche de qui », entre différentes espèces. L'ancêtre est hypothétique

Exemple de classification pour l'Homme :

REGNE ANIMAL
EMBRANCHEMENT VERTEBRE
CLASSE MAMMIFERE
ORDRE PRIMATE
FAMILLE HOMINOÏDE
GENRE HOMO
ESPECE SAPIENS

2) Les caractères partagés :

Les scientifiques ne classent pas les êtres vivants selon leur beauté, leur utilité ou sur des attributs qu'ils ne possèdent pas. Ils leur trouvent des caractéristiques partagées, héritées d'un ancêtre commun, ce qui signifie que les espèces sont apparentées.

Vous pourrez expliquer grâce à un exemple précis, qui englobe l'Homme, comment sont établis les regroupements par recherche de caractères partagés. C'est la **vitrine interactive** au fond de cette première partie de la Salle qui répond à la question : **Haplorrhinien qui es-tu ?**

Observe bien les points communs entre ces différents animaux pour essayer de réunir les plus proches cousins. Attention, certaines espèces semblent partager des caractères alors que ce n'est pas le résultat d'un lien de parenté. (Pour en savoir plus sur les analogies allez voir la vitrine des curiosités de la salle 3)

Faites pivoter les dessins des caractères partagés afin d'en apprendre davantage sur ces groupes monophylétiques

- Tous ces animaux ont des mains dont le pouce est opposé aux autres doigts et des ongles plats : ce sont tous des primates.
- Le babouin, le chimpanzé et l'humain ont un nez, contrairement au propitèque qui a une truffe : ce sont des Haplorrhiniens, la branche des primates dont nous faisons partie.
- Le chimpanzé et l'humain ont tous les deux un coccyx, c'est-à-dire une toute petite queue car les os ont fusionné : ce sont des Hominoïdes (*sous-classe des primates*).
- Même si beaucoup de singes se déplacent parfois sur deux pattes (bipédie), cela ne permet pas de regrouper l'humain avec le propitèque. Par exemple, la bipédie n'est permanente que chez l'humain.



Question naïve : L'Homme descend-il du singe ?... Aucun singe actuel n'est notre ancêtre « primitif » car toutes les espèces actuelles sont aussi évoluées les unes que les autres.

2. Deuxième partie de la salle : histoire des Sciences : le cabinet naturaliste

1) Les grands hommes de l'histoire de la classification du vivant : (1)

Dans le fond, des **objets de collection** sont disposés sur un bureau : Ici, on retrace l'évolution du concept de classification en découvrant la pensée de plusieurs grands noms de cette science grâce à un **bas-parleur**. Ces éclairages permettent de constater comment a évolué la science en fonction de l'influence des croyances et des nouvelles découvertes : depuis une vision fixiste et hiérarchisée jusqu'à la systématique moderne.



- Aristote (-384 - -322) Philosophe grec. Il classait toutes les choses de la nature selon des critères de « perfection ».
- Carl von Linné (1707 – 1778). Naturaliste suédois. Il classait selon des ressemblances anatomiques.
- Charles Darwin (1809 – 1882). Naturaliste anglais. Ses travaux ont permis de questionner la classification et son lien avec l'histoire évolutive des êtres vivants.
- Willi Hennig (1913 – 1976). Biologiste allemand. Il a posé les fondements de la classification actuelle, issue de la théorie de Darwin et basée sur les liens de parenté entre les espèces.

2) Les vrais/faux de la classification : (2)

Dans cet espace évoquant les cabinets naturalistes d'antan, soyez prêts à revenir sur vos croyances. Car face à la science moderne qui n'accepte que les groupes ayant un seul ancêtre commun (monophylétique), de nombreuses notions héritées du passé ont été bouleversées.

Vous y trouverez notamment un crâne d'éléphant, ainsi qu'un daman naturalisé exposés dans la même vitrine : en effet, l'étude fossile et anatomique de ce dernier prouve qu'il aurait comme parents proches les éléphants et les siréniens, et non pas les rongeurs comme on l'a longtemps pensé.

Ouvrez **les tiroirs et placards** de cet espace et ainsi découvrez que :

- Les **reptiles** n'existent pas ! [...] Les scientifiques parlent plutôt des **Sauropsides** : tortues, lézards, serpents, sphénodons, crocodiles ET oiseaux. (Vous trouverez un arbre phylogénétique de ce groupe dans le tiroir. De plus, des colibris et des œufs d'oiseaux sont exposés au-dessus du tiroir)
- Les **poissons** n'existent pas ! [...] Aujourd'hui, les scientifiques n'utilisent plus ce terme et le remplacent par « poisson osseux » (Ostéichthyen) ou « poisson cartilagineux » (Chondrichtyen) en fonction de l'espèce (Vous pouvez faire un parallèle avec le crâne de dauphin exposé à côté).
- Les **Invertébrés** n'existent pas ! [...] En effet, les animaux sont actuellement classés selon les caractères qu'ils possèdent, et non selon ceux qu'ils ne possèdent pas.
- Tous des **rongeurs** ? [...] En sciences, l'ordre des Rongeurs désigne un groupe d'animaux qui possèdent 4 incisives à croissance continue. Ainsi le lièvre et la Musaraigne ne sont pas des rongeurs. (Dans le tiroir une seule de ces espèces est un rongeur, le capibara, mais vous pouvez également observer un porc-épic au-dessus et un surmulot dans le tiroir « nuisibles »)
- Classer les **insectes** : un casse-tête ! [...] Lorsqu'il s'agissait de les classer, leur petite taille et la différence entre les larves et les adultes ont engendré des erreurs et des confusions [...]
- **Nuisibles** pour qui ? [...] Actuellement, la dénomination de « nuisible » est encadrée par la loi et doit être justifiée.
- Les **scrophulariacées**, un ancien groupe « fourre-tout » [...] Depuis le milieu du 19^e siècle, un grand nombre de ces espèces de plantes terrestres ont été reclassées dans d'autres familles.
- **Orchidée** un jour, orchidée toujours ! [...] La plupart des plantes classées ainsi le sont toujours aujourd'hui : les caractères anatomiques utilisés étaient fiables.

3) Pour aller plus loin :

Dans cette partie de salle vous trouverez un **chevreau à deux têtes** évoquant les cabinets de curiosité et les aléas qui peuvent se produire lors du développement embryologique.

De plus, il est possible d'observer au-dessus de la porte, une **série de crânes de simiens** :



Salle 3 : COMMENT EVOLUE LE VIVANT ?



Les scientifiques classent les êtres vivants selon leurs liens de parenté. Ils montrent ainsi l'évolution des espèces. De la Bactérie à l'Ortie en passant par l'Homme, tous dérivent d'ancêtres communs, les premiers êtres vivants à partir desquels ils ont tous évolué.

A l'échelle d'une vie humaine, la plupart des espèces visibles à l'œil nu semblent stables. Après plusieurs milliers de générations, elles peuvent cependant se modifier suffisamment pour donner de nouvelles espèces.

Plusieurs mécanismes biologiques sont à l'origine de la modification des espèces et de leur stabilisation dans le temps et l'espace. La sélection naturelle, la sélection sexuelle et la dérive génétique font partie des plus importants.

Aujourd'hui, les scientifiques identifient encore d'autres « moteurs » de la diversité du vivant.

« Les espèces qui survivent ne sont pas les espèces les plus fortes ni les plus intelligentes, mais celles qui s'adaptent le mieux aux changements. » (Charles Darwin, naturaliste)

Dans cette salle, découvrez les principaux mécanismes de l'évolution, grâce à des films explicatifs, des jeux sur tablettes tactiles et des pièces de collection remarquables

1. Vitrine des « curiosités »

A l'entrée à gauche se trouve une **vitrine** qui propose des exemples hors norme : des situations d'étonnement desquelles il peut être intéressant de commencer.

1) Un air de famille trompeur

Quelle ressemblance entre ces deux mammifères disparus (Smilodon et Thylacosmilus) ! Pourtant, elle n'est pas héritée d'un ancêtre commun : [...] Quand deux espèces ont des modes de vie similaires (habitat, alimentation,...), elles peuvent développer des ressemblances qui ne sont pas dues à un lien de parenté : c'est la convergence évolutive. Vous pouvez évoquer la différence entre analogie et homologie.

2) La mort des fossiles vivants

[...] Le Coelacanthe semble similaire à des fossiles datant de 70 millions d'années.

Cependant, rien ne prouve qu'il s'agisse de la même espèce. Cette appellation n'est plus admise aujourd'hui par la communauté scientifique car une espèce peut avoir fortement évolué génétiquement, sans que cela ne se répercute sur son apparence.

3) Les pattes du python

Les serpents font partie d'un groupe appelé tétrapodes, regroupant les organismes à « quatre pieds » ! [...] Au fil de l'évolution, les serpents ont gardé l'atlas mais ont perdu leurs pattes, une « simplification » utile pour ramper. Les boas et pythons ont conservé leurs os du bassin et du fémur, considérés comme des vestiges de membres, ou pattes vestigiales.



2. Les mécanismes de l'évolution

Les mécanismes de l'évolution reposent sur les trois principes suivant :

La variation : Au fil des générations, des changements peuvent apparaître chez les êtres vivants : du maïs avec plus de grains par exemple. Ces variations se produisent naturellement depuis notre ADN (ce sont des mutations) jusque dans notre comportement.

L'héritabilité : Certaines de ces variations sont transmises aux nouvelles générations.

La sélection : Elle agit comme un filtre. Si une de ces variations permet aux individus qui la portent de se reproduire davantage (dans un environnement donné), elle va se répandre dans la population et y rester. Au contraire, si elle handicape les individus porteurs, ils se reproduiront moins et cette variation aura moins de chances de persister dans le temps.

Vous trouverez trois **tablettes tactiles** avec des jeux pour comprendre 3 grands mécanismes de l'évolution : Dérive génétique, sélection naturelle et sélection sexuelle De plus, les **vitrines** situées en arrière, vous donnent les définitions de ces 3 mécanismes majeurs ainsi que des exemples concrets.

1) La dérive génétique

Exemple des lions de Ngorongoro.

Il existe des différences entre les individus au sein d'une même espèce. Ces caractéristiques, telles que la couleur des poils, sont déterminées par les gènes dont il existe différentes « versions », les allèles. Chaque allèle (ici la couleur) est présent dans la population dans des proportions variables. La dérive

génétique c'est lorsque la proportion d'un allèle au sein de la population est modifiée par le hasard [...]

Après une séparation géographique, il arrive que le profil génétique s'éloigne tellement de celui de la population initiale que les individus ne peuvent plus se reproduire entre eux : c'est le phénomène de spéciation, l'apparition d'une nouvelle espèce.

2) La sélection naturelle

Exemple de l'escargot des haies

Cf. mécanismes cités dans l'encadré ci-dessus

« Les espèces qui survivent ne sont pas les espèces les plus fortes, ni les plus intelligentes, mais celles qui s'adaptent le mieux aux changements. » (Charles Darwin, 1859).

3) La sélection sexuelle

Exemples du cerf et du loriot



[...] Il arrive qu'elle favorise des caractères gênants pour la survie des individus. Ces traits sont malgré tout conservés car ils permettent de séduire une femelle ou de devenir un mâle dominant. Grâce à eux, l'individu peut donc accéder plus facilement à un partenaire sexuel.

3. La spéciation, exemple de la lignée des félins

La vitrine centrale permet de poser les grandes lignes de l'évolution avec pour exemple l'histoire évolutive de la lignée des félins. Vous pourrez trouver un écran apposé au socle de la vitrine centrale où trône Boris, le tigre de Sibérie naturalisé avec 3 autres félins, proposant une vidéo intitulée 1000 chats. Cette vidéo explique comment l'Homme a sélectionné les chats pour arriver aux formes domestiquées actuelles, mais aussi comment les espèces sauvages de félins ont évolué à partir du même ancêtre commun mettant ainsi en parallèle sélection naturelle et sélection artificielle.



1000 chats

Le dernier ancêtre commun aux 37 espèces de félinés actuels vivait en Asie il y a 11 millions d'années. [...] Sur des millions d'années, les félins ont colonisé presque tous les continents. Chaque population a évolué dans un environnement particulier auquel elle est adaptée. Les différences se sont tellement accumulées que les populations sont devenues des espèces différentes, c'est la « spéciation ».

Chat sauvage ou Chat domestique ?

Le Chat domestique (*Felis catus*) est une espèce unique au sein de laquelle on compte de nombreuses races, fruits d'une sélection artificielle par l'Homme [...]

4. Approfondissements

1) Un résultat de l'évolution : l'adaptation

Quand l'adaptation n'est pas parfaite...

Une population ou une espèce est adaptée lorsqu'elle se reproduit mieux que d'autres dans un environnement donné. L'adaptation n'est pas synonyme de « perfection » [...] Elle est toujours liée à des contraintes particulières. Une population d'abord très adaptée peut être décimée si l'environnement change et inversement.



Exemple de l'adaptation des langues de certaines espèces à leur mode de vie :

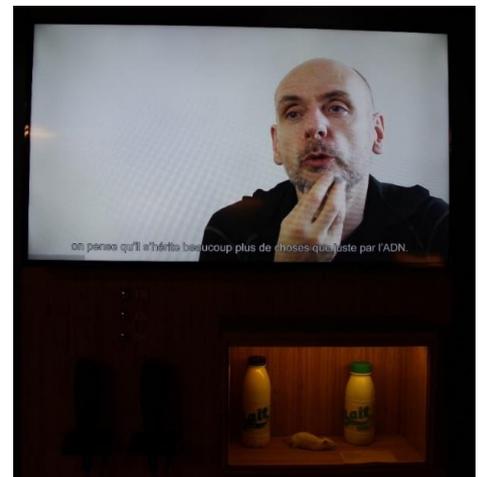
Module tactile (accessible pour les personnes en situation de handicap visuel) : Fourmilier géant (ou Tamanoir) – Humain – Chat – Vipère.

2) Interview de Guillaume Lecointre, systématicien :

La recherche continue à avancer. Dans cette **interview**, cet éminent chercheur nous fait part des dernières découvertes sur l'évolution des espèces. L'occasion de s'interroger sur l'influence de la culture et de rendre compte que l'héritage transmis à la génération suivante n'est pas seulement génétique.

Les exemples abordés dans son discours sont :

- Pour l'influence de la culture humaine : les différences de répartition d'allèles permettant de maintenir la synthèse de l'enzyme de digestion du lait.
- Pour l'épigénétique : transmission de marqueurs du stress chez la souris sans recours à l'hérédité génétique.



3) Questions naïves

Les humains sont-ils plus évolués que les autres êtres vivants ?

Non, tous les organismes vivant actuellement sont aussi évolués les uns que les autres et ceci depuis le premier être vivant dont tous les organismes dérivent. Ils ont donc tous autant subi les phénomènes évolutifs. La simplicité apparente d'un organisme n'a rien à voir avec son degré d'évolution. Son ADN a pu être très modifié sans conséquence sur son apparence.

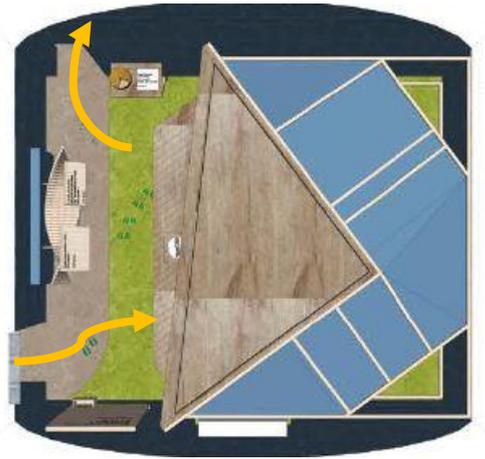
Pourquoi certaines espèces semblent moins évoluées que d'autres continuent-elles d'exister ?

La simplicité des organismes ne signifie pas qu'ils sont moins évolués. Toutes les espèces actuelles ont une histoire évolutive aussi longue et sont donc toutes autant évoluées les unes que les autres. On ne peut plus parler, scientifiquement, d'espèce « primitive » ou d'espèce « évoluée ».

La théorie de l'évolution est-elle fiable ?

Comme toute théorie, elle est confrontée au réel et à l'observation scientifique. Elle peut donc être corrigée. Aujourd'hui, elle demeure l'explication fondamentale de la biodiversité.

Salle 4 : LA PRAIRIE : UN OU DES ECOSYSTEMES ?



Le principe de l'évolution des êtres vivants est intimement lié à l'environnement. Tout organisme dépend de son habitat (température, vent, reliefs...) et des êtres vivants qui l'entourent : tous ces éléments constituent un écosystème (*Ensemble des êtres vivants, de leur milieu et de toutes les relations entre eux*).

Un écosystème est dynamique : les interactions entre les populations reposent sur un équilibre mais peuvent se modifier en permanence. Un petit changement dans la population d'une seule espèce peut avoir des répercussions sur toutes les autres ou au contraire impacter faiblement l'écosystème.

La prairie de basse montagne est typique de la Franche-Comté. C'est un écosystème où se côtoient plantes, insectes, oiseaux...mais pas seulement ! A plus petite échelle, on peut distinguer d'autres écosystèmes insoupçonnés...

1. Simulation d'un affût avec vue sur une prairie Franc-comtoise, sa faune et sa flore



En arrivant dans la salle, vos élèves se retrouvent plongés dans un **reconstitution d'affût**. Ils pourront y découvrir des espèces typiques des prairies Franc-Comtoises grâce aux **collections exposées**. Reconnaitrez-vous cette faune et cette flore de nos régions ?

1) Faune : Collections naturalisées.

2) Identification interactive des espèces présentes au niveau de l'affût.

3) Flore : photos de plantes typiques du milieu, en planches d'herbiers tirées des collections du muséum, et en situation sur le terrain.

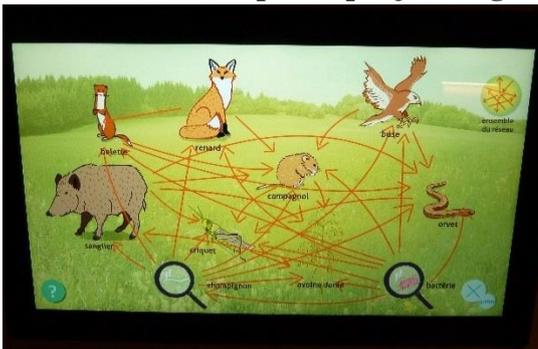
2. Jeux interactifs pour aborder les interactions entre espèces au sein d'un écosystème



Au sein d'un écosystème, les espèces présentes interagissent avec leur environnement et entre elles à travers un réseau complexe. Leurs populations sont étroitement liées à leur milieu ainsi que les unes aux autres.

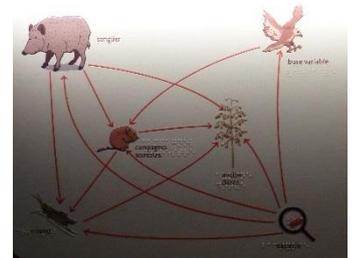
1) Qui mange qui ?

Trouve la ou les espèces que je mange.



Une « chaîne alimentaire » ne représente pas la réalité. Chaque être vivant peut consommer plusieurs aliments différents, et être la proie de nombreux prédateurs. On parle plutôt de « **réseau trophique** » : toutes les espèces sont connectées entre elles, ce qui maintient un équilibre.

Ce thème est décliné en un **panneau tactile** adapté aux personnes en situation de handicap visuel.



Attention, ici les flèches ne représentent pas les transferts de flux de matière et d'énergie : elles se lisent : « mange ». (ex : le renard mange le campagnol).

2) Réseau écologique :

Qui interagit avec qui ? Il existe de nombreux liens entre les êtres vivants, qui rendent les espèces et les individus dépendants les uns des autres.



Commensalisme : Relation qui profite à l'un est sans conséquence pour l'autre (le lichen et l'arbre).

Parasitisme : Relation qui profite à l'un est négative pour l'autre (l'échinococcose et le renard).

Mutualisme : Relation qui profite aux deux organismes (l'algue et le champignon au sein du lichen).

3. Zoom sur des écosystèmes particuliers

1) Une coupe de sol : depuis une bouse, différentes couches de sol, puis la roche mère.



(1) Les sols

Le sol est un écosystème dont les caractéristiques sont déterminées par de nombreux facteurs comme le climat ou les traitements. Des réactions physico-chimiques forment et transforment le sol et dépendent de l'activité des nombreux êtres qui y vivent. Ces éléments physiques, chimiques et biologiques déterminent les caractéristiques de chaque sol (de forêt, champs, prairie, etc.) et leur fertilité.

Un bon outil pour se pencher sur la richesse insoupçonnée du sol : vous trouverez sur cette coupe de sol la description des nombreuses espèces y vivant ainsi que des différentes couches de sol (humus, roche mère, champignons, graines, bousiers, annélides, taupe...etc).

(2) La bouse : une ville à elle toute seule !

Parmi les nombreux insectes associés à la bouse de vache, on distingue:

- Les herbivores qui consomment les restes de végétaux de la bouse.
- Les carnivores qui se nourrissent de ces herbivores.

Ils interviennent selon un ordre précis, formant une chaîne qui dégradera la bouse. Sans eux, les excréments s'accumuleraient et les vaches n'auraient plus d'espace où brouter !

(3) Evolution du cortège d'animaux que l'on trouve dans une bouse en fonction de sa fraîcheur :

Cette *bouse tactile et pédagogique* explique comment un écosystème évolutif tel qu'une bouse est colonisé par différentes espèces en fonction de son stade de dégradation. L'importance de l'apport en matière organique qu'une bouse représente pour son environnement est également mise en avant.



2) Un petit écosystème insoupçonné : L'univers vivant du fromage



Le Comté n'existerait pas sans la biodiversité microbienne du lait ! Sa croûte évolue avec les microbes des saumures déposées pour la conservation et ceux présents dans l'atmosphère de la cave où le fromage est fabriqué. La couleur, la texture, l'odeur et le goût que l'on apprécie tant dépendent d'un réservoir d'êtres vivants invisibles à l'œil nu qui sont majoritairement les bactéries, et dans une moindre mesure des champignons, des virus et des protozoaires.

Sur ce *comté tactile et pédagogique* est décrite l'action des bactéries, champignons, virus et protozoaires dans la maturation du comté.

4. Question : que se passe-t-il lorsque l'écosystème est modifié ?

1) Que se passe-t-il lorsque les vaches sont traitées contre les parasites internes ?

Près de la coupe de sol

Certains vermifuges (*médicaments permettant à l'animal de lutter contre ses parasites internes, tels que les vers intestinaux*) se retrouvent parfois dans les bouses et ont de graves conséquences : les insectes s'empoisonnent. Sans insectes pour les dégrader, les bouses s'accumulent dans les pâtures, empêchant les plantes de repousser. Les insectivores ne trouvant plus de proies deviennent aussi plus rares.

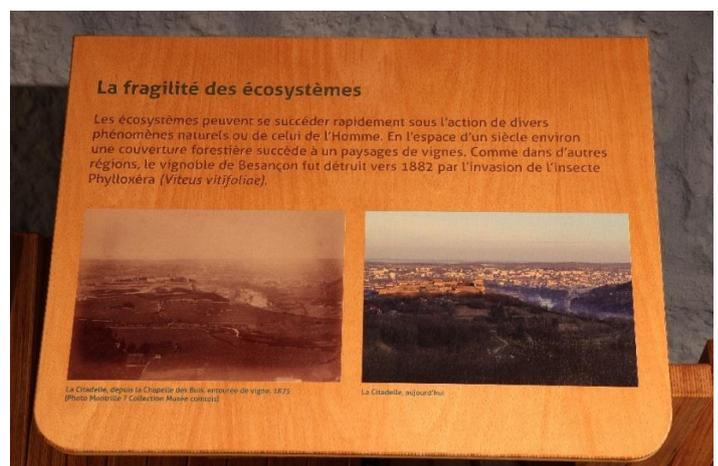
2) Que se passe-t-il lorsque la population de campagnols connaît un pic dans la prairie ?

Fait partie du contenu de la tablette numérique d'identification interactive des espèces de l'affût

Le Campagnol pullule régulièrement en Franche-Comté. Ses prédateurs, comme les rapaces, trouvent davantage de nourriture donc deviennent plus nombreux. A l'inverse, les plantes dont le campagnol se nourrit se raréfient. Le Lièvre et le Grand Tétrás sont impactés de manière indirecte : le Campagnol est une espèce clé dont dépendent de nombreuses autres.

5. La fragilité des écosystèmes

Il est intéressant d'utiliser ce support comme transition avec la salle suivante, et de faire s'interroger vos élèves sur les transformations rapides qui peuvent advenir dans les écosystèmes, ainsi que sur les interactions homme/nature qui peuvent être tout à la fois bénéfiques (les prairies franc-comtoises sont elles-mêmes le fruit de l'action de l'Homme) ou négatives (déséquilibres actuels développés dans la salle suivante).



Salle 5 : MENACES SUR LA BIODIVERSITE ?



« La nature offre à la fois ce qui nourrit le corps, émerveille l'âme, le cœur et l'esprit. » (Pierre Rabhi, agriculteur et essayiste)

Comment notre vie impacte-t-elle et dépend-elle de la biodiversité ?

La biodiversité nous fournit une grande variété de nourriture, de tissus, de médicaments,... De plus, elle régule les cycles naturels et la qualité de l'air, des sols et de l'eau : des éléments vitaux pour nous.

Actuellement, les écosystèmes se modifient bien plus vite en présence de la population humaine : notre part de responsabilité dans ces changements fait consensus parmi les scientifiques. Les plus grandes menaces pour les écosystèmes [dans l'ordre d'importance] sont la destruction et le morcellement des habitats, la surexploitation des ressources, les espèces invasives, les pollutions et le changement climatique.

Pour conserver la biodiversité telle qu'elle est, les mesures politiques, juridiques, scientifiques et citoyennes doivent fonctionner ensemble.



Cette **salle immersive** se présente sous la forme d'une cuisine ouverte sur un salon : mais lorsqu'on y ouvre les **placards ou le frigidaire**, et qu'on se penche sur la **décoration**, on découvre des animaux naturalisés. Le discours de cette salle vise à faire le lien entre notre quotidien et l'environnement : en effet, même si on pense vivre loin de la nature, notre style de vie dépend complètement d'elle, et a un impact sur la biodiversité locale, tout autant que sur des espèces sauvages habitant à l'autre bout du monde.

Afin d'illustrer les **collections exposées**, vous pourrez découvrir de petits **textes rédigés par des scientifiques et experts**. Ils interrogent notre rapport à la nature, rappellent les services inestimables qu'elle nous rend chaque jour, alertent sur l'impact de nos diverses activités et nous présentent les solutions déjà mises en œuvre afin de freiner l'érosion de la biodiversité.

1. Exploitation des collections et des témoignages de scientifiques



Invitez vos élèves à ouvrir les tiroirs, ils pourront y trouver les textes évoqués ci-dessous, illustrés par nos collections.

1) Les menaces

Destruction de l'environnement :

- Apollon du Jura, un symbole menacé par *Perrine Jacquot, entomologiste.*
- Prendre en compte les associations d'êtres vivants : La dépendance du papillon Apollon aux Joubarbes par *Yves Monnier, professeur honoraire du Muséum national d'Histoire naturelle.*
- La menace de l'huile de palme pèse sur le Touraco.

Surexploitation des ressources :

- Des minerais devenus indispensables (exploitation des terres rares) par *Yoann caillet, géologue.*
- Teck ou pas teck ?
- L'Anchois de nos pizzas en danger ?

Et plus particulièrement braconnage :

- Tamarins et ouistiti : mignon ne rime pas avec domestication ! Par *Séverine TOUSSAINT – doctorante en Primatologie au Muséum national d'Histoire naturelle/ Centre de Recherche sur la Paléontologie de Paris.*
- 4000 \$ le kilo les becs de calaos par *Joost Lammers : Gestionnaire de collections vivantes au Vogelpark, spécialiste des calaos.*
- Eléphant, victime de ses défenses par le *Bureau CITES (Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction) de la DREAL (Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement) Bourgogne-Franche-Comté.*
- Ramassage des coquillages par *les équipes du Muséum.*
- L'hippocampe, victime de son étrangeté par *les équipes du Muséum.*

Espèces invasives :

- Ecrevisses à pattes blanches ou américaine ?
- Les nouveaux envahisseurs : La Tortue de Floride et la Jacinthe d'eau.

Pollution :

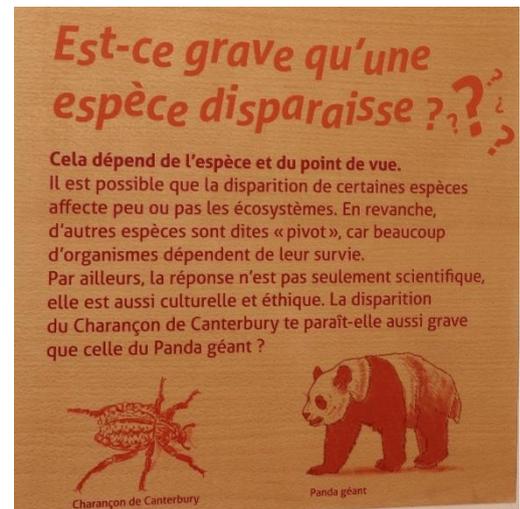
- N'oublions pas que les eaux usées ont des conséquences sur les écosystèmes ! Par *David Siauxsat, écophysiologie et écotoxicologie, chercheur à l'UPMC - Sorbonne Universités*
- Inciter à diminuer la pollution pour éviter le déclin de l'abeille domestique par *Arnaud Horellou, Chef de Pôle CITES, Muséum national d'Histoire naturelle*
- Tortue imbriquée, sauvée des déchets par le *Bureau CITES de la DREAL Bourgogne-Franche-Comté*

Uniformisation des variétés domestiques :

- La domestication du maïs par *Yves Monnier, ethnobotaniste, professeur honoraire du Muséum national d'Histoire naturelle*

Disparition des espèces :

- Le grand Dytique : une protection trop tardive par *Frédéric Mora, entomologiste, directeur scientifique à l'Observatoire Régional des Invertébrés*
- Imaginez une autruche de 400 kilos pour 3 mètres de haut par *Alexandre Mille, conservateur du patrimoine, Muséum de Perpignan*
- Connaître et restaurer les populations d'esturgeons.
- Disparition de la grenouille à incubation gastrique : **module tactile** pour les personnes en situation de handicap visuel : reproduction en taille réelle de cette grenouille ainsi que du Grand Hamster.
- **Question naïve** : photo ci-contre



2) Les services écologiques

- De l'importance de la diversité biologique pour nous soigner
- La biodiversité, réservoir de médicament par *Anaïs Grimberg, pharmacienne*.

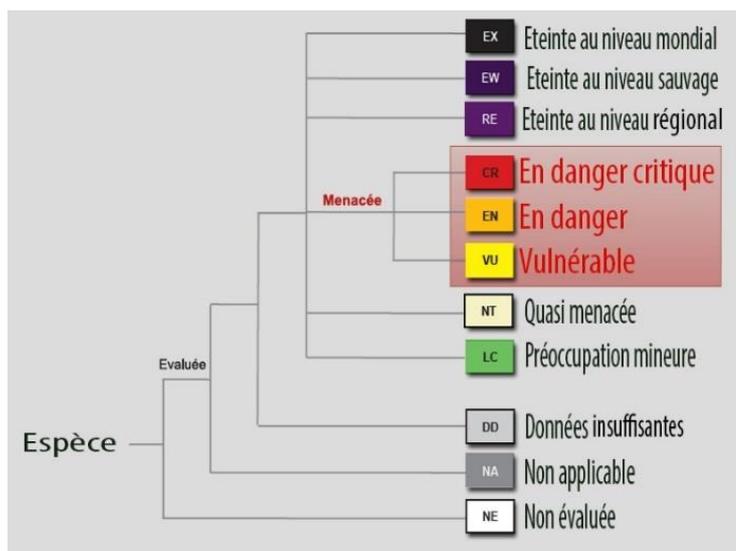
3) Les actions entreprises

- Le rôle des populations locales pour la sauvegarde des espèces, exemple des lémurins à Madagascar par *Delphine roulet, primatologue, coordinatrice du programme d'élevage européen du Grand Hapalémur*.
- Restaurer et réintroduire, une combinaison gagnante : exemple de la Saxifrage œil-de-bouc dans les tourbières jurassienne par *Julien Guyonneau, botaniste-phytosociologue, Conservatoire Botanique national de Franche-Comté*
- Contribuez à connaître l'évolution des populations : suivi participatif des insectes pollinisateurs par *Arnaud Horellou, Chef de Pôle CITES au Muséum national d'Histoire naturelle*.
- Apprendre à ne pas cueillir le Sabot de Venus par *Grégory Jacquot, jardinier-botaniste, Jardin Botanique de Besançon*
- *A côté du frigo, une fenêtre en trompe l'œil vous invite à jeter un œil sur un jardin. Vous pouvez utiliser ce support pour interroger vos élèves sur la notion de propreté dans cet espace : entre les produits chimiques et les adventices, quel est le plus problématique ?*

2. Un outil important pour la conservation des espèces : La liste rouge de l'IUCN

(Texte au niveau du frigo) **La liste rouge de l'IUCN : La liste rouge des espèces menacées est la référence qui permet d'évaluer l'état de conservation des espèces animales et végétales. Chacune peut être classée dans l'une des 9 catégories proposées par l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (IUCN). Cette classification est établie en fonction de l'état actuel de ses populations, des menaces qui pèsent sur elles, et des prévisions des scientifiques quant à son avenir.**

Parmi les espèces décrites à ce jour, près de la moitié des amphibiens, un quart des mammifères ou encore un tiers des coraux sont considérés comme menacés.



Quelques exemples :

- Grenouille Corroborée - *Pseudophryne corroboree* - Danger critique d'extinction
- Gypaète barbu *Gypaetus barbatus* - Quasi menacé
- Ornithorynque *Ornithorhynchus anatinus* - Quasi menacé
- Requin baleine *Rhincodon typus* - En danger
- Corail corne de cerf : *Acropora cervicornis* - Danger critique d'extinction
- Ail de Corse *Allium corsicum* - Danger critique d'extinction

3. Une application numérique sur le réchauffement climatique



Cette *tablette tactile* permet de comparer les effets du changement climatique en fonction de la température atteinte.

Divers paramètres sont présentés : la température, les précipitations, la biodiversité végétale, la biodiversité marine, les systèmes humains (santé, risques naturels, production alimentaire) et le niveau des océans.

4. Un film d'animation sur les actions et les métiers de l'environnement :

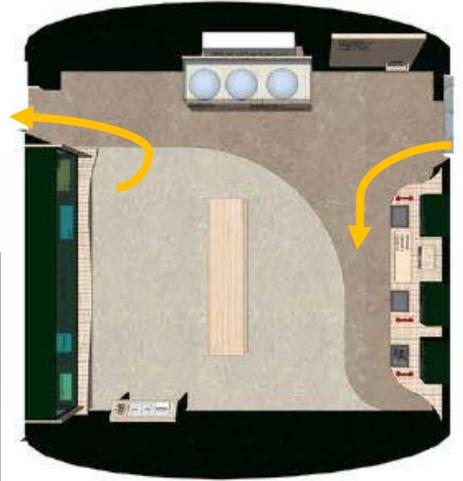
Au centre de la pièce, ce *film* présente les actions mises en œuvre à travers le monde en faveur de la biodiversité.

Vos élèves pourront y découvrir différents corps de métiers impliqués dans la conservation de l'environnement.



Salle 6 : LA BIODIVERSITE AVANT, PENDANT ET APRES L'HUMANITE ?

« Nous appartenons à la nature, la question n'est pas de savoir si nous dépendons d'elle ou si c'est elle qui dépend de nous. Nous en sommes. »
Virginia Maris



Vivons-nous une grande crise d'extinction ?

Il y a plusieurs millions d'années, des disparitions massives et rapides d'espèces se sont déjà produites sur Terre. Elles ont toujours été suivies d'une grande diversification de la biodiversité.

C'est la biodiversité telle que nous la connaissons et dont nous faisons partie qui est en danger aujourd'hui. Dans le futur, elle pourrait rebondir...mais sans humains !

Les chercheurs posent des questions, des hypothèses, démontrent, rectifient dans le but de comprendre le fonctionnement de cette biodiversité. Pour la sauvegarder, les études ne se font plus seulement sous l'angle « biologique » mais prennent de plus en plus en compte des paramètres socio-économiques, géologiques et ethnologiques.

Les sciences donnent des pistes mais les acteurs de cette sauvegarde sont aussi bien les politiques, les industriels que vous, citoyens.

1. L'Histoire de la vie à l'échelle des temps géologiques

1) Film sur l'histoire de la vie illustré par la mise en lumière de collections :

Ce film de 3 min explique comment la vie sur Terre s'est diversifiée dans le dernier milliard d'années. Les événements les plus marquants de cette histoire y sont évoqués, ainsi que les grandes crises d'extinctions que la biodiversité a subit. Cette *histoire est illustrée par un jeu de lumière montrant des fossiles caractéristiques* des périodes évoquées. Lorsque ce récit s'achève sur notre époque, une question reste en suspens :



2) Question naïve : Vivons-nous la sixième crise d'extinction massive ?

On ne sait pas !

Des espèces s'éteignent et d'autres apparaissent en permanence depuis des milliards d'années. Une crise d'extinction massive, c'est la disparition rapide et mondiale d'au moins 75% des espèces marines. Une chose est certaine : depuis l'apparition des humains, les espèces disparaissent à un rythme qui s'accélère. Comme ce rythme est difficile à calculer et à prévoir dans le futur, les chercheurs ne sont pas d'accord sur l'ampleur de la crise actuelle.

3) Vues d'artiste sur des espèces disparues



La vue d'artiste d'Ichtyosaure présenté ici peut permettre d'évoquer à nouveau la convergence évolutive : Les morphologies du dauphin actuel et de l'ichtyosaure du Mésozoïque sont très proche, pourtant le premier est un mammifère tandis que le second est un reptile. Leur ressemblance est due à leur mode de vie comparable (marins) et non l'héritage d'un ancêtre commun proche.

Ces reconstitutions d'ammonites sont l'occasion de rappeler que les fossiles ne sont souvent qu'une partie des êtres vivants dont ils proviennent. Elles ont été imaginées en prenant modèle sur la morphologie des céphalopodes actuels tel que la seiche ou le nautilus (exemple d'actualisme).



2. Jeu enquête sur tablettes

Ce jeu a pour objectif de montrer l'implication des muséums d'histoire naturelle et l'importance de leurs collections pour la recherche moderne. Celle-ci nécessite la collaboration de multiples branches des sciences naturelles.



Ici, vos élèves se glissent dans la peau d'un chercheur du Muséum pour identifier l'un des fossiles de notre collection. Grâce à **3 tablettes tactiles** (ayant toutes 3 le même contenu : **plusieurs élèves peuvent faire ce jeu en simultanément**), ils interrogeront des paléontologues et autres spécialistes afin d'en apprendre d'avantage sur cette espèce qui vécut dans le Jura il y a des millions d'années. Des **collections** de choix illustrent ces différents métiers ainsi que la faune et la flore ancienne, chaque vitrine illustrant l'une des étapes du jeu. Ils pourront découvrir de près ce « type » sur lequel ils mènent l'enquête grâce à une **reproduction tactile de cette pièce de grande valeur scientifique**.

1) *Neosaurus cynodus* : reptile ou mammifère ?

Identifier ce fossile conservé au Muséum de Besançon n'est pas une mince affaire ! Depuis sa collecte en 1856 dans le Jura, on lui a attribué au moins six identités ! En 1923, on le décrit comme un « type », le seul représentant du genre *Neosaurus* (famille des Sphénacodontidés). Réétudié en 2015, son identification précise devra être confirmée en le comparant à de nouveaux fossiles.

Son étude nous renseigne sur notre propre histoire évolutive car il s'agit d'un « reptile mammalien », plus proche des mammifères que des « reptiles ».



Le rôle du Muséum est de conserver précieusement cet objet patrimonial de grande valeur scientifique.

2) Drôle de type !

Un type est le spécimen sur lequel un scientifique se base pour décrire une nouvelle espèce. Les espèces vivantes, fossiles ou mêmes minérales sont toutes caractérisées par un type. Les chercheurs doivent comparer leurs spécimens aux types pour les identifier comme faisant partie d'une espèce ou non.

Le rôle des muséums inclut la conservation la plus longue possible de ces spécimens uniques servant de référence mondiale à la communauté scientifique.

3. Les écosystèmes aussi évoluent au cours du temps

1) Réchauffement naturel ?

Observe la variation des niveaux marins et l'étendue de la calotte glaciaire au pôle Nord selon les époques. Sur plusieurs dizaines de milliers d'années, le climat se modifie cycliquement, imposant à chaque fois son rythme à la biodiversité.

Les causes de ces variations sont liées au fonctionnement de notre système solaire. Par exemple, la distance Terre-Soleil qui semble être la même chaque année, change légèrement. Quand elle diminue, la Terre se réchauffe un peu et certains phénomènes naturels comme l'effet de serre amplifient ce réchauffement. Cela produit des périodes glaciaires et interglaciaires. Nous sommes actuellement dans une période de réchauffement naturel interglaciaire. Depuis l'industrialisation, ce réchauffement semble s'accélérer...



Attention, l'échelle des temps montrée ici ne nous permet pas de nous rendre compte de la fonte rapide des calottes de ces dernières années.

Il peut être intéressant de comparer cet outil à une étude plus détaillée de la fonte des calottes glaciaires dans le dernier siècle, et ainsi de se rendre compte de grande rapidité de ce phénomène comparée à l'échelle des temps géologique.

2) Question naïve : Jura-ssique ?

C'est Alexandre Brongniart, un géologue (*un scientifique qui travaille sur les roches*) du 18^e siècle qui a étudié les roches du Jura et a ainsi donné le nom Jurassique à une période de temps allant de -201 à -145 millions d'années.

A cette époque, la Franche-Comté était recouverte par une mer chaude abritant des coraux et bordée par des plages paradisiaques.

Il peut être intéressant de faire imaginer aux élèves le paysage qu'on pouvait trouver ici même il y a 168 millions d'années : à cette époque la Franche-Comté était sous une mer chaude et peu profonde. La sédimentation a formé de la roche qui affleure dans la cour de la Citadelle (168 à 166 millions d'années). Vous pourrez aussi trouver des fossiles datant de cette période dans la vitrine encadrant le film de l'histoire des temps géologiques.

3) Comment imaginer les écosystèmes disparus ?



Ces *moulages à toucher* (dont les originaux se trouvent dans la vitrine à droite) sont adaptés aux personnes en situation de handicap visuel.

Les données sur le niveau de la mer ou la température ne sont pas les seuls indices. La forme et l'état des coquilles de ces trois types de mollusques marins nous renseignent sur les paysages disparus ! La forme « étalée » de *Gryphaea* indique une adaptation à un fond sableux et calme tandis qu'*Acanthoceras* est une ammonite robuste avec une forte ornementation adaptée aux chocs des courants agités.

Espaces animaliers : **DES MODULES POUR APPROFONDIR LES NOTIONS DU NATURALIUM**

Le Muséum d'Histoire Naturelle de Besançon est un établissement atypique où les collections naturalisées côtoient des secteurs animaliers très variés (pastilles vertes : 6,7,8, 9 et 11). Dans ces espaces, vous pourrez voir une très grande diversité d'espèces. De plus, dans chacun d'eux, vous trouverez des modules en lien avec le Naturalium.



1. Les missions d'un jardin zoologique

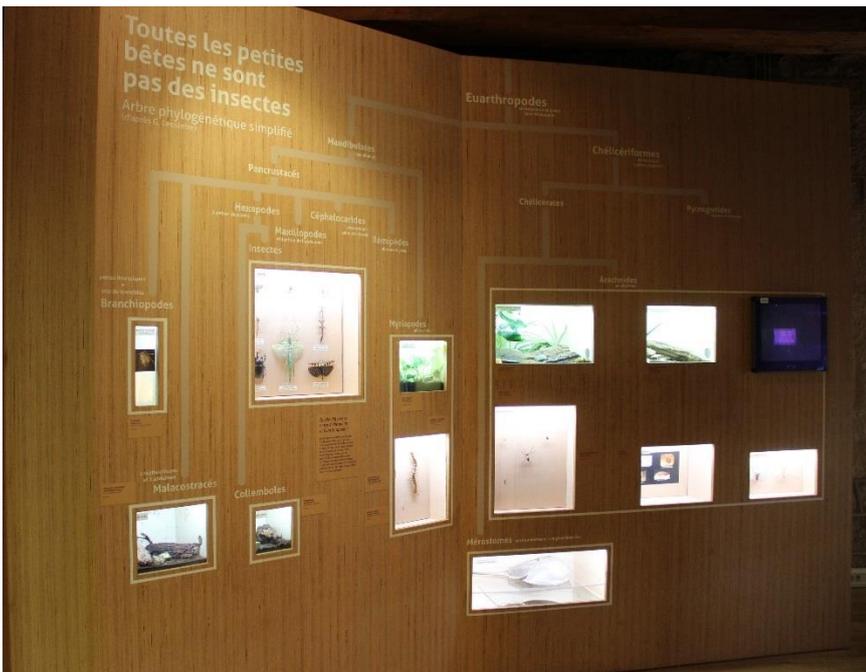


Cet arbre vous propose grâce à un **jeu de questions-réponse** d'en apprendre davantage sur les missions d'un parc animalier comme celui de Besançon.

Ainsi, le Muséum de Besançon s'investit dans la conservation des espèces, dans la recherche et dans la sensibilisation à l'environnement.

Vous pourrez également y trouver quelques informations insolites, comme la raison pour laquelle le zoo de la Citadelle ne peut accueillir de girafe...

2. La classification des euarthropodes



Dans l'insectarium vous trouverez un **module présentant à la fois des animaux vivants et des pièces de collection** afin d'illustrer la diversité des euarthropodes : insectes, araignées, mille-pattes... La classification phylogénétique de ce clade si diversifié est ici exposée tout en précisant le caractère dérivé propre à chaque embranchement.

Plus accessible pour le jeune public, un **module interactif** vous apprend à différencier les quatre groupes que l'on trouve chez les euarthropodes : les crustacés, les insectes, les mille-pattes et les araignées.



3. Recherche participative dans la cour de l'aquarium



Ce panneau d'information vous invite à vous intéresser à la faune sauvage que la Citdelle abrite : savez-vous reconnaître les oiseaux communs de notre région ?

*Amusez-vous à compter ceux qui se trouvent autour de vous tout en aidant la recherche à avancer en prenant part à un programme de **science participative**.*

Sur le site [naturefrance.fr](http://www.naturefrance.fr) vous trouverez une rubrique « sciences participatives » qui recense un grand nombre de dispositifs de sciences participatives en France. (<http://www.naturefrance.fr/sciences-participatives/le-collectif>)

Le Muséum National d'Histoire Naturelle et la Ligue de Protection des Oiseaux animent un suivi des oiseaux locaux sur : <https://www.oiseauxdesjardins.fr/>

4. L'adaptation à la vie nocturne

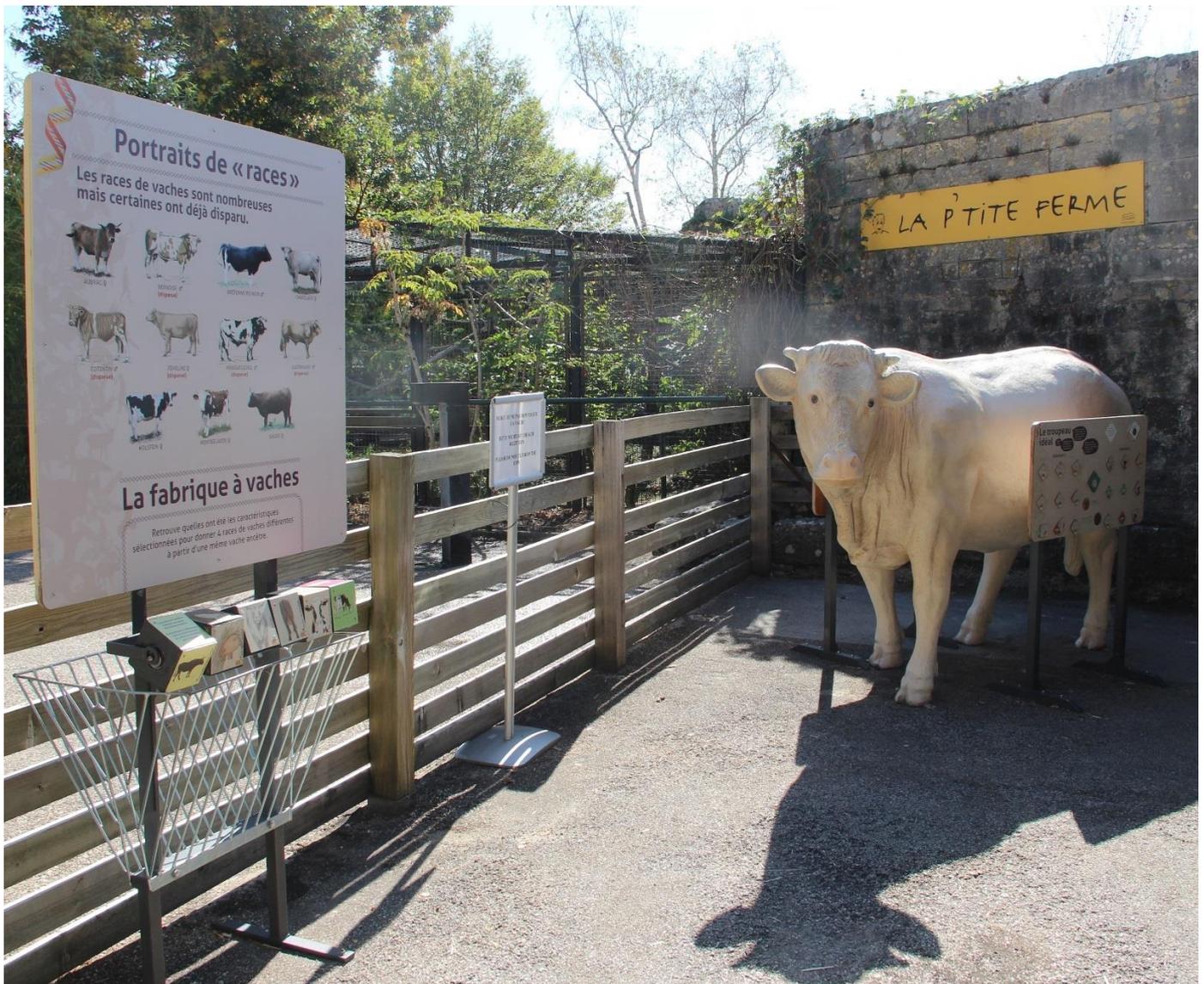
Au Noctarium, le jour et la nuit sont inversés afin de vous présenter des espèces nocturnes locales.

*Dans cet espace présentant **des jeux autour des sens**, vous découvrirez quelles adaptations certaines espèces ont développé afin de vivre la nuit.*

*Vous trouverez aussi une **vidéo** vous expliquant ce qu'est la bioluminescence.*



5. Sélection artificielle : comment l'Homme crée les « races » domestiques



Dans cet espace vous trouverez une vache entourée de nombreuses activités autour de la sélection artificielle.

Au niveau de l'auge

- Un **module interactif** dont le but est de sélectionner les caractéristiques des vaches et taureaux reproducteurs afin de créer des races : laitière, à viande, rustique ou faite pour les labours. Cela peut-être l'occasion de s'interroger sur la rusticité et la spécialisation.
- Vous pourrez également découvrir de nombreuses races de vaches, dont certaines, pourtant adaptées à leur environnement, ont déjà disparu au profit de races plus rentables.

De part et d'autre de la vache

- Un **jeu inspiré de « qui est-ce ? »** vous montrant l'intérêt de la diversité des individus face aux aléas de la vie : qui du troupeau de vaches semblables ou du troupeau plus hétéroclite survivra le mieux au froid ou à la famine ?
- Un **jeu de questions réponses** vous permettra de comprendre les différences entre « espèces », « races » et « hybrides » tout en découvrant qui peut se reproduire sur une ou plusieurs générations.



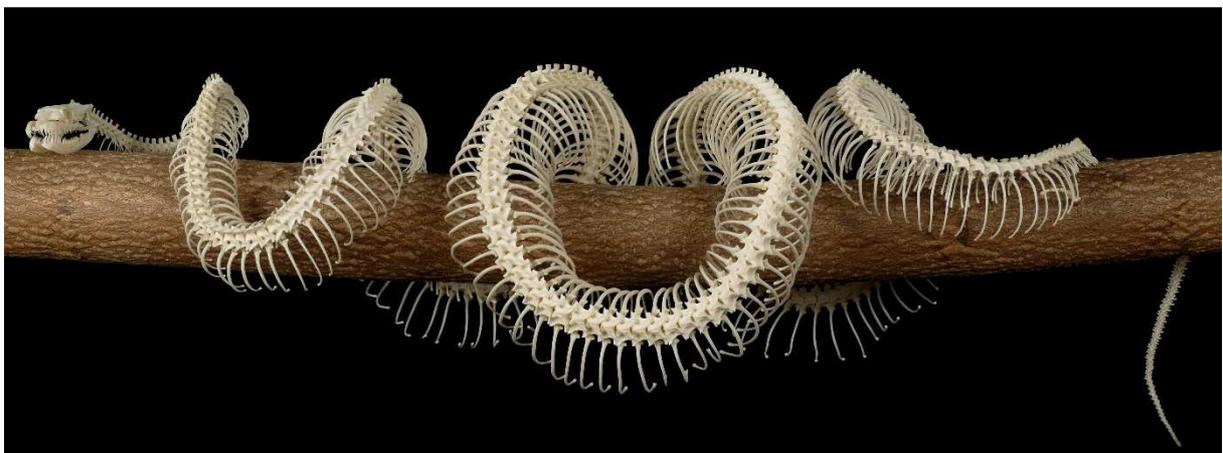
Ce document est le résultat d'une collaboration entre les équipes de médiation et de conservation du Muséum d'Histoire naturelle et Isabelle Gauthier, professeure de SVT au Lycée Pergaud et chargée de mission auprès du musée par l'académie de Besançon.



MUSÉUM



CITADELLE
BESANÇON
PATRIMOINE MONDIAL DE L'UNESCO



 **Naturalium**
Muséum de Besançon