



La biodiversité :

Décrire et définir la biodiversité
la notion d'espèce, un concept
imparfait, mais indispensable

Didier Paugy

La biodiversité : introduction

Le biologiste distingue trois niveaux dans la biodiversité : les diversités génétique, organismique et écologique ; soit les gènes, les espèces et les écosystèmes.

Lorsque l'on veut définir et décrire la biodiversité, l'une des questions essentielles est de parvenir à son estimation objective. Ce n'est pas un défi simple car tout peut vite évoluer et la destruction ou la modification de certains milieux entraîne la disparition, ou l'apparition, massive, ou non, d'un nombre inconnu d'espèces.

La biodiversité : définition

Mais, comment nous est-il possible d'évaluer quantitativement la biodiversité ?

En premier lieu, il convient de savoir ce que l'on met derrière cette définition :

- l'habitat (écosystème)
- les espèces
- un groupe d'espèces (oiseaux, poissons...)
- quelques groupes (vertébrés, invertébrés...)
- ensemble des végétaux ou animaux
- inclusion ou non des micro-organismes
- ...

La biodiversité : définition

La biodiversité est composée d'entités que l'on peut, théoriquement, quantifier :

- les gènes
- les espèces
- les écosystèmes
- ...

Mais, pour la majorité des citoyens, la diversité biologique, c'est le **nombre d'espèces**. Cela est commode, car pour évaluer la diversité biologique, il n'y a qu'à suivre l'évolution des peuplements dans le temps.

La biodiversité : définition

Ce concept d'**espèces** est pratique, voire indispensable, car il est difficile de rendre compte, à la fois, de la diversité des gènes, des espèces et des habitats.

Si l'on se limite aux **espèces**, il convient ensuite de définir le but de l'évaluation :

- dénombrer les espèces présentes en un périmètre donné
- estimer la variation des effectifs sur le long ou moyen terme dans un ou plusieurs écosystèmes

La biodiversité : n'est-ce qu'un inventaire d'espèces ?

Faire l'inventaire de l'ensemble des espèces est louable, mais évidemment irréaliste :

- beaucoup trop d'espèces restent à décrire ;
- pénurie de chercheurs (peu de recrutement) dans le domaine de la **systematique** et de la **taxinomie** ;
- l'inventaire des espèces est un concept peu vendeur.

Inventaire des espèces

Trop d'espèces restent à décrire

- il existerait environ 10 à 20 millions d'espèces ;
- un peu moins de 2 millions d'espèces sont actuellement décrites ;
- environ, 15 000 espèces sont décrites par an ;
- il faudra donc 7 (fourchette basse) à 10 siècles pour aboutir ;
- et encore on ne tient pas compte du nombre de bactéries. On donne par exemple, une estimation de 1 million à 6 milliard (7 300 actuellement connues)...

Inventaire des espèces

- Il semblerait que la disparition des espèces soit beaucoup plus rapide que le rythme de spéciation (apparition) ou de leur description ;
- peut-on alors mettre en évidence la biodiversité sans connaître toutes les espèces qui peuplent un écosystème ?
- pour relever un tel défi, les collections des musées et le travail des taxinomistes sont absolument incontournables pour dénombrer et classer les taxons.

Inventaire des espèces

Pourtant, l'inventaire des espèces, même s'il est long et fastidieux reste indispensable comme fondation de l'édifice.

Et, cet inventaire repose sur des briques essentielles, les **espèces**.



Les inventaires

Nous devons donc définir le concept d'**espèce** qui, s'il paraît simple, *a priori*, n'en demeure pas moins relativement complexe.

Nous verrons également, que désormais la description des nouvelles espèces repose sur une taxinomie dite « intégrative », et ne s'appuie donc plus sur de seuls critères morphologiques.

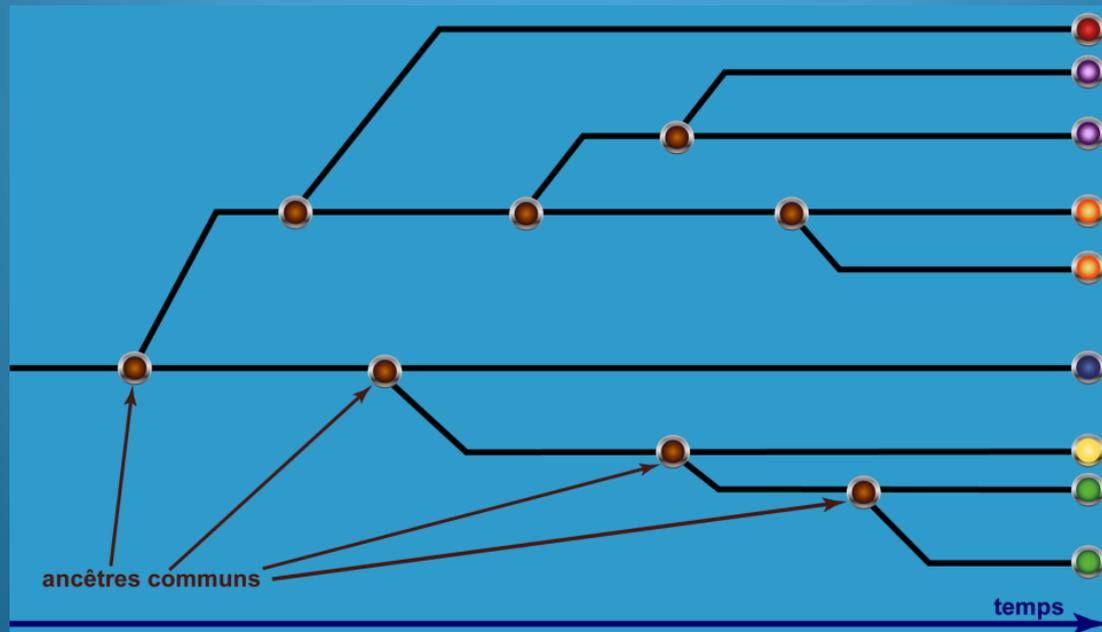
Quelques définitions

Dans les sciences du vivant, l'**espèce** est le **taxon** de base de la **systematique**. Il existe de nombreuses définitions de l'espèce. La plus communément admise se résume ainsi : « L'espèce est une communauté interféconde de populations, reproductivement isolées d'autres populations et qui occupent, dans la nature, une niche écologique spécifique. » (Ernst Mayr 1982).

Pour beaucoup **taxinomie** et **systematique** sont synonymes

Quelques définitions

La **systematique** est l'étude de la diversité des organismes et des relations qui existent entre ces organismes. Elle consiste à les classer et à en rechercher les phylogénies.



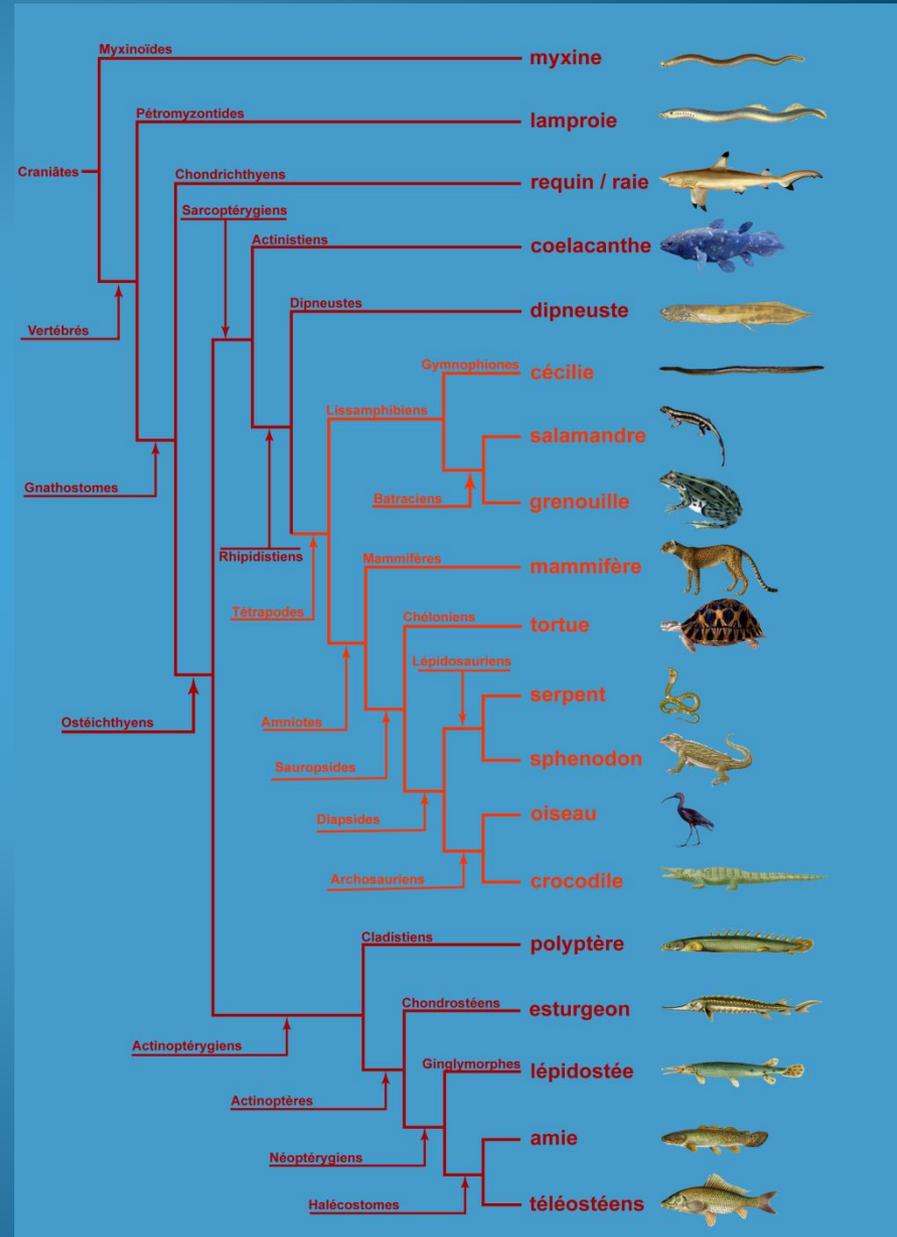
La phylogénie demande que les taxons créés respectent les deux conditions suivantes :

- tous les individus du taxon descendent d'un ancêtre particulier
- tous les descendants de cet ancêtre particulier sont dans le taxon

Quelques définitions

Exemple des crâniates:

Clade des chordés possédant un crâne, cartilagineux ou osseux, protégeant la partie antérieure du système nerveux.



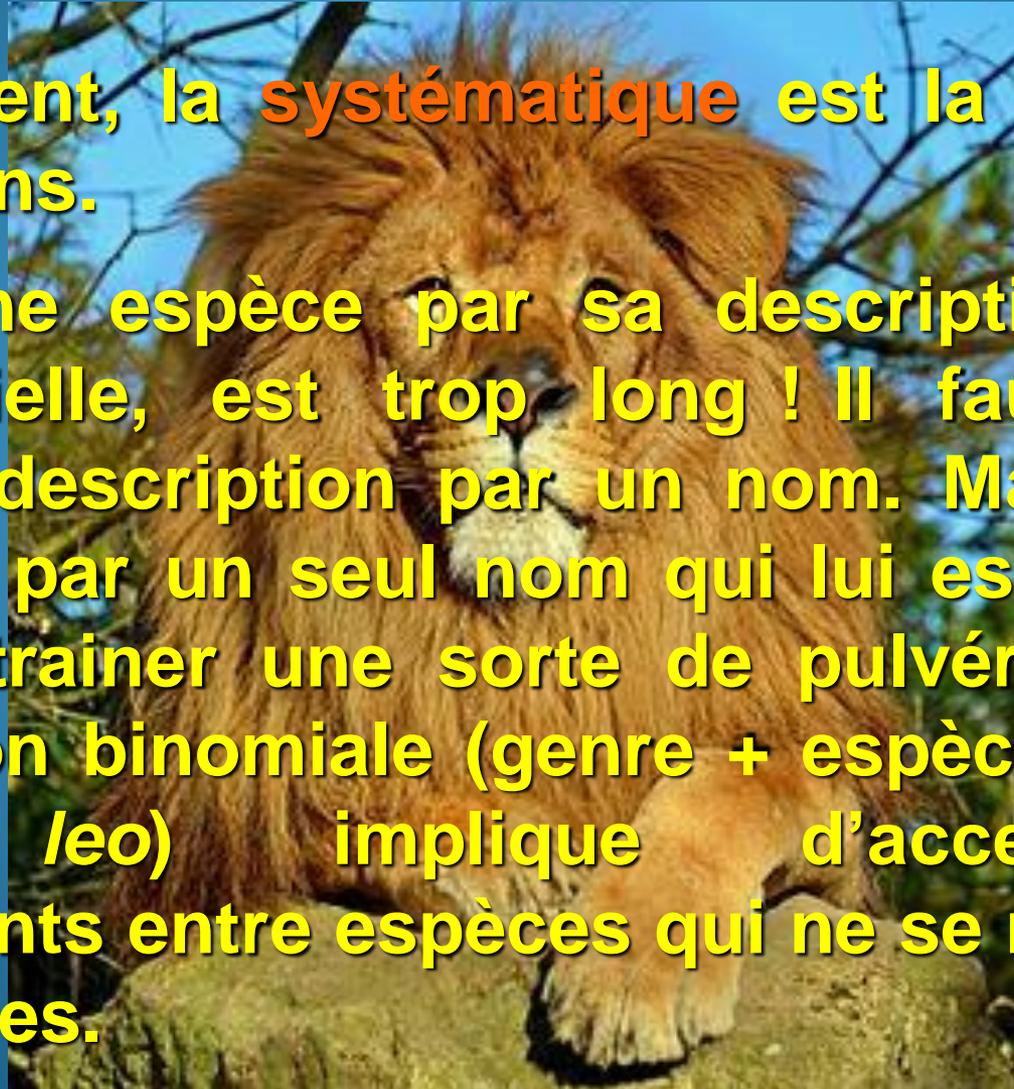
Quelques définitions

La **taxinomie** : consiste à nommer et décrire les organismes pour les regrouper en entités appelés **taxons**. Il s'agit d'une science très formalisée, dont les règles sont établies et révisées régulièrement par une Commission Internationale de Nomenclature Zoologique qui se réfère au Code International de Nomenclature Zoologique dont les règles de désignation des espèces animales sont les mêmes pour tous les groupes zoologiques.

Quelques définitions

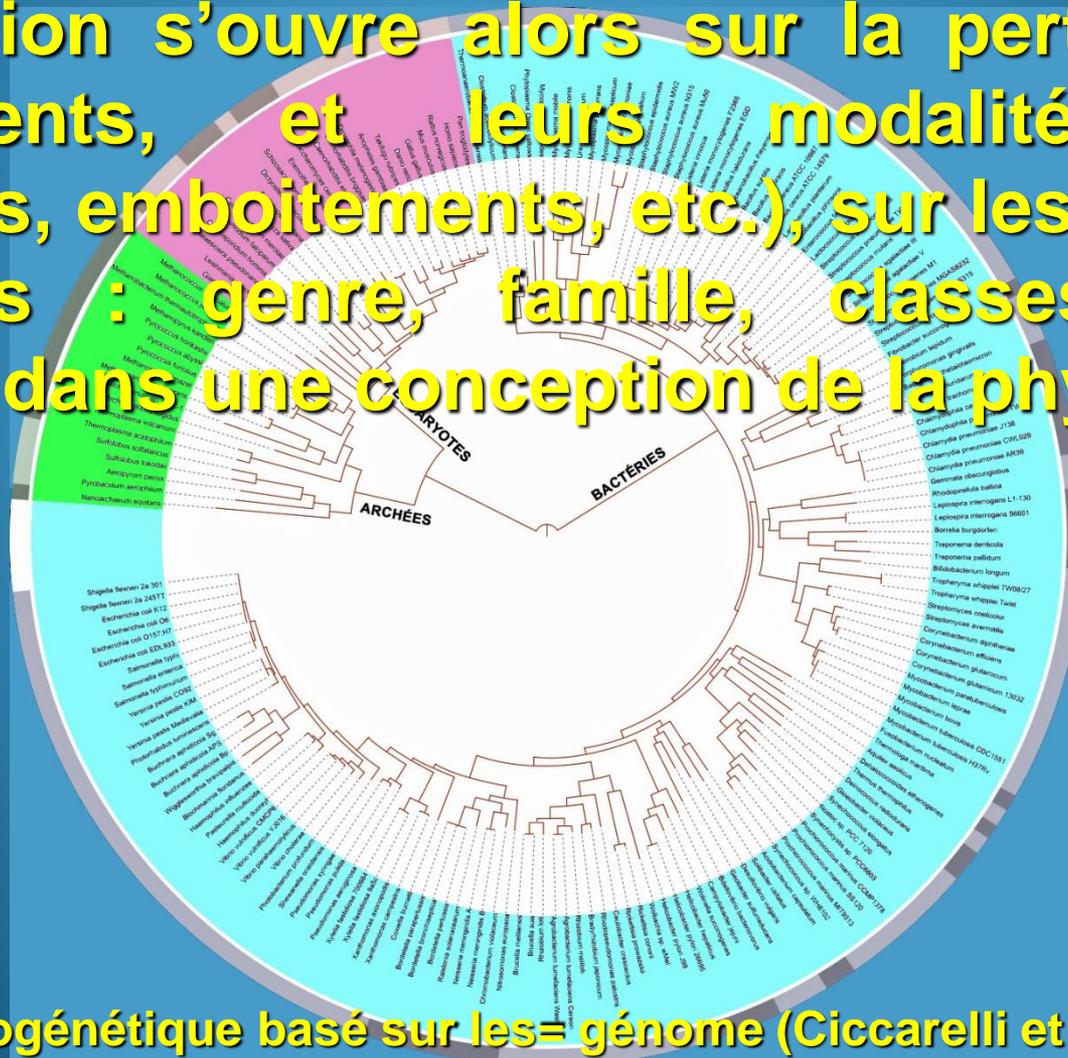
Dit rapidement, la **systematique** est la science des classifications.

Identifier une espèce par sa description plus ou moins partielle, est trop long ! Il faut remplacer donc cette description par un nom. Mais identifier une espèce par un seul nom qui lui est spécifique, risque d'entraîner une sorte de pulvérisation ! La dénomination binomiale (genre + espèce = le lion = *Panthera leo*) implique d'accepter des regroupements entre espèces qui ne se reproduisent pas entre elles.



Quelques définitions

La discussion s'ouvre alors sur la pertinence des regroupements, et leurs modalités (tiroirs, dichotomies, emboitements, etc.), sur les catégories successives : genre, famille, classes, etc. On s'inscrit ici dans une conception de la phylogénie.



Arbre phylogénétique basé sur les génomes (Ciccarelli et al., 2006).

Quelques définitions

Dit rapidement, la **systematique** est la science des classifications.

Mais, pourquoi classer les individus ?

Au sein d'un ensemble d'individus, il n'existe pas deux individus identiques. Même des jumeaux ne sont pas rigoureusement identiques. Le vivant n'est pas stable et il y a une variété infinie. Tout est mouvant. Pour autant, nous ne pouvons pas interpréter scientifiquement la nature en donnant un prénom à chaque mouche, à chaque moineau ou à chaque carpe d'un étang.

Quelques définitions

Nous avons donc besoin de catégories, qui englobent suffisamment pour pouvoir en parler et généraliser sans s'encombrer de l'infinie variété des êtres.

Heureusement, de tout temps et instinctivement, nous avons été capables, de regrouper les ressemblances. Ainsi, le loup nous semble plus en rapport avec le renard qu'avec le ver de terre. C'est à ces analogies que nous avons associé des noms..



Quelques définitions

La systématique est l'assise fondamentale et indispensable de la majorité des sciences biologiques et sert de lien avec l'évolution.

Même, si elle est souvent le parent pauvre des autres sciences et souvent oubliées des décisions politiques, la systématique est primordiale si nous ne voulons pas que nos prétentions se limitent à constater les éventuels dégâts qui planent sur la biodiversité.

L'espèce peut donc être considérée comme la boîte primaire ou basale du vivant.

Qu'est-ce qu'une espèce ?

Les naturalistes du monde entier utilisent un même système de nomenclature pour désigner et identifier les espèces, le système binomial hérité de Linné (1758).

De plus, les noms d'espèces sont associés à ceux du ou des auteurs qui les ont décrites. Cela afin se suivre, grâce aux règles du **Code de Nomenclature**, la révision des hypothèses formulées au cours des temps.

Qu'est-ce qu'une espèce ?

En reprenant la définition de Mayr (1982) « L'espèce est une communauté interféconde de populations, reproductivement isolées d'autres populations et qui occupent, dans la nature, une niche écologique spécifique. ».

Il est de plus nécessaire que la descendance soit viable et féconde.

On voit que les critères morphologiques, anatomiques ou colorimétriques ne sont pas pris en compte.

Qu'est-ce qu'une espèce ?

Si l'on prend l'exemple du chien (\pm 400 races connues) cette définition est tout à fait valable.

En effet, bien que la morphologie puisse être très différente, le critère dominant est celui de l'interfécondité entre les races.



Qu'est-ce qu'une espèce ?

À l'inverse, l'âne et la jument, qui appartiennent au même genre et qui ont une morphologie très proche, auront une descendance, mais la mule ou le mulet issu de cet accouplement ne sera pas fécond, ce qui signifie que l'on a affaire à deux espèces distinctes.

Equus asinus



Equus caballus

Mule ou mulet,
hybride stérile



Définition de l'espèce

Les concepts d'espèce

La définition biologique de l'espèce paraît donc plus pertinente que celle basée sur la morphologie. Cependant, elle n'est pas toujours applicable à de nombreuses populations naturelles.

Dans certains cas, il n'y a d'ailleurs pas d'alternative. Ainsi, en paléontologie, on ne peut qu'utiliser les critères anatomiques.



Définition de l'espèce

Les concepts d'espèce

Avec le développement de la génétique, on s'est aperçu qu'une espèce présentant la même morphologie montrait, des traits biologiques différents. D'une espèce décrite, on compte désormais 8 ou 10 taxons.



Complexe *Astraptes fulgerator* : 8 espèces, 4 genres



Complexe *Astraptes fulgerator* : 10 espèces de chenilles

Définition de l'espèce

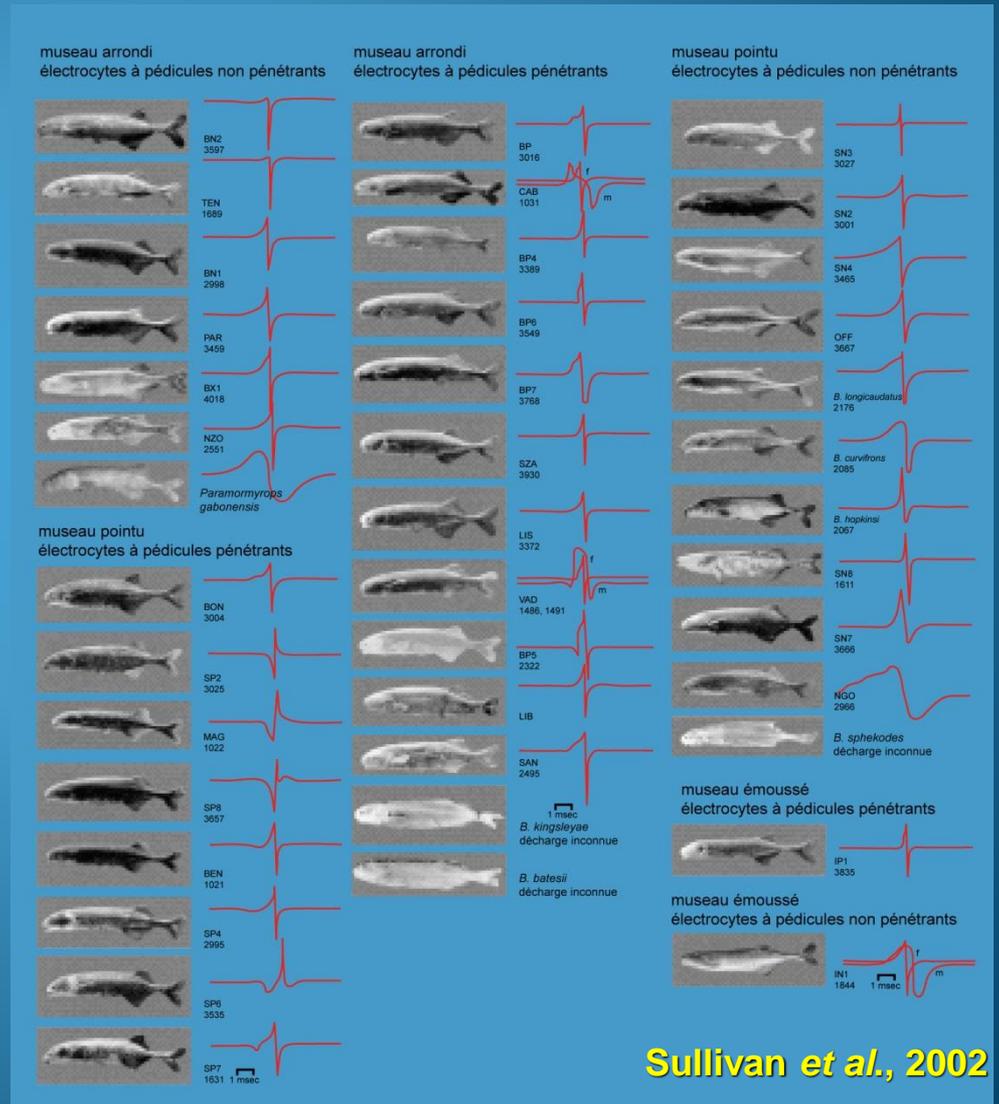
Les concepts d'espèce

Avec la génétique,
d'autres techniques ont
également permis de
différencier des
complexes d'espèces.

Par exemple les
signaux électriques des
Brienomyrus du Gabon.

41 formes différenciées

5 espèces décrites

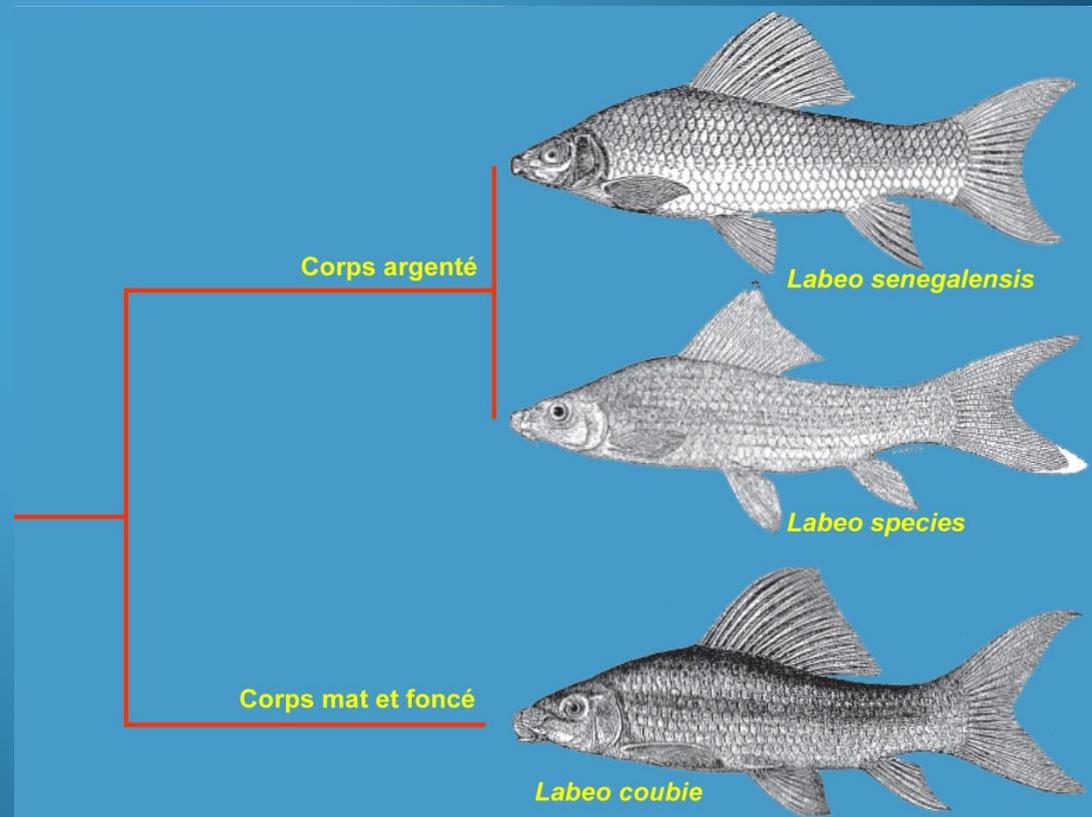


Définition de l'espèce

Les concepts d'espèce

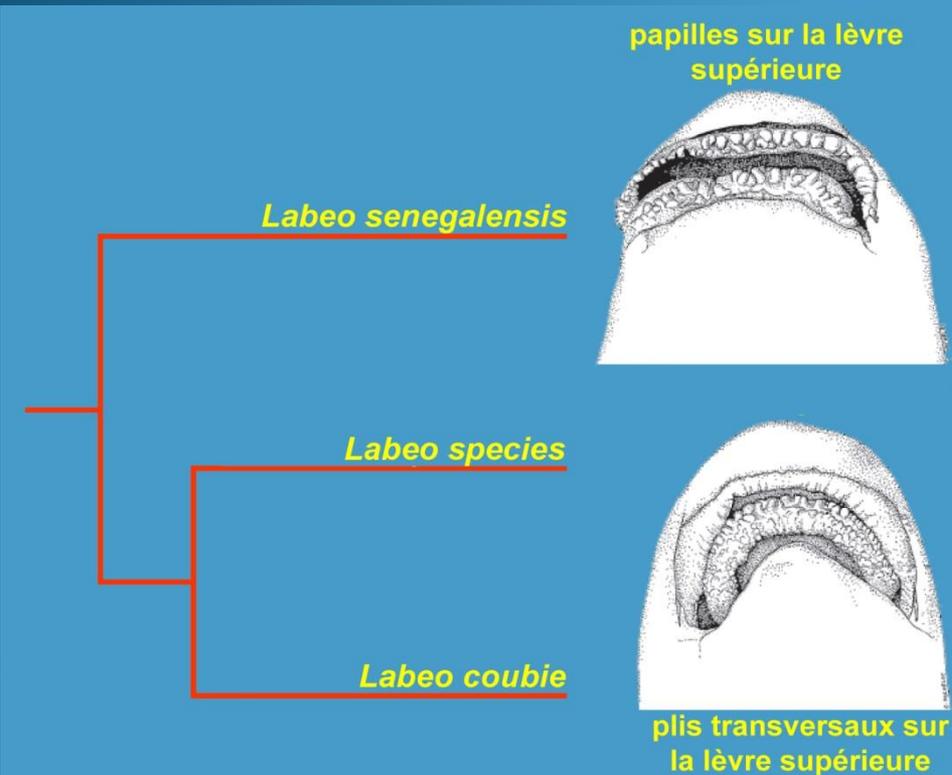
D'autres techniques permettent également de différencier espèces proches. Par exemple, les parasites qui sont d'excellents marqueurs spécifiques.

Trois formes de barbeaux (genre *Labeo*) dans les bassins du Sénégal et du Niger.



Définition de l'espèce

Les concepts d'espèce

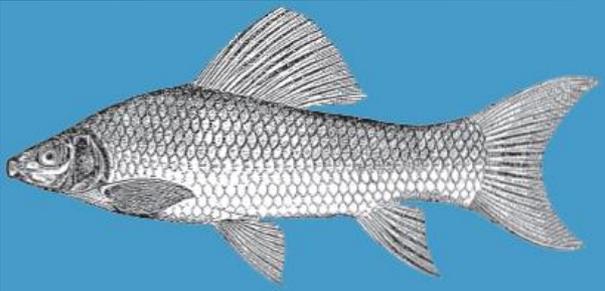


- Les monogènes parasites des trois formes sont différents et spécifiques.
- Génétiquement, les trois formes sont différentes.
- Morphologiquement, les trois formes sont significativement différentes.

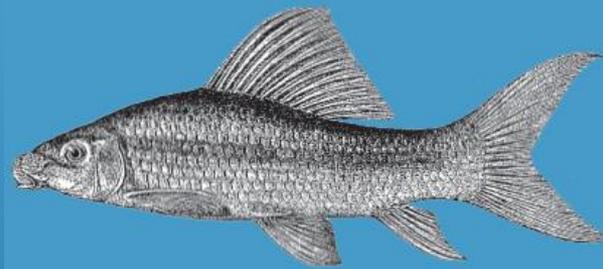
Définition de l'espèce

Les concepts d'espèce

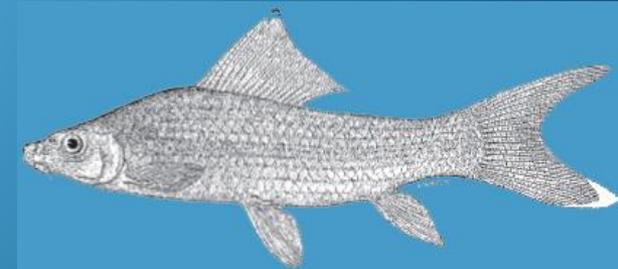
Cette approche en triple aveugle a permis de conclure que la nouvelle forme n'était pas un hybride des deux autres, mais était une véritable espèce.



Labeo senegalensis



Labeo coubie



Labeo roseopunctatus

Définition de l'espèce

Les concepts d'espèce

Il y a quelques siècles, une espèce de girafe parcourait presque toute la vaste aire de savane intertropicale.

Puis, la girafe a progressivement disparu de nombreuses régions, en raison de l'aridité croissante, de la perte de son habitat et de l'expansion des activités humaines.

La fragmentation de son habitat a progressivement fait disparaître les échanges de gènes, favorisant la différenciation de plusieurs formes et leur isolement reproducteur.

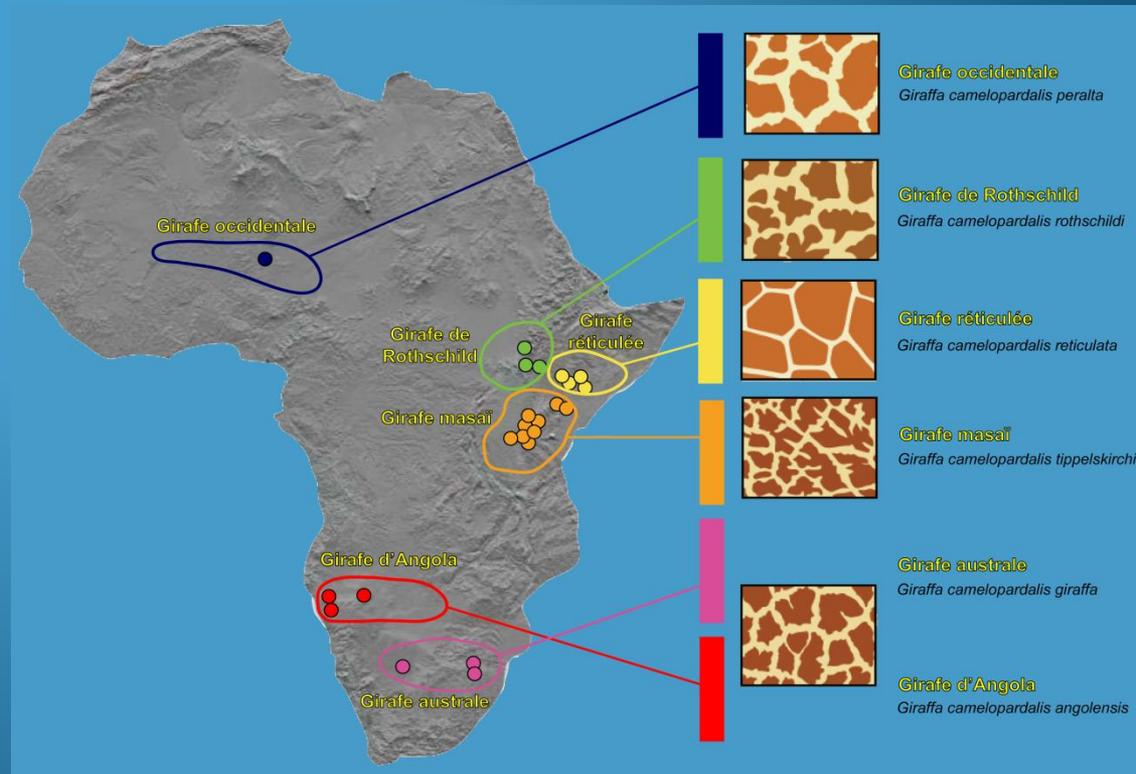


Définition de l'espèce

Les concepts d'espèce

Une espèce décrite sur le seul critère morphologique peut être, en réalité, un complexe d'espèces sur le plan génétique et ou biologique.

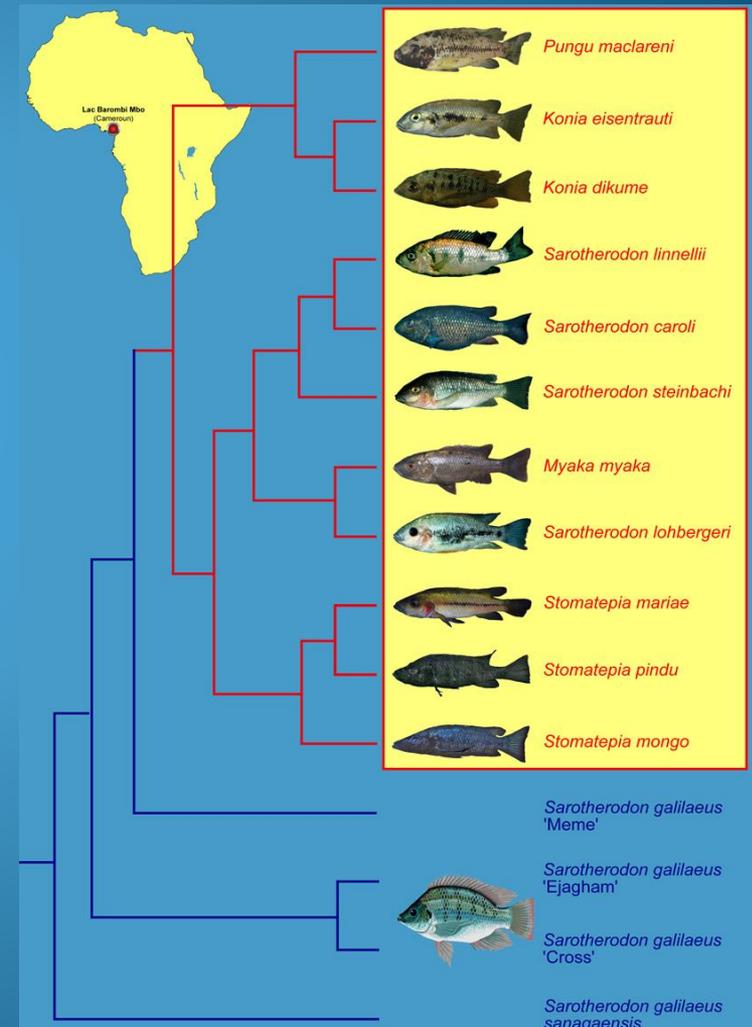
C'est ce que l'on a coutume d'appeler des **espèces cryptiques** ou parfois aussi des **espèces sœurs**. Elles ont une morphologie proche, mais, sont néanmoins génétiquement distinctes.



Définition de l'espèce

Les concepts d'espèce

Lorsque des espèces apparentées forment un groupe monophylétique vivant toutes dans le même écosystème (en sympatrie), on parle alors d'essaims d'espèces, parfois de troupes d'espèces.



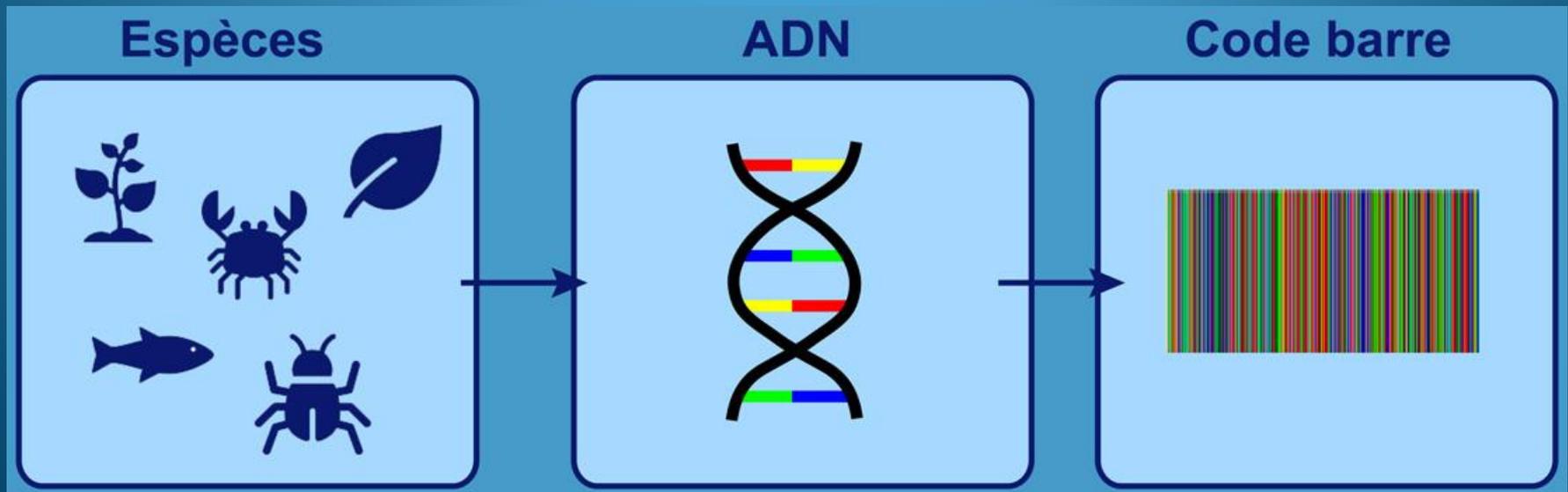
Définition de l'espèce

Le code barre moléculaire

On comprend, par ces quelques exemples la difficulté de faire l'inventaire des espèces.

La difficulté s'accroît avec le séquençage des espèces et l'on est encore loin de séquencer les très nombreuses espèces et populations.

Pour essayer de pallier cet écueil Paul Herbert a mis en place une méthode qui repose sur la caractérisation d'une séquence particulière d'ADN (**code barre moléculaire** ou plus simplement **barcoding**).



Définition de l'espèce

Le code barre moléculaire

Dans la technique du **barcoding**, on analyse donc certains fragments d'ADN qui sont identiques au sein d'une même espèce, mais variables entre les espèces.

Depuis, les progrès aidant, on a évolué du **barcoding** vers le **metabarcoding**.

Ce dernier permet, grâce à l'utilisation de séquençage de nouvelle génération, de partager, en aveugle et en une seule fois une identification de tous les espèces présentes dans un seul échantillon.

Définition de l'espèce

Le code barre moléculaire

Le **metabarcoding** est une technique particulièrement appropriée pour étudier la diversité des systèmes riches en espèces inconnues ou difficiles à identifier. Il s'agit donc d'un outil très utile pour détecter la présence de taxons difficiles à repérer par des méthodes traditionnelles.

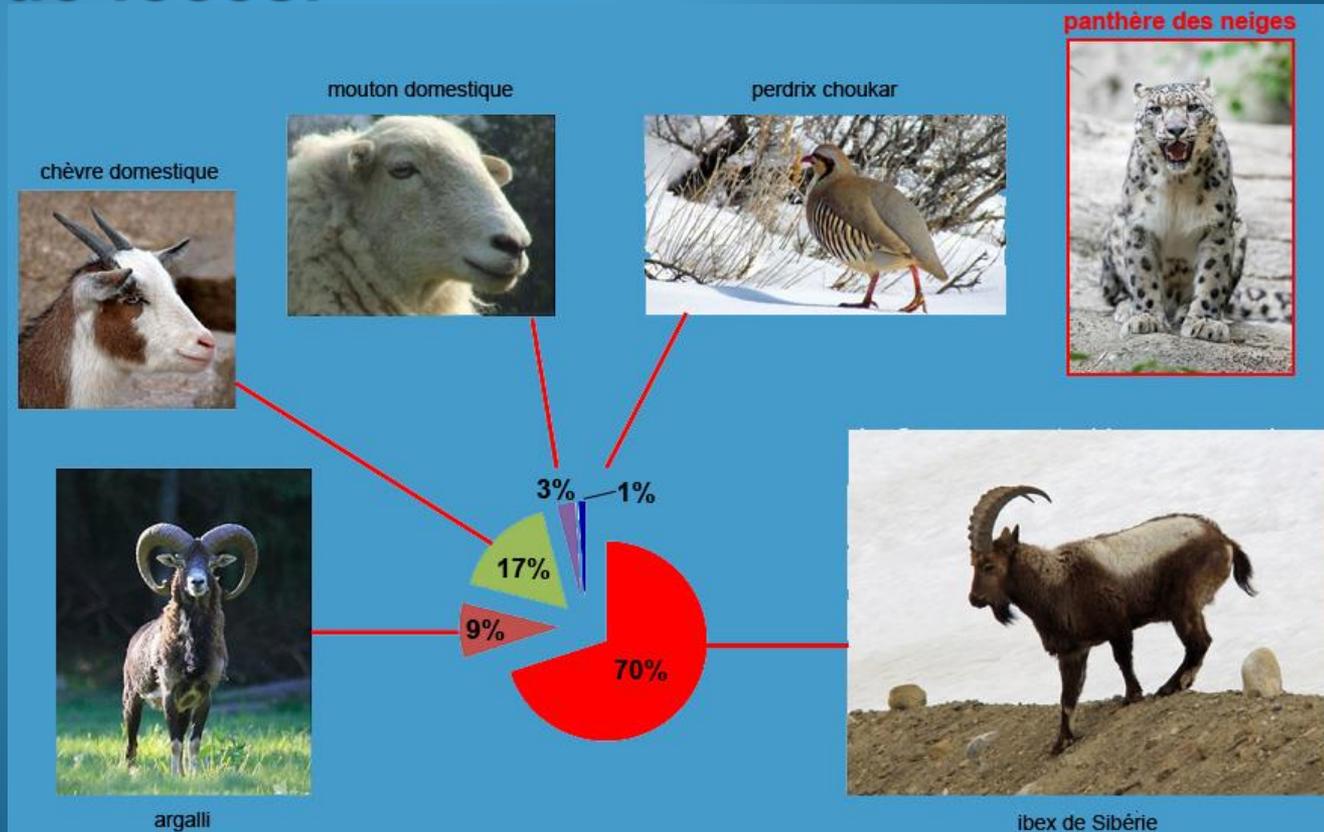
Cette technique se révèle également comme une alternative aux méthodes traditionnelles.

Définition de l'espèce

Le code barre moléculaire

Elle peut ainsi permettre de caractériser des régimes alimentaires à partir de contenus stomacaux ou de fèces.

Le régime alimentaire de la panthère des neiges (*Panthera uncia*).
Techniques de métabarcoding pour l'analyse des fèces



Définition de l'espèce

Le code barre moléculaire

Cette technique s'avère également très efficace pour reconstituer les paléo-écosystèmes alors même que les espèces qui les composaient ont disparu.

Reconstitution de paléo-environnement à partir de pergélisols et identification de quelques espèces par metabarcoding.



Carottage de sédiments



Bistorta vivipara



Festuca sp.



Ranunculus acris



Myosotis alpestris



Viola biflora



Salix sp.

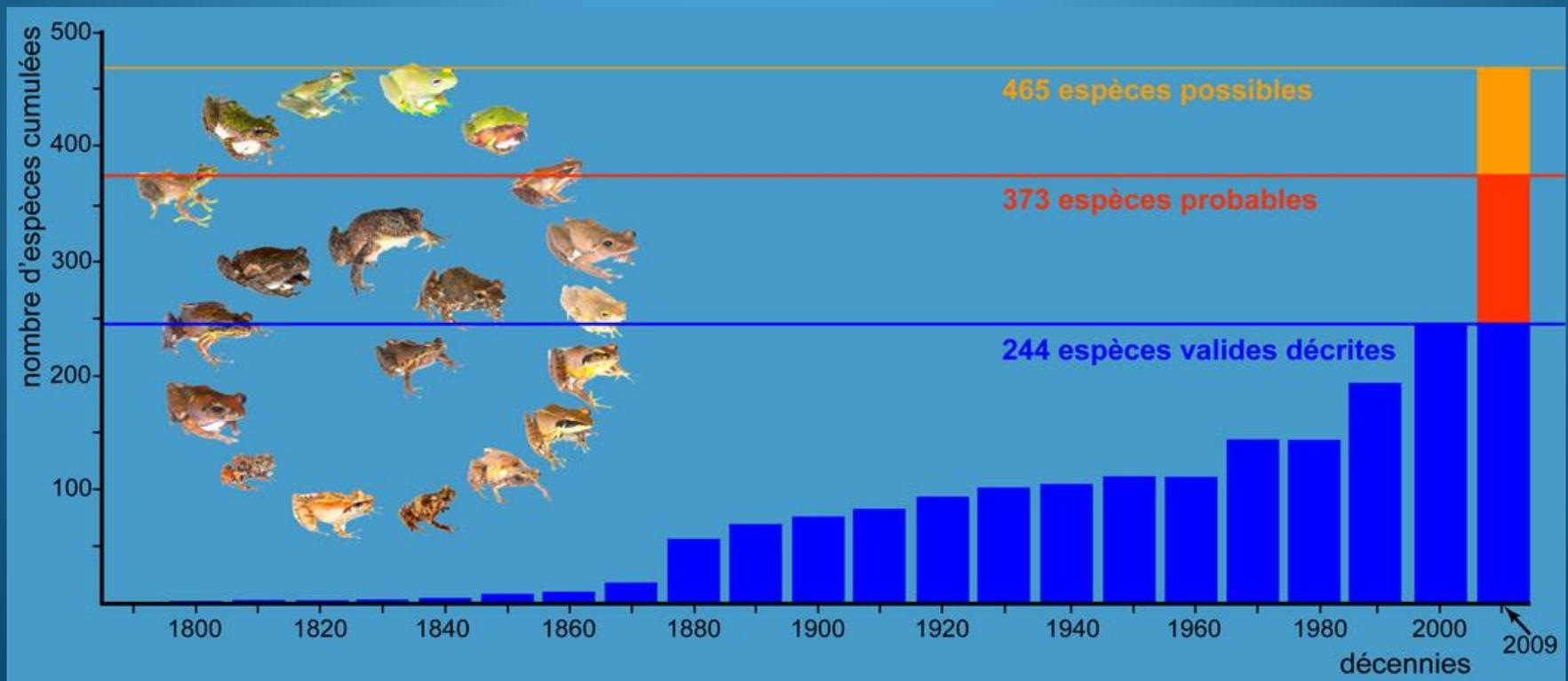


Sanguisorba officinalis

Définition de l'espèce

Les concepts d'espèce

Exemple de 2 850 spécimens d'amphibiens capturés dans 170 localités.



(Redessiné d'après Vieites *et al.*, 2009)

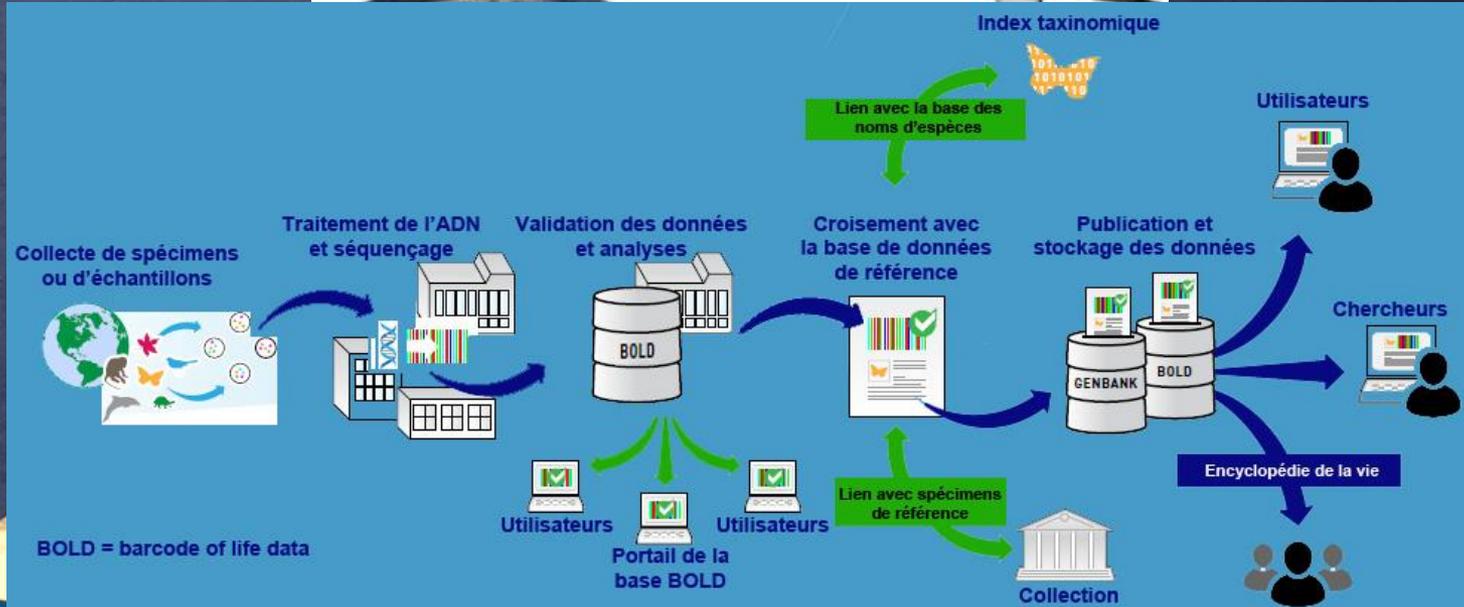
Définition de l'espèce

Les concepts d'espèce

Le **barcoding**, comme le **metabarcoding**, exige néanmoins que l'on possède des banques de collections de référence.

Depuis des siècles les techniques de conservation des spécimens ont beaucoup évolué.

À la fin, on arrive à un **barcoding** où tout est numérisé et où les



Inventaire des espèces

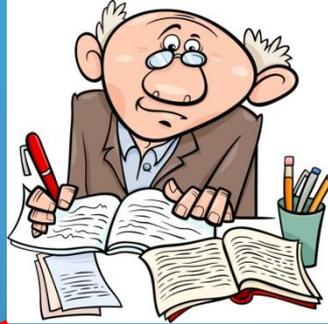
En guise de conclusion:

L'inventaire des espèces semble donc indispensable, mais aura certainement peu d'écho si l'on se limite à une simple liste, *i.e.*, une simple prestation de service, même si elle apparaît comme la fondation de l'édifice.

Inventaire des espèces

Concept peu vendeur

Prenons l'exemple d'un labo qui voudrait faire financer une recherche sur l'inventaire des espèces de poissons d'une rivière dont la faune est inconnue :



**Biodiversité de la faune
ichthyologique, réchauffement
climatique, 6^{ème} extinction et
services écosystémiques**



Inventaire des espèces

Pas ou trop peu de recrutement

Car:

- nombre de biologistes, d'autres disciplines, considèrent les taxinomistes et systématiciens comme des prestataires de service médiocres car leur rendu est trop lent compte-tenu, selon eux, de l'urgence de la crise de la biodiversité ;
- les revues à plus fort taux d'impact en biologie de l'évolution n'intègrent que très rarement les révisions taxinomiques. De même, les descriptions nouvelles d'espèces ne sont admises qu'à titre exceptionnel dans les revues à taux d'impact élevé, et seulement pour certains groupes phares (mammifères, oiseaux...).

Inventaire des espèces

Au début de cet exposé nous avons dit qu'il semblerait actuellement que la disparition des espèces soit beaucoup plus rapide que le rythme de spéciation (apparition) → on parle très couramment de la **6^{ème} extinction**.

Mais, il est une autre disparition alarmante dont presque personne ne parle ; c'est celle des « **descripteurs humains** » de la diversité, les **chercheurs systématiciens** !

Inventaire des espèces

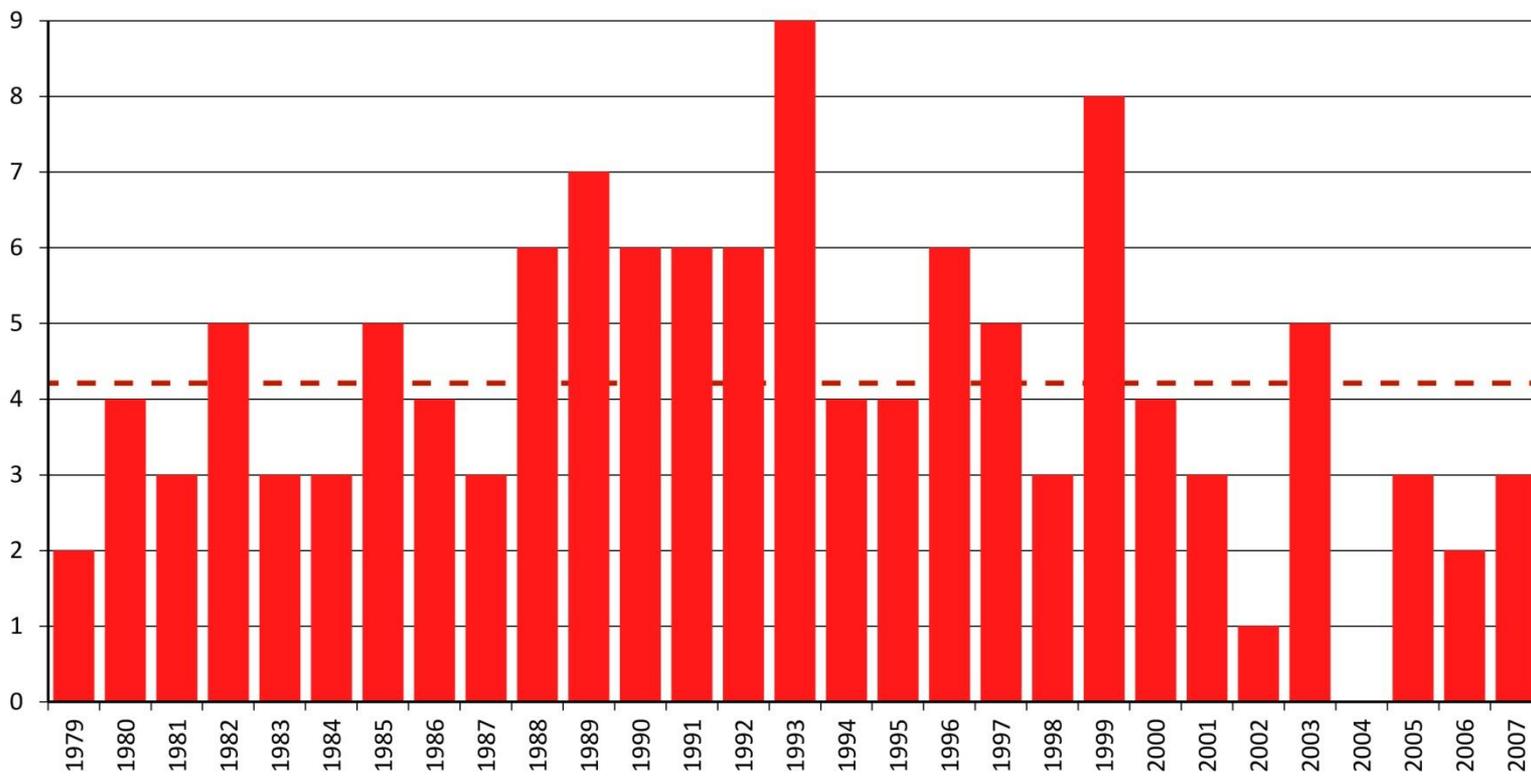
Dans ce sens, on peut considérer que la 7^{ème} extinction, est celle des chercheurs en taxinomie et systématique.



Inventaire des espèces

Pas ou trop peu de recrutement

Nombre de thèses en systématique végétale soutenues en France entre 1979 et 2007
(d'après Malécot, 2007)





Merci de votre attention !