


**FACULTÉ  
DES SCIENCES  
D'ORSAY**

# Écologie

---

Introduction à l'écologie et l'évolution


 Marc Girondot  
 marc.girondot@universite-paris-saclay.fr

1

## Marc Girondot, Pr

- Laboratoire Ecologie, Systématique, Evolution
  - Université Paris Saclay, CNRS et AgroParisTech
- Stratégies de conservation des tortues marines
- Adaptation des reptiles au changement climatique
- Evolution des tissus minéralisés
- Réponse des organismes aux pollutions dans les milieux naturels
- Nouvelles méthodes statistiques appliquées aux jeux de données complexes

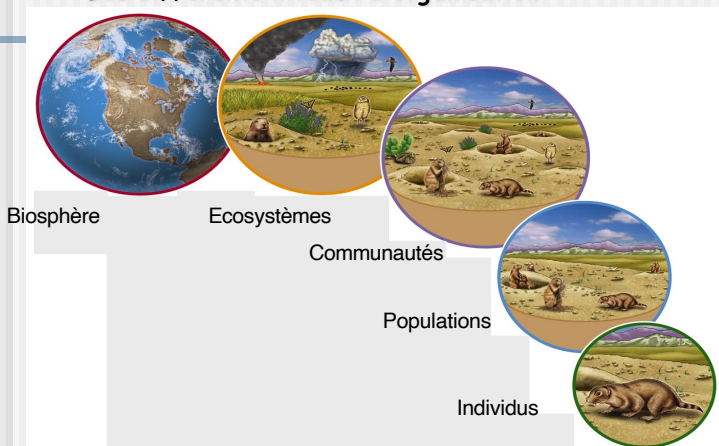
2

## L'écologie

- Ecologie : des mots grecs anciens « oikos » οἶκος, maison / habitat, et « logos » λόγος, discours / étude.
- Ecologie : Science qui étudie les organismes (leur distribution et leur abondance), toutes les interactions qu'ils ont avec leur milieu ainsi que les conséquences de ces interactions.
- Le niveau d'organisation et d'interaction considéré peut être très variable

3

### Les différents niveaux d'organisation



The diagram illustrates the hierarchy of ecological organization through five circular images arranged in a descending staircase pattern from top-left to bottom-right:

- Biosphère**: A globe showing the Earth.
- Ecosystèmes**: A landscape with a river, trees, and a large animal (possibly a mammoth or bison).
- Communautés**: A group of different animals (including a bison and a smaller mammal) in a field.
- Populations**: A group of similar animals (possibly tortoises or lizards) in a field.
- Individus**: A single animal (possibly a tortoise or lizard) in a field.

4

## Différents niveaux d'organisation

- Cellule
- Organe
- Individu
- Population
- Espèce
- Communauté
- Paysage
- Biosphère
- Ecophysiologie
- Ecologie du comportement
- Dynamique des populations
- Biologie de la conservation
- Ecologie des communautés
- Ecologie du paysage
- Etude de la biodiversité
- Etude des changements globaux

5

## Deux approches distinctes...

- **Ecologie fonctionnelle**  
Le fonctionnement de l'organisme ou l'écosystème est le sujet de l'étude. Par fonctionnement on entendra en particulier les flux de matières et d'énergie.
- **Ecologie évolutive**  
Les mécanismes de l'évolution sont utilisés pour comprendre les différences observées entre espèces.

6

## ...qui reflètent deux définitions du vivant

- Un organisme vivant est une structure qui n'est pas en équilibre thermodynamique avec le milieu
  - Notion fonctionnelle du vivant
- Un organisme vivant se reproduit et évolue
  - Notion évolutive du vivant

7

Éon et Gaïa entourés de quatre enfants, les saisons personnifiées



## L'hypothèse Gaïa

- L'hypothèse Gaïa, initialement avancée par l'écologue anglais James Lovelock en 1970, est que la Terre serait « un système physiologique dynamique qui inclut la biosphère et maintient notre planète depuis plus de trois milliards d'années en harmonie avec la vie ».



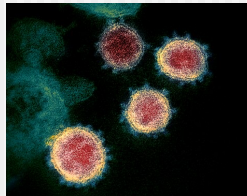
Letchworth, Royaume-Uni 1919 -



8

## Les virus

- ADN ou ARN empaqueté dans une particule virale.
- L'expression génique utilise la machinerie de la cellule infectée : le virus est inerte quand il est dans sa capsid (virion).



Particules virales du SRAS-CoV-2

9

## Écologie scientifique vs. Écologie politique

- L'écologie est une science mais aussi une composante politique.
- Bien que possédant une dénomination commune, ces deux activités sont séparées.
  - Des passerelles existent, mais elles se situent au niveau individuel et tous les écologistes scientifiques ne se revendiquent pas écologistes politiques... et l'inverse est aussi (plus?) vrai.



10

## Pourquoi étudier l'écologie?

- Pour comprendre comment les systèmes naturels fonctionnent
- Pour comprendre quel est l'impact des activités humaines sur le fonctionnement des écosystèmes
- Pour permettre de mettre en place des pratiques écologiquement correctes (ex: développement durable)
  - Le Rapport Brundtland est le nom communément donné à une publication, officiellement intitulée Notre avenir à tous (Our Common Future), rédigée en 1987 par la Commission mondiale sur l'environnement et le développement de l'Organisation des Nations unies, présidée par la Norvégienne Gro Harlem Brundtland. Utilisé comme base au Sommet de la Terre de 1992, ce rapport utilise pour la première fois l'expression de « sustainable development », traduit en français par « développement durable »



11

## L'écologie est une science

Qu'est-ce que la science ?  
Qu'est-ce qu'une activité qui relève de la science ?

12

Le triplet Science – Religion – Doxa peut être vu comme différentes modalités de la connaissance et de son application.

## SCIENCE – RELIGION – DOXA

13

## Doxa



- À la fois connaissance et méconnaissance, la doxa est un ensemble de croyances fausses ou confuses fondant la "vérité commune".

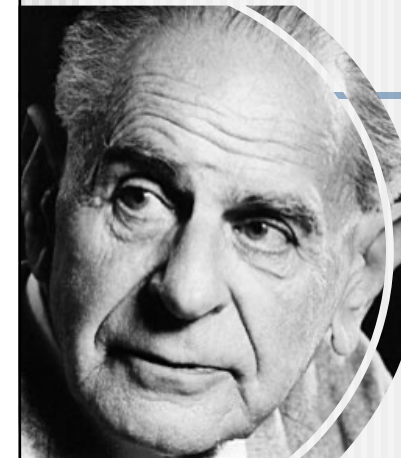


14

## Religion

- La religion est basée sur des dogmes qui est un point de doctrine établi ou regardé comme une vérité fondamentale et incontestable, donc qui n'est pas contestable et par-là même qui n'est pas testable.
- De par sa nature, le dogme ne peut être soumis à un test même s'il doit être logique par rapport aux autres dogmes de la religion auquel il s'applique.
- **Exemples.**
  - 325 : Premier concile de Nicée – « Jésus Christ est un vrai Dieu, fils d'un vrai Dieu, engendré et non créé, consubstantiel au Père. »
  - Le **dogme de l'inimitabilité du Coran** (en arabe / *أعجز الأعجز*) selon laquelle le Coran, en tant que révélation divine, ne peut être imité par aucune autre œuvre littéraire. C'est à partir du III<sup>e</sup> siècle de l'hégire que ce concept est devenu un dogme.
  - Le judaïsme est basé sur une conception monothéiste strictement unitaire, fondée sur la croyance au rassemblement de toutes les puissances en Un seul Pouvoir (Elohim) qui est l'Unique (Ehad) Être éternel (YHWH).

15



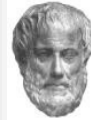
1902 Vienne (Autriche-Hongrie) - 1994 Londres (Royaume-Uni)

## Science

Selon Karl Popper, la science doit être une activité qui au contraire ne doit utiliser que des résultats testables et réfutables.

16

Aristote -384 (Stagire, Grèce) à -322 (Chalcis, Grèce)



## La description du monde vivant

- Aristote se démarque de son maître Platon : pour lui le plus haut degré de réalité n'est pas ce qui apparaît par le raisonnement, mais ce qui est perçu par les sens.



L'Ecole d'Athènes, fresque du peintre Raphaël (1483-1520). Platon, en toge rouge et Aristote, en bleu. Chambre de la Signature, Palais pontifical, Vatican

17

Abu Ali al-Hasan ibn al-Hasan ibn al-Haytham (Bassora, c.965 – Le Caire, c.1040)



## L'expérimentation

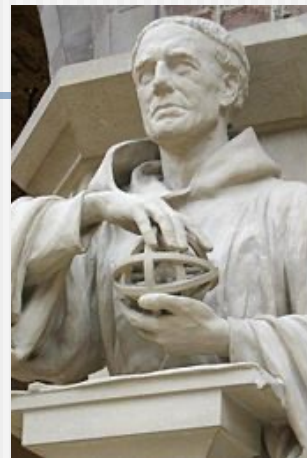
- Alhazen, plus rarement Alhacen, de son vrai nom Ibn al-Haytham ou de son nom complet Abu Ali al-Hasan ibn al-Hasan ibn est un mathématicien, philosophe, physiologiste et physicien du monde médiéval arabo-musulman.
- Il valide presque systématiquement ses hypothèses à l'aide d'expériences ce qui en fait un précurseur dans la mise en pratique de la méthode scientifique.



18

## Remettre en question les « acquis »

- Roger Bacon (1214-1294), surnommé *Doctor mirabilis* en raison de sa « science prodigieuse », philosophe, savant et alchimiste anglais, est considéré comme l'un des pères de la méthode scientifique.
- Pour Bacon, « aucun discours ne peut donner la certitude, tout repose sur l'expérience ».
- Il est le premier dans le monde occidental à mettre en question des enseignements d'Aristote, observations à l'appui.



Roger Bacon, 1214 Ilchester - 1294 Oxford

19

## Le discours de la méthode

1596 La Haye-en-Touraine - 1650 Stockholm (Suède)



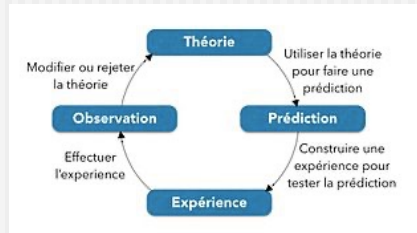
- La méthode scientifique de René Descartes, exposée dans le Discours de la méthode en 1637, affirme constamment une rupture par rapport à la scolastique enseignée dans l'Université.
- Le Discours de la méthode se caractérise par sa simplicité et prétend rompre avec les interminables raisonnements scolastiques.
- Elle s'inspire de la méthode mathématique, cherchant à remplacer la syllogistique aristotélicienne utilisée au Moyen Âge depuis le XIII<sup>ème</sup> siècle.
  - « Tous les hommes sont mortels, or Socrate est un homme; donc Socrate est mortel »

20



# Comment étudier l'écologie

- A l'aide de la méthode scientifique



Expérience à petite, moyenne ou large échelle  
Expériences naturelles  
Modélisation

21

# Qu'est-ce qu'une science ?

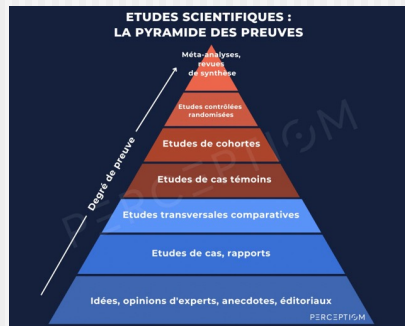
Notez que c'est la méthode qui est scientifique et non les données.

## SCIENCE VS PSEUDOSCIENCE

ÉTABLIT SES CONCLUSIONS SUR LA BASE DES PREUVES COLLECTÉES	COMMENCE AVEC UNE CONCLUSION PREÉTABLIE ET CHERCHE À LA CONFIRMER
PREND EN COMPTE L'ENSEMBLE DES DONNÉES POUR AJUSTER SES CONCLUSIONS	SÉLECTIONNE LES DONNÉES QUI VONT DANS SON SENS ET NÉGLIGE LES AUTRES
UTILISE UN VOCABULAIRE TECHNIQUE CLAIR ET PRÉCIS	UTILISE DES NOTIONS VAGUES ET CONFUSES EN Y MELANT DES MOTS SCIENTIFIQUES
FAIT DES AFFIRMATIONS PRUDENTES ET UTILISE LE CONDITIONNEL	FAIT DES AFFIRMATIONS EXTRAORDINAIRES SANS NUANCES NI PREUVES SUFFISANTES
UTILISE UNE MÉTHODE RIGoureuse, REPRODUCTIBLE ET VÉRIFIABLE PAR L'ENSEMBLE DE LA COMMUNAUTÉ	UTILISE UNE MÉTHODE FAILLIBLE AVEC DES RÉSULTATS NON REPRODUCTIBLES PEU OU PAS VÉRIFIÉS
ÉVOLUE ET SE CORRIGE AVEC LA DÉCOUVERTE DE NOUVELLES INFORMATIONS	EST DOGMATIQUE ET INFLEXIBLE
ACCÈPTE LA CRITIQUE ET PEUT ÊTRE RÉFUTÉE	REFUSE LA CRITIQUE ET EST IRREFUTABLE

22

# Différents niveaux de preuve



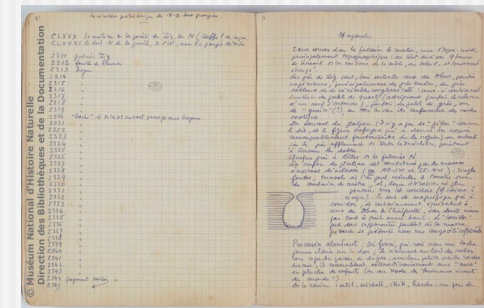
23

# Observations et descriptions

- Le naturaliste de terrain va consigner dans des carnets des observations.



Carnet de Théodore Monod (1902-2000)



24

## Observations et descriptions

- Le naturaliste de terrain va consigner dans des carnets des observations.
- La difficulté est de pouvoir tirer des généralisations de ces observations.
  - “The plural of anecdote is not data”
    - Roger Brinner (Economist)



25

## Hypothèses

- L’analyse de nombreuses observations standardisées peut cependant amener des informations intéressantes.



A fifteenth-century depiction of the grape harvest from *Les Très Riches Heures du Duc de Berry*, a medieval book of hours.

### Grape ripening as a past climate indicator

Summer temperature variations are reconstructed from harvest dates since 1370.



Chuine I, You P, Viovy N, Seguin B, Daux V, Le Roy Ladurie E (2004) Grape ripening as a past climate indicator. *Nature* 432:289–290

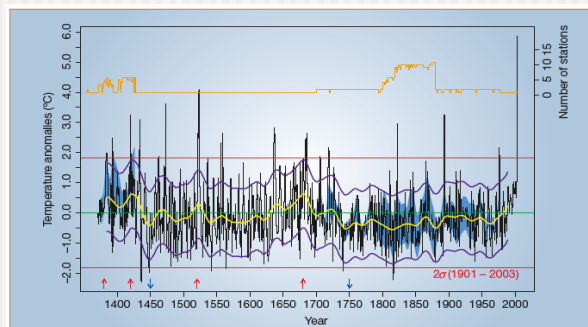
Emmanuel Le Roy Ladurie, né le 19 juillet 1929 et mort le 22 novembre 2023

NATURE | VOL 432 | 18 NOVEMBER 2004

26

## Indice des températures estivales

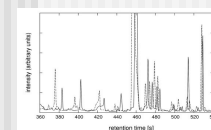
Date de début des vendanges en Bourgogne depuis 1370 en Bourgogne pour expliquer la canicule de 2003



27

## Tests des hypothèses

- Expériences à différentes échelles



28

## Tests des hypothèses

### ■ Expériences naturelles

- Les expériences naturelles consistent à identifier un groupe témoin différent d'un groupe test à la suite d'un choc exogène naturel ou au moins non voulu.
- Le groupe assimilé au groupe test est celui qui a été frappé par le choc tandis que le groupe témoin n'a pas été atteint.
- Pour s'assurer de la similitude des groupes, on devrait les comparer avant l'évènement et ainsi s'assurer qu'ils ont les mêmes comportements.

29

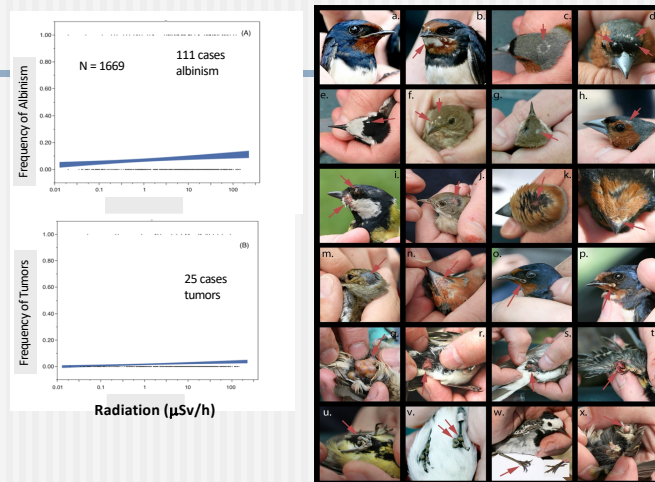
## Le 26 avril 1986



30

### Effet des radiations à Tchernobyl

Møller, A.P., et al. Mutation Research

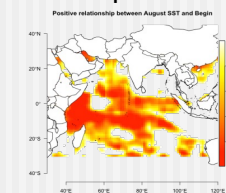
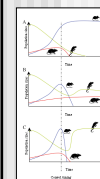


31

## Modélisation

- L'écologie est le domaine des sciences du vivant utilisant le plus la modélisation

- Permet de gérer la grande complexité des systèmes étudiés
- Permet de fabriquer des réplicats alors que l'on ne dispose que d'une terre



32



## Et l'évolution ?

33

## Quel est l'objet de l'étude de l'évolution ?

- Comme indiqué précédemment, l'écologie fonctionnelle s'intéresse à « comment ça marche ? » et l'écologie évolutive à « pourquoi ça marche comme ça; comment on en est arrivé là ? ».

34

## Pattern et process

- Il est courant de séparer l'étude de l'évolution en étude des patterns et des process.
  - Les *patterns* sont étudiés grâce à des méthodes comparatives; pour ce faire des caractères sont décrits chez différentes espèces et on cherche à établir les relations de parenté entre espèces.
  - Les *process* sont étudiés sur la base de modèles permettant d'établir les modalités de changement qui ont conduit aux patterns observés.

35

## Les niveaux d'organisation

- Pendant longtemps le niveau d'organisation majeur a été celui de l'anatomie; cela reste le niveau majeur de la paléontologie.
- Depuis une quarantaine d'années les outils moléculaires ont complètement renouvelé le domaine.
- Une branche importante de l'étude de l'évolution concerne l'évolution du comportement.

36



Charles Darwin 1809-1882

## La théorie de l'évolution selon Darwin

- Charles Darwin développe un cadre théorique cohérent et général pour expliquer l'évolution
  1. Tous les organismes descendent d'un ancêtre commun.
  2. L'évolution se fait progressivement.
  3. De nouvelles espèces évoluent à partir d'autres espèces.
  4. Le nombre d'espèces différentes ayant vécu augmente avec le temps.
  5. Le mécanisme de l'évolution est la compétition pour des ressources limitées entre des individus uniques.

D'après Mayr Ernst, Darwin et la pensée moderne de l'évolution, 1994