



Darwin 2009

Deux anniversaires pour fêter l'évolution



Une brève histoire de l'Ecologie et des Sciences de l'évolution

Jean-Sébastien Pierre

UMR 6553 Ecobio

Ecologie, Biodiversité, Evolution

Université de Rennes 1 - CNRS



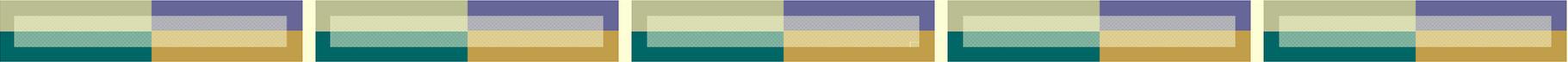


Période étudiée :

- 1804-1960

- Pourquoi ?

- Naissance des concepts
- Structuration de la discipline
- Premières crises
- La seconde guerre mondiale constitue une rupture majeure



LE PASSE DE L'ÉCOLOGIE

- « Like a stranger who just blew into town, ecology seems a presence without a past »
 - D. Worster, 1985
- « Comme un étranger qui vient juste de faire irruption dans la ville, l'écologie apparaît comme une présence sans passé »
 - D. Worster, 1985



UN LONG VOYAGE

• « Ce n 'est que récemment que les écologistes ont étendu le champ de leurs études de l 'espèce seule aux communautés »

• Peters, 1979



Origines de l'Écologie

- Difficiles à définir
 - Théophraste (-391 : communautés)
 - Aristote
 - Saint Basile (379 : successions)
 - Buffon (1780 Histoire naturelle : relations)
- Jusqu'au XIXème siècle, ce n'est tout simplement pas un sujet d'études

Karl von Linné

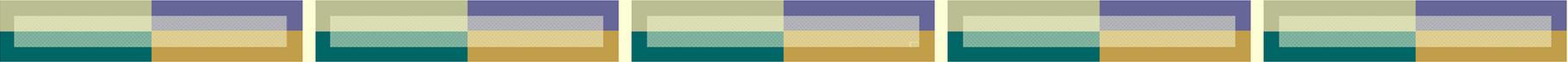
- Le système de la nature (Systema naturae) 1766





QUELLE MERVEILLE QUE LE SPECTACLE DE LA NATURE

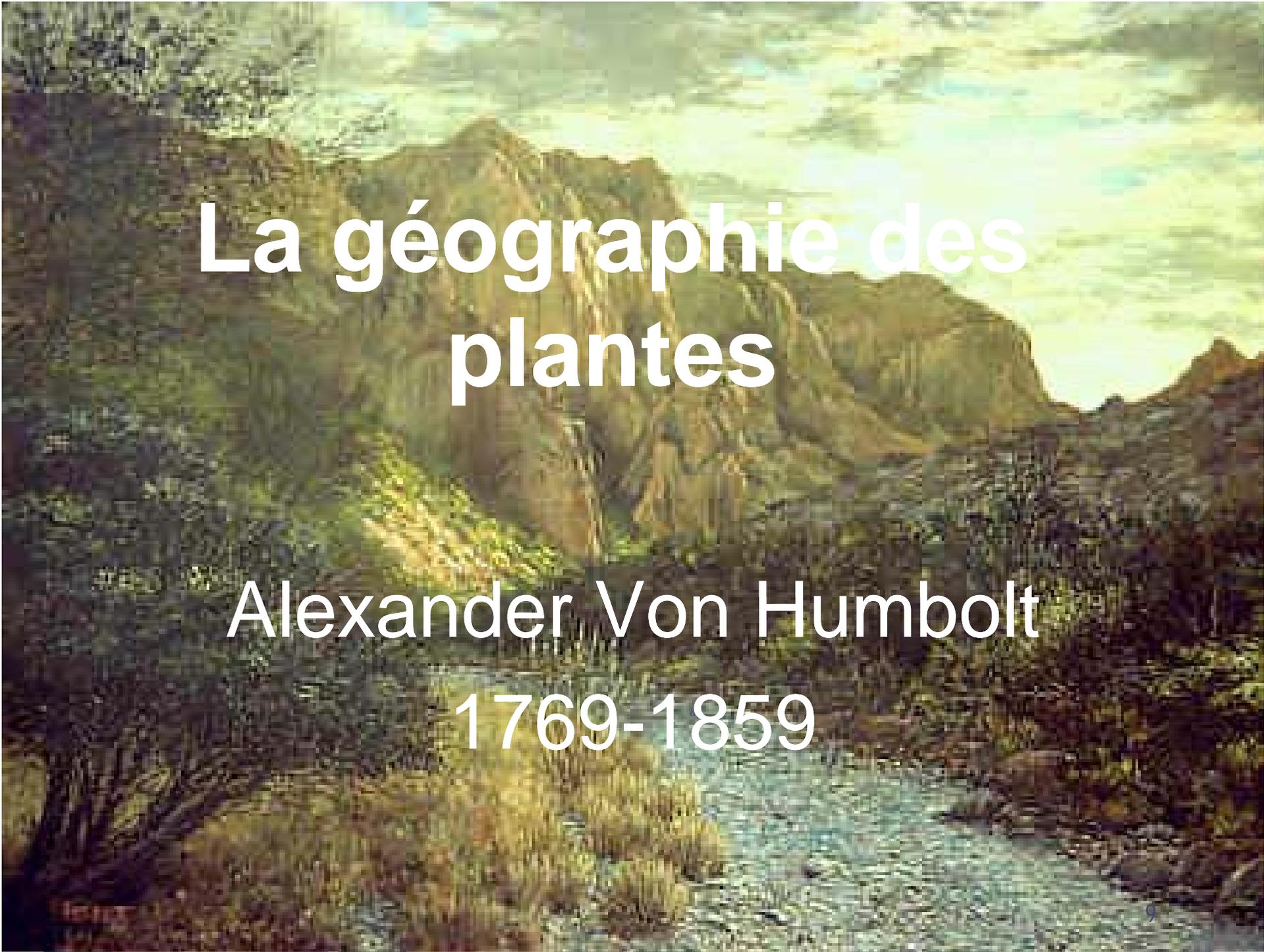
- « *O combien superbe est la scène de la nature
Où tout est fait
de nombres de poids et de mesures
Tous conçus pour quelque grand dessein !
Où non seulement la plante
Mais la harde ou le troupeau qui nous sustentent
Mais chaque mousse, coquille ou insecte tient
Un rang important dans son plan !* »



Pas encore de science de l'écologie

• « *Ne croyez pas qu'il y ait eu une science de l'écologie au dix-huitième siècle, même si un historien de l'écologie vous le dit !* »

• M. Nicholson

A detailed landscape painting showing a mountain range with a river flowing through a valley. The foreground is filled with dense, dark green vegetation, while the background features rugged, rocky peaks under a cloudy sky. The overall color palette is dominated by greens, browns, and greys, with a slightly hazy atmosphere.

La géographie des plantes

Alexander Von Humbolt

1769-1859

Alexander Von Humboldt



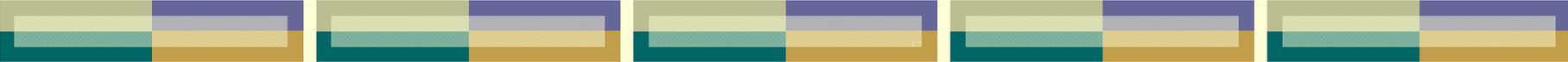
•Author: Friedrich Georg Weitsch, 1806

• 1769 (Berlin) – 1859
(Potsdam)



Alexander Von Humboldt

- Fait suite à une longue lignée de naturalistes navigateurs
- 1799 : embarque sur le Pizarro, pour une expédition armée par Charles III, le Roi d'Espagne.
- Première expédition scientifique du monde
- Lettre à son ami Freiesleben : « *Je m'efforcerai de découvrir l'interaction des forces de la nature et les influences qu'exerce l'environnement géographique sur la vie végétale et animale* »



Une très longue expédition

- Un voyage en duo avec son secrétaire et ami Bonpland
- Venezuela, Equateur, Pérou, Amérique centrale, Mexique
- Résultat de l'expédition : une somme de trente tomes intitulée « *Voyage aux régions équinoxiales du nouveau continent* ». Parution en 1804
- Premier tome : « *Essai sur la géographie des plantes* »

1804 : L'écologie végétale est là

- Mais elle n'a pas encore de nom
- Von Humboldt est géographe



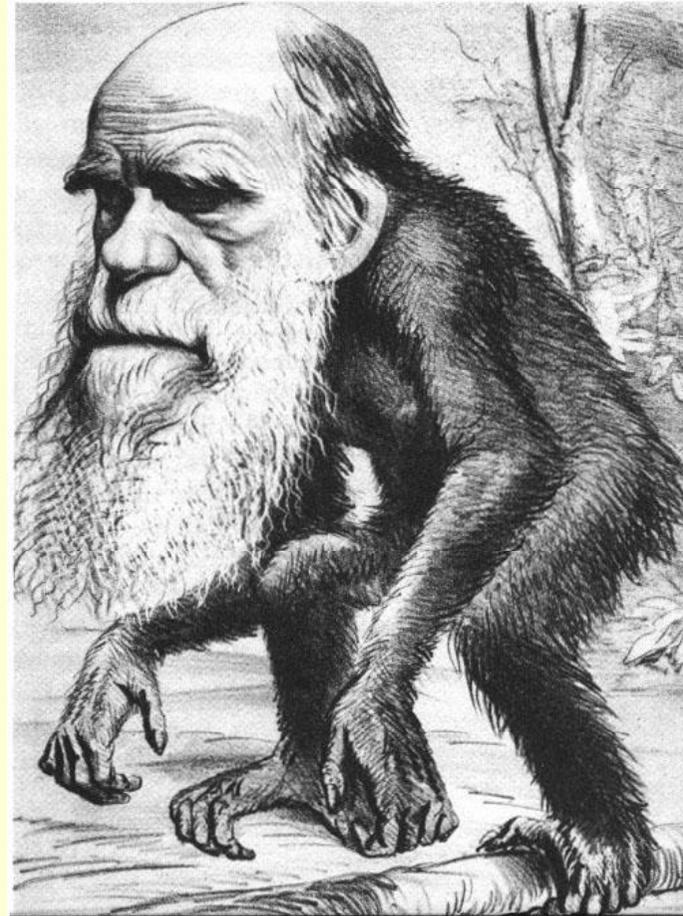
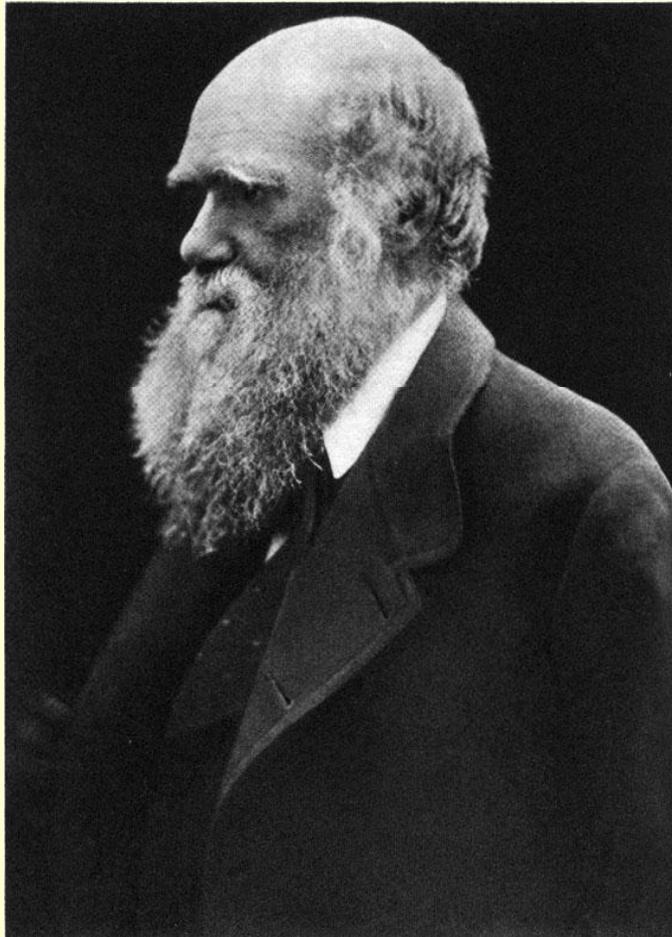
Eduard Ender (c.1850) : Humboldt and Bonpland in the jungle

A painting of a mountainous landscape. In the foreground, a river flows through a valley, with a path leading towards it. The middle ground shows a large, craggy mountain peak. The background features more distant mountains under a cloudy sky. The overall style is that of a 19th-century landscape painting.

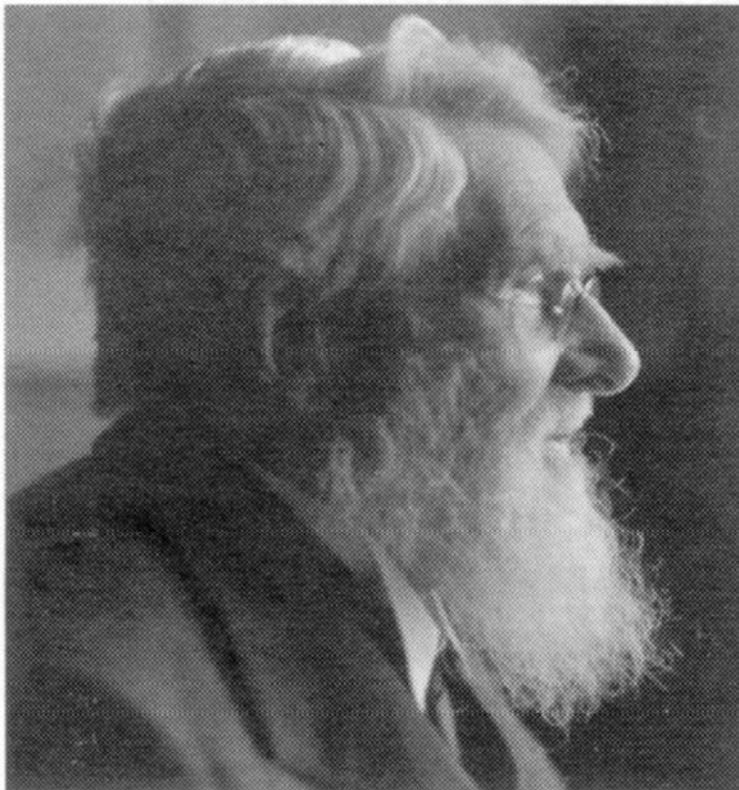
La théorie de l'évolution

Charles Darwin

Charles Darwin 1809-1882



Alfred Russell Wallace



Photo, with permission, by Scanpix, Sweden/Corbis

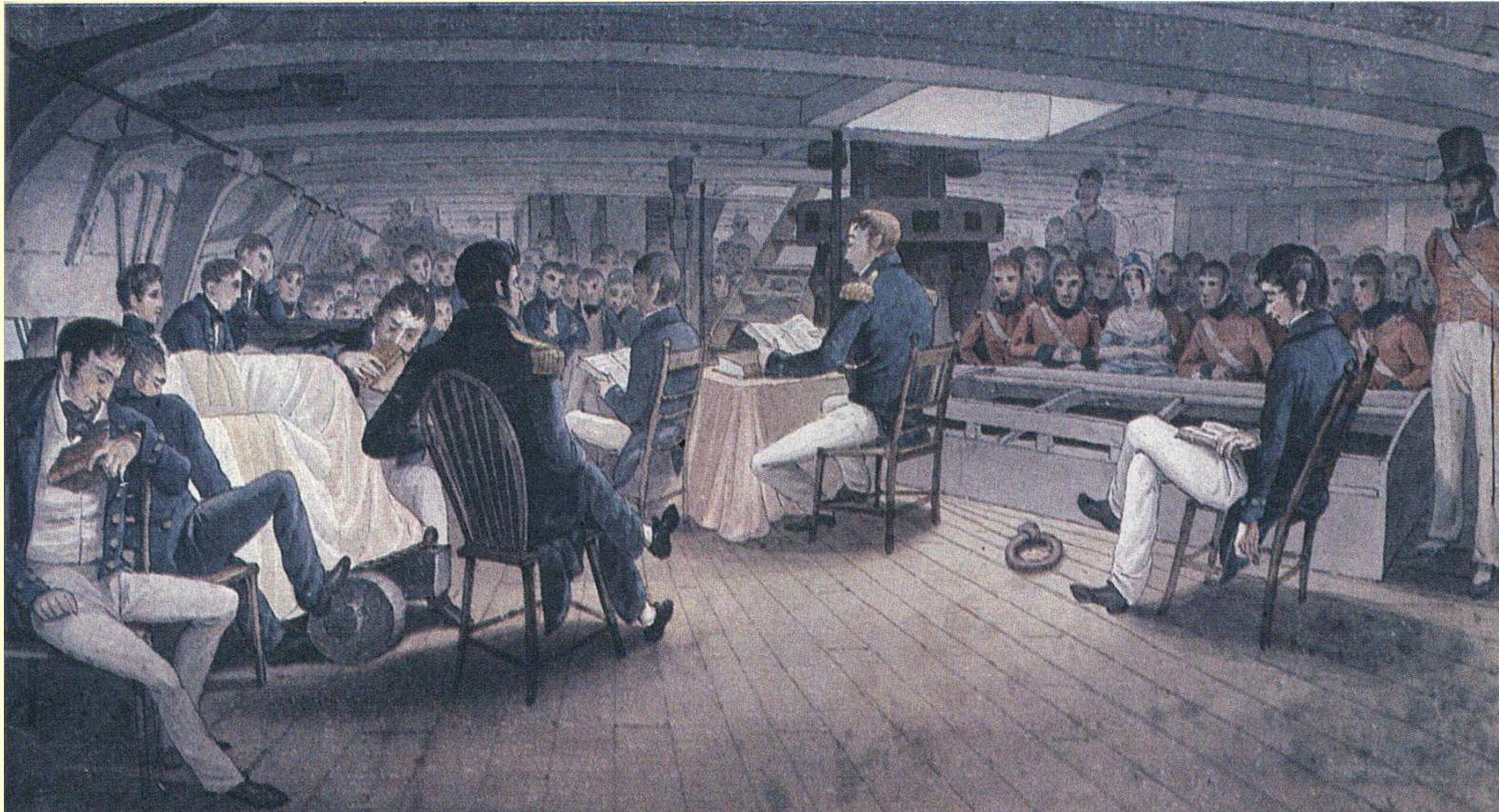


A painting of a mountainous landscape. In the foreground, a river flows through a valley with sparse vegetation. In the middle ground, a small boat is visible on the river. The background features rugged, rocky mountains under a cloudy sky. The overall style is that of a 19th-century landscape painting.

Un autre bateau

Le Beagle

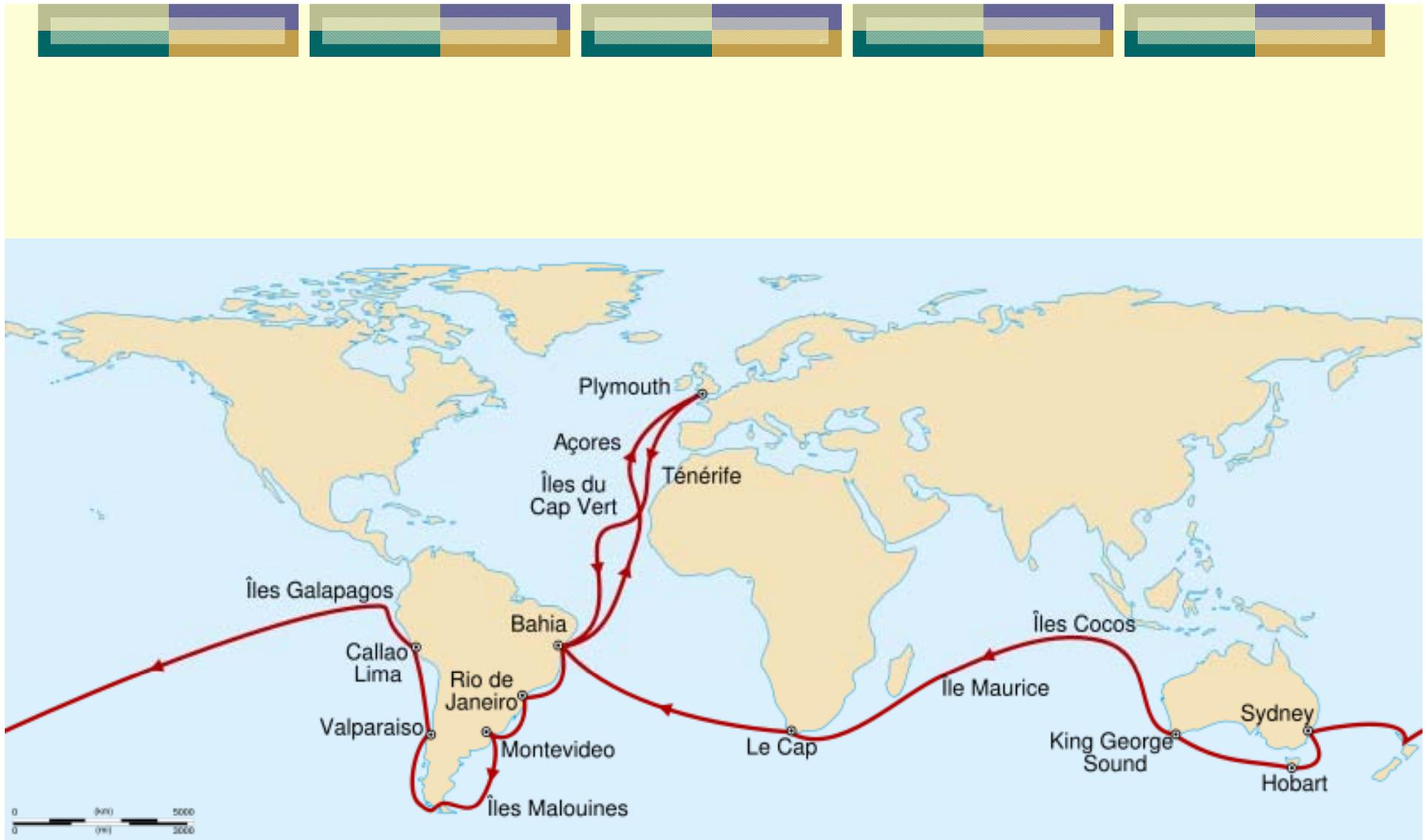
Une leçon de Darwin

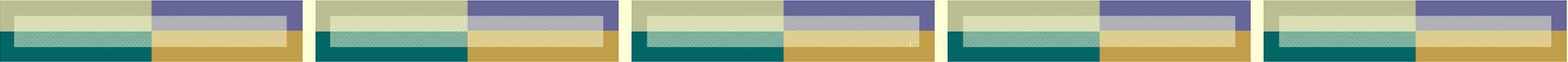




Le voyage du Beagle

- Darwin est exalté par la lecture de Humboldt. L'embarquement sur le Beagle est la poursuite d'un rêve naturaliste. Il a 22 ans
- Un voyage de cinq ans, (27 décembre 1831 - 2 octobre 1836)

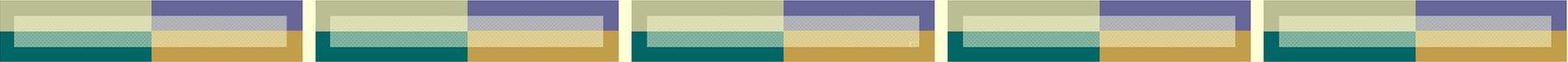




L 'Ecologie et l 'origine des espèces

- *« Regardez une plante au cœur de son habitat. Pourquoi ne double-t 'elle ou ne quadruple-t 'elle pas son nombre ?.... Si l 'on veut donner à la plante un accroissement en nombre, il faudra lui donner quelque avantage sur ses compétiteurs ou sur les animaux qui s 'en nourrissent. »*

- Charles Darwin, 1859



La formation de la terre végétale...

- ... par l'action des vers avec des observations sur leurs habitudes
- 1881 London, John Murray, *The formation of vegetable mould, through the action of worms, with observations on their habits.* 8vo, 183 mm, vii + 326 pp, 15 text woodcuts. Binding: standard green cloth. Price 9s. CD, C, D, L; T, 918(17)
- Réédition française récente chez Syllepses (2001)



Citation

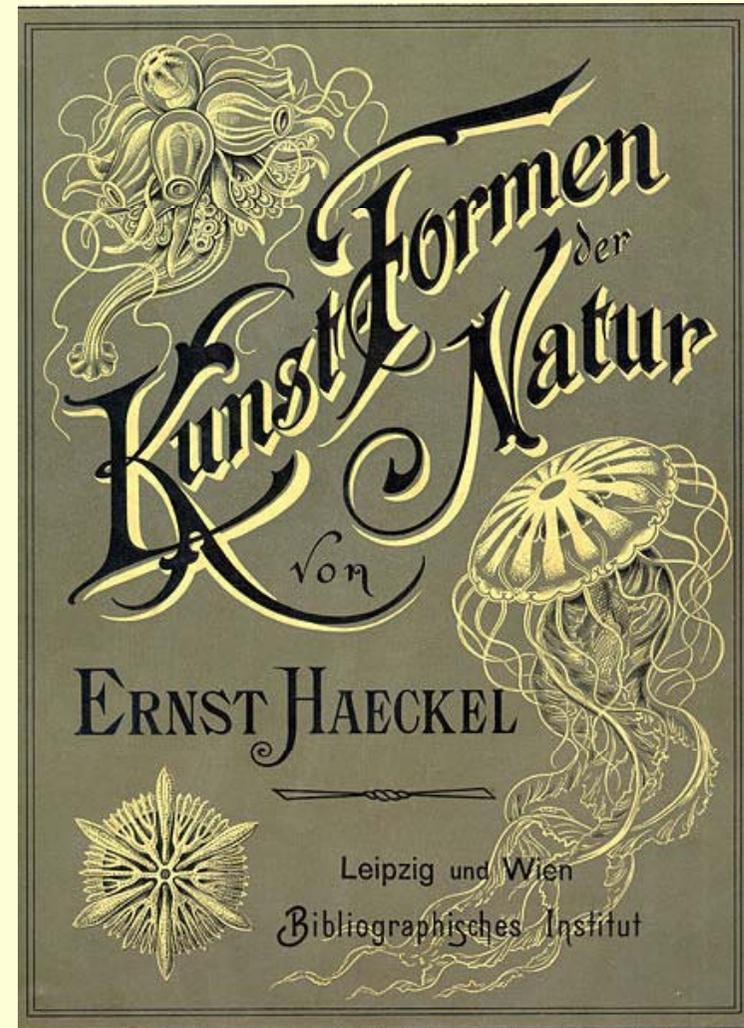
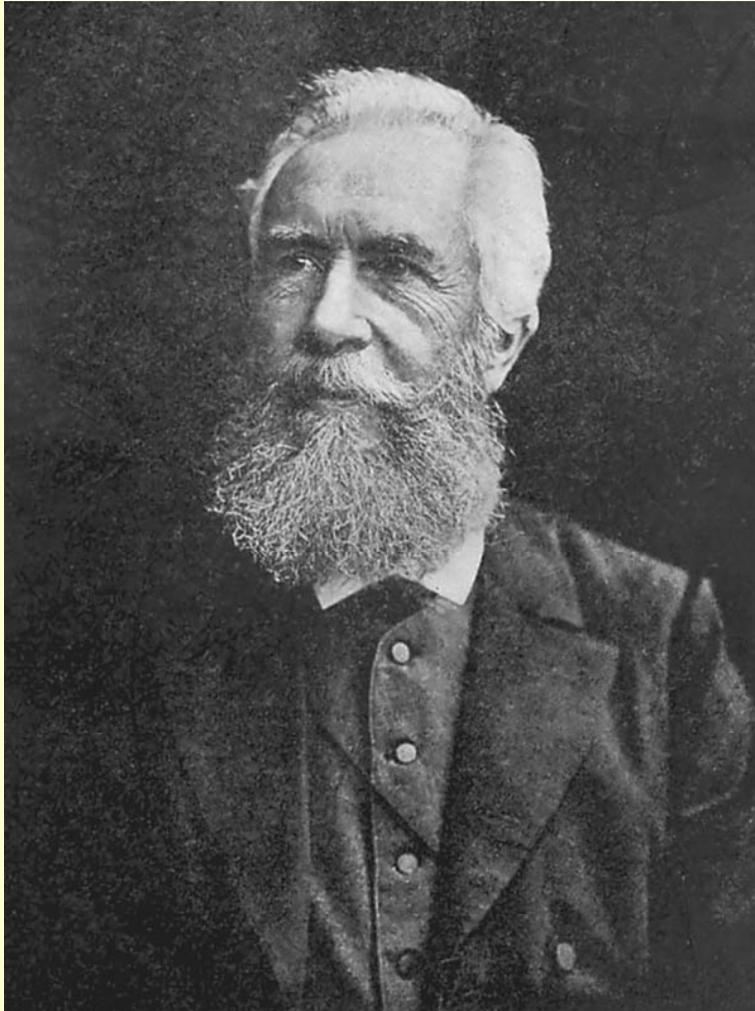
- *« The plough is one of the most ancient and most valuable of man's invention; but long before he existed the land was in fact regularly ploughed, and still continues to be thus ploughed by earth-worms. It may be doubted whether there are many other animals which have played so important a part in the history of the world, as have these lowly organised creatures. Some other animals, however, still more lowly organised namely corals, have done far more conspicuous work in having constructed innumerable reefs and islands in the great oceans; but these are almost confined to the tropical zones »*

A painting of a mountainous landscape. In the foreground, a river flows through a valley with dense, dark green vegetation. The middle ground shows a large, rugged mountain peak with a steep, rocky slope. The background features more distant, hazy mountains under a sky with soft, white clouds. The overall color palette is dominated by greens, browns, and blues, with a slightly muted, painterly quality.

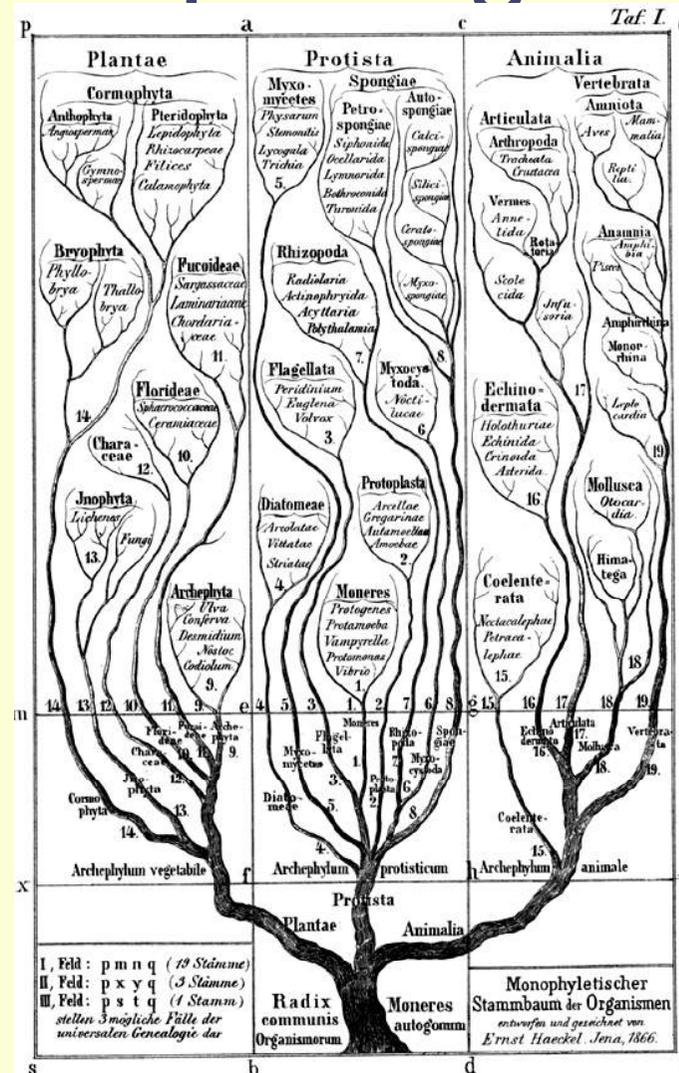
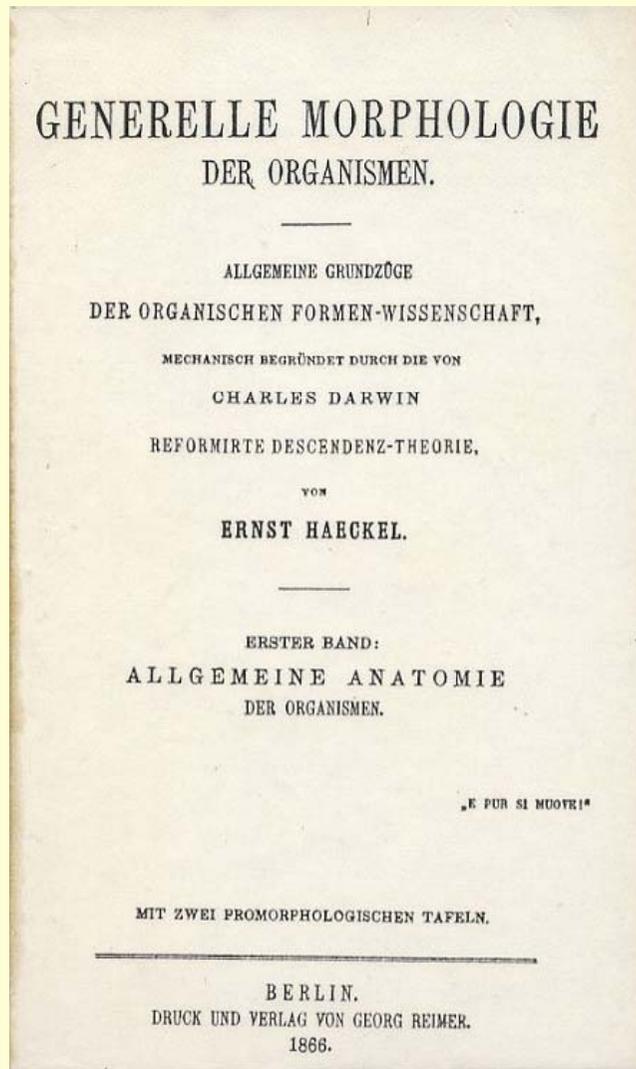
Un darwinien définit l'écologie :

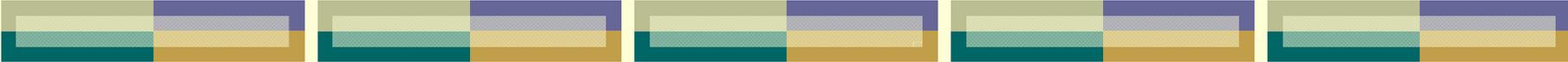
Ernst Haeckel (1866)

Ernst Haeckel 1834-1919



Generelle Morphologie





La première définition de l'écologie

- *«Par œcologie, nous entendons la science des rapports des organismes avec le monde extérieur, dans lequel nous pouvons reconnaître d'une façon plus large les facteurs de la "lutte pour l'existence". [...] Sous le nom de conditions d'existence, nous comprenons l'ensemble des relations des organismes les uns avec les autres [...]. Les organismes qui servent aux autres de nourriture, ou qui vivent à leur dépens comme parasites doivent aussi être placés dans la catégorie des conditions d'existence.»*

Generelle morphologie der organismen, 1866



Le rôle de Haeckel

- Se borne strictement à cette excellente définition.
- Sa contribution à la discipline qu'il vient de définir est nulle.
- La définition provient d'un darwinien convaincu. Et pourtant ...

A painting of a mountainous landscape. In the foreground, a river flows through a valley with sparse vegetation. The middle ground shows a large, craggy mountain peak. The background features more distant mountains under a sky filled with soft, white clouds. The overall color palette is dominated by earthy tones and blues.

Un article contemporain

Pascal Acot



Pascal Acot

- The lamarckian cradle of early ecology - *Acta biotheoretica*, 1997, n°45,185-193
- Le berceau lamarckien de l'écologie ancienne
- Thèse : la plupart des travaux fondateurs de l'écologie au XIXème siècle ont été élaborés dans un cadre lamarkien.
- « *La source du paradoxe réside dans le double contenu du concept d'adaptation, considéré comme un phénomène statique par les écologistes et comme un processus dynamique par les évolutionnistes* »



Quittons un peu la lignée darwinienne

- Pascal Acot se réfère à une série d'écologistes pionniers du XIXème siècle
 - **Alexander Von Humboldt** (pour mémoire- meurt en 1859)
 - Auguste Brisebach
 - Augustin-pyramus de Candolle
 - Gaston Bonnier et **Charles Flahaut**
 - **Karl Moebius**
 - Pierre-François Verhulst
 - **François-Alfonse Forel**
 - Eugen Warming
- **Aucun ne cite jamais Darwin**
- **Concentrons nous sur Möbius, Warming et Forel**



La biocénose et les écosystèmes

Karl Moebius, François
Forel

Karl August Möbius 1825-1908



- Une étude intensive sur les bancs d'huitre de la mer baltique
- Fondateur du premier aquarium d'eau de mer à Hambourg en 1863

Les Biocénoses



- Die Auster und die Austernwirtschaft (les huîtres et l'ostréiculture – économie des huîtres)
- « Chaque banc d'huîtres est donc une communauté d'êtres vivants, une collection d'espèces... La science ne possède encore aucun mot pour une telle communauté... Je propose le terme de *Biocénose* »
 - Karl Moebius 1877

Eugenius Warming 1841-1924



- Professeur de Botanique à Copenhague
- 1895 : « Plant Ecology »
- Premier cours d'Ecologie dans une Université (Copenhague)
- Inspirateur de Tansley (Ecosystème), de Clements, de Forbes, de Cowles

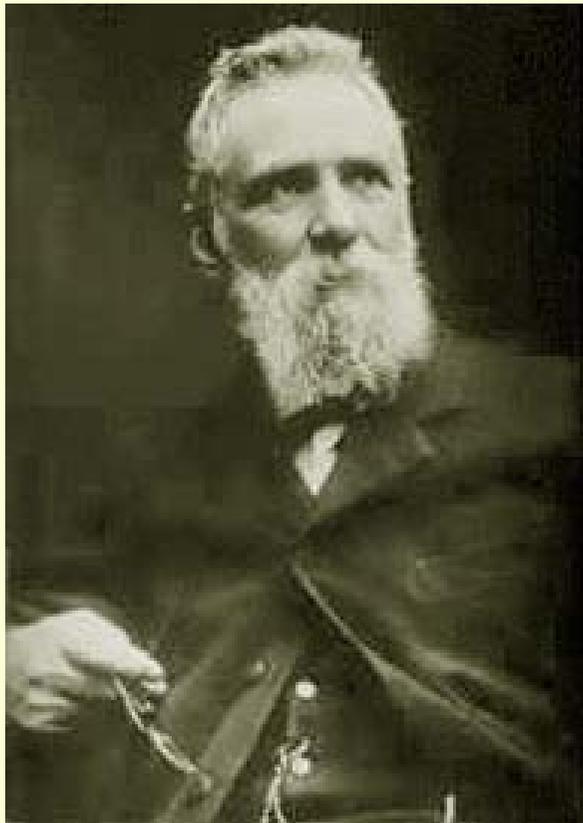


Warming : Les successions

- En partant du sol nu, on observe une séquence de remplacement des plantes les unes par les autres, jusqu'à un état stable que Clements appellera *climax en 1916*.
- Etude de la recolonisation des dunes danoises

François-Alphonse Forel

1841-1912



- FOREL, F. A. - Le Léman, monographie limnologique, t. 1, 1892, t. 2, 1895, t. 3, 1904. F. Rouge ed, Lausanne.
- Ecosystème
- Université F. Forel, Sous-marin F.A. Forel etc...



Forel

- Le lac Léman est un système vivant intégré
- Un écosystème (interprétation)
- Seconde notion fondamentale de l'Ecologie
- Fondateur de la « limnologie »

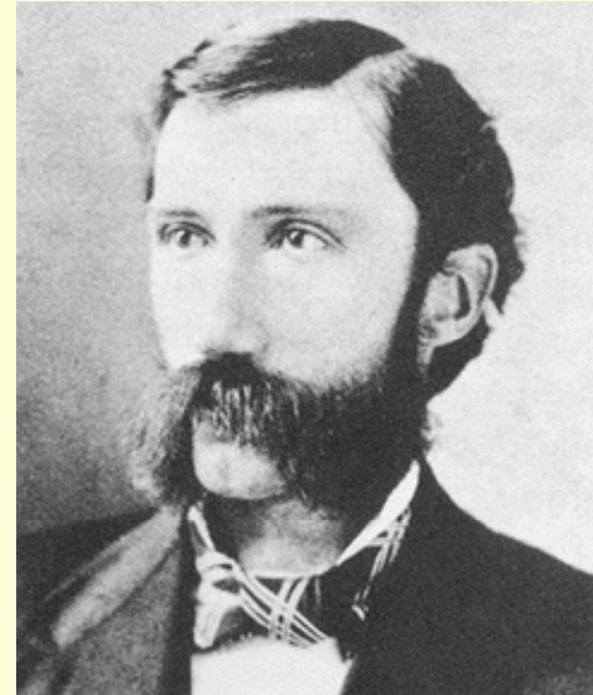
Stephen Alfred Forbes 1844-1930

● Illinois

● 1887 – the lake as a microcosm

- « *Un lac est pour le naturaliste une page détachée de l'histoire des premiers âges. Les conditions de vie y sont dans l'ensemble relativement inférieures et archaïques et le système des interactions organique par lequel elles s'influencent et se contrôlent mutuellement n'ont pas changé pour l'essentiel depuis une période géologique éloignée* »

● Entrée des états unis dans l'écologie





Les années 1890

- 1892 Première mention de l'Écologie dans la presse américaine
- December 1, 1892, in the *Boston Globe*. A front-page article read "New Science. Mrs. Richards Names It Oekology." (Mrs. Richards was the leading conservationist of her day and the first director of the Water Quality Lab at the Massachusetts Institute of Technology.)
- 1893 Premier livre en anglais sur l'Écologie (« Écologie des fleurs », H.L. Pummel 1893)
- 1893 Le congrès de botanique de Madison adopte le terme « Écologie »

La nouvelle science de l'Ecologie

5
CENTS
THE

The Boston Daily Globe.

184.
BOSTON, THURSDAY MORNING, DECEMBER 1, 1898.—TEN PAGES.

GLAND DRUGGISTS:
have just received from
London a supply of Specific
for the cure of colds and
prevention of pneumonia.
Put up in 50-cent bottles.
EO. C. GOODWIN & CO.

CRISP SAVED.
Widow Made Harding
Pitied Through Self.
Crisp as to Each One
of Her Children.
Widow - Struck Near the
Highland Station.
Gladly Would Without Con-
sidering Her Own.

NEW SCIENCE.
Bowl and Shoe Men at
the Christening.
Mrs. Richards Names
in Ethology.
This the Art of First-
Class Living.
Salary No Bar, in One
Speaker Edward.
Mrs. Alice Freeman Pennell

CRISP SAVED.
Widow Made Harding
Pitied Through Self.
Crisp as to Each One
of Her Children.
Widow - Struck Near the
Highland Station.
Gladly Would Without Con-
sidering Her Own.

SUBJECTS TO BE KEPT.

Head JURY in Boston Case
Mary Hagan: Today.

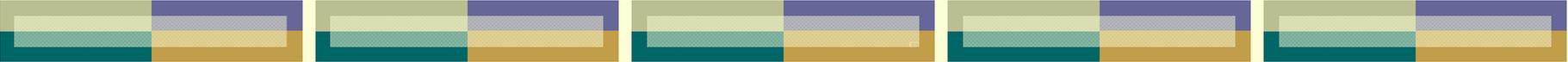
to Judge Gardner's New Bill
Total Five Days.

CONTENTS OF TOMORROW'S GLOBE.

Head JURY in Boston Case
Mary Hagan: Today.

to Judge Gardner's New Bill
Total Five Days.





Deux écoles

Cowles dans le Michigan

Succession pilotée par les interactions biotiques

L'état de climax n'est pas stable

Clements dans le Nebraska

Les successions sont pilotées par le climat

Le climax est un état stable

La communauté est un « superorganisme »



L'écologie, Oekologie, Oökologie

- Un peu avant 1900, l'écologie est fondée
- Elle est basée sur la végétation et sur les milieux aquatiques
- Il est peut-être exagérer de la qualifier de « lamarkienne »
- En tous cas, elle n'est pas darwinienne



Quelques autres caractéristiques à l'aube du XX^{ème} siècle

- Elle est majoritairement européenne
- Non française
- Minuscule, passe totalement inaperçue
- S'intéresse peu aux animaux terrestres
- Les USA entrent cependant dans la danse
 - Clements et Shelford, Forbes

A detailed landscape painting showing a mountain valley. In the foreground, there is a river with a rocky bed, surrounded by dense, dark green vegetation and trees. The middle ground features a large, rugged mountain peak with a steep, rocky slope. The background shows more distant mountains under a sky with soft, white clouds. The overall color palette is dominated by greens, browns, and blues, with a slightly muted, painterly quality.

Charles Elton

L'explosion de l'écologie
animale

Charles Sutherland Elton

1900-1991

- 1921 : diplômé en Zoologie, devient assistant de Julian Huxley
- 1927 : publication du livre historique « Animal Ecology »
- 1932 : bureau des populations à Oxford, Journal of Animal Ecology
- 1970 : Médaille Darwin



Animal Ecology 1927

ANIMAL ECOLOGY

BY
CHARLES ELTON

WITH AN INTRODUCTION BY
JULIAN S. HUXLEY, M.A.
FULLERIAN PROFESSOR OF PHYSIOLOGY, ROYAL INSTITUTION

NEW YORK
THE MACMILLAN COMPANY

1927

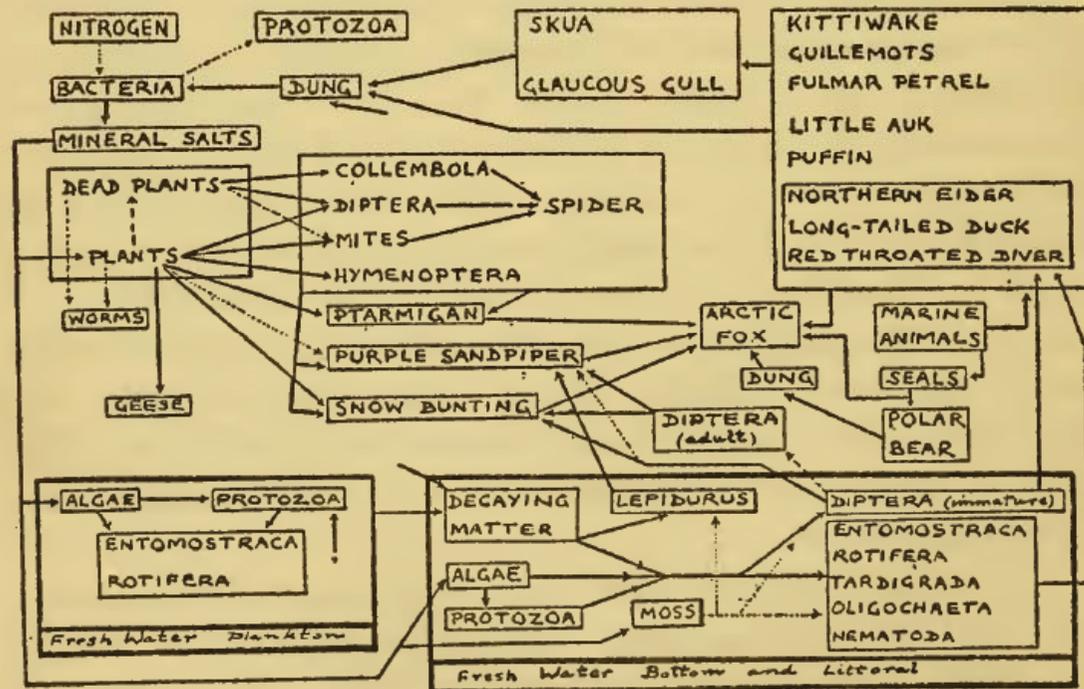
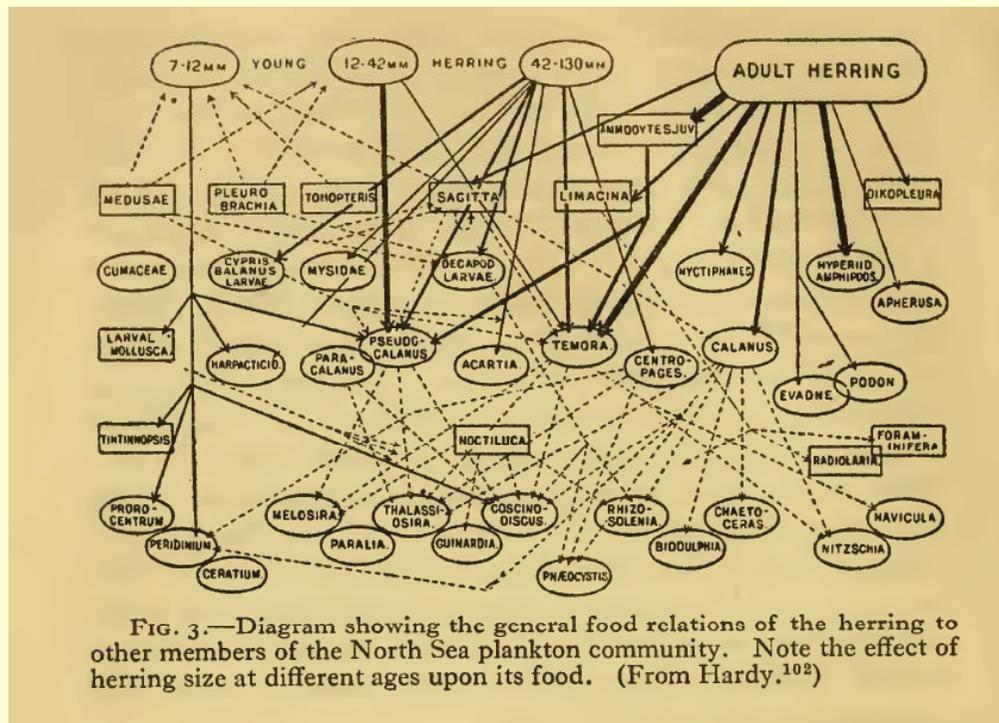


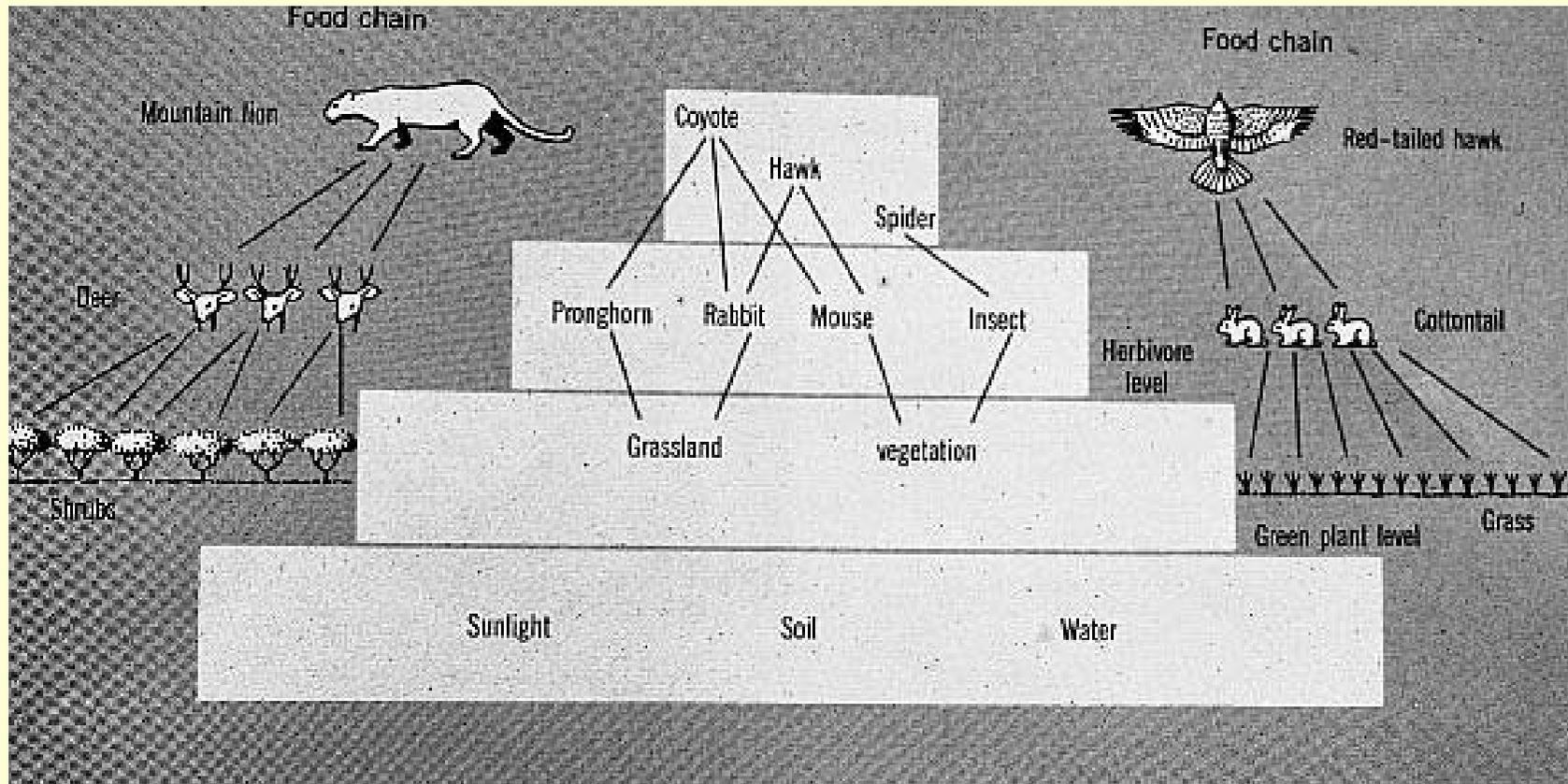
FIG. 4.—Food-cycle among the animals on Bear Island, a barren spot in the arctic zone, south of Spitsbergen. (The dotted lines represent probable food relations not yet proved.) The best way to read the diagram is to start at “marine animals” and follow the arrows. (From Summerhayes and Elton.²⁵)

Charles Elton



- Les quatre principes d'Elton :
 - Chaînes trophiques
 - Taille et type de nourriture
 - Concept de niche
 - Pyramide des nombres

La pyramide des nombres





L'œuvre de Charles Elton

- Un théoricien non mathématicien
- Un prodigieux créateur de concepts
- Un propagandiste charismatique
- Un visionnaire :
 - Biologie de la conservation
 - Invasions biologiques
 - Dynamique des populations
 - Dynamique des communautés
 - Nécessité des bases de données

Animal Ecology

CONTENTS

LIST OF PLATES AND DIAGRAMS IN TEXT	vi
PREFACE	vii
INTRODUCTION BY PROFESSOR JULIAN S. HUXLEY, M.A.	ix
NEW INTRODUCTION BY MATHew A. LEIBOLD AND J. TIMOTHY WOOTTON	xix
CHAPTER	
I. INTRODUCTION	1
II. THE DISTRIBUTION OF ANIMAL COMMUNITIES	5
III. ECOLOGICAL SUCCESSION	18
IV. ENVIRONMENTAL FACTORS	33
V. THE ANIMAL COMMUNITY	50
VI. PARASITES	71
VII. TIME AND ANIMAL COMMUNITIES	83
VIII. THE NUMBERS OF ANIMALS	101
IX. VARIATIONS IN THE NUMBERS OF ANIMALS	127
X. DISPERSAL	146
XI. ECOLOGICAL METHODS	162
XII. ECOLOGY AND EVOLUTION	179
CONCLUSION	189
LIST OF REFERENCES	192
INDEX	201

Henry Chandler Cowles 1869-1939

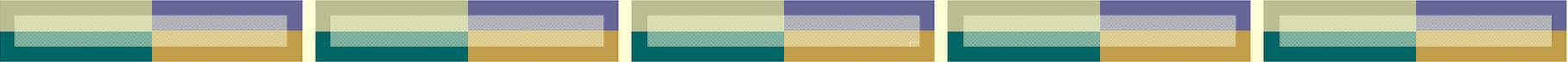
- Etablissement de la théorie des successions sur les dunes du lac Michigan
 - « *in the development of a region, primitive plant societies pass into others. At first the changes are rapid, but as the assemblage approaches a climax type, the changes become slower.* »





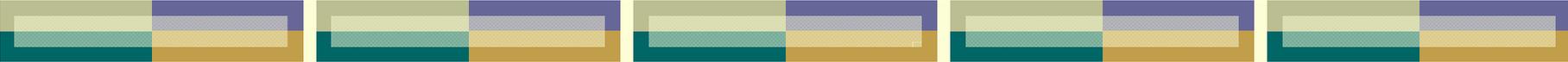
Matamek

1931



La conférence de Matamek (1931)

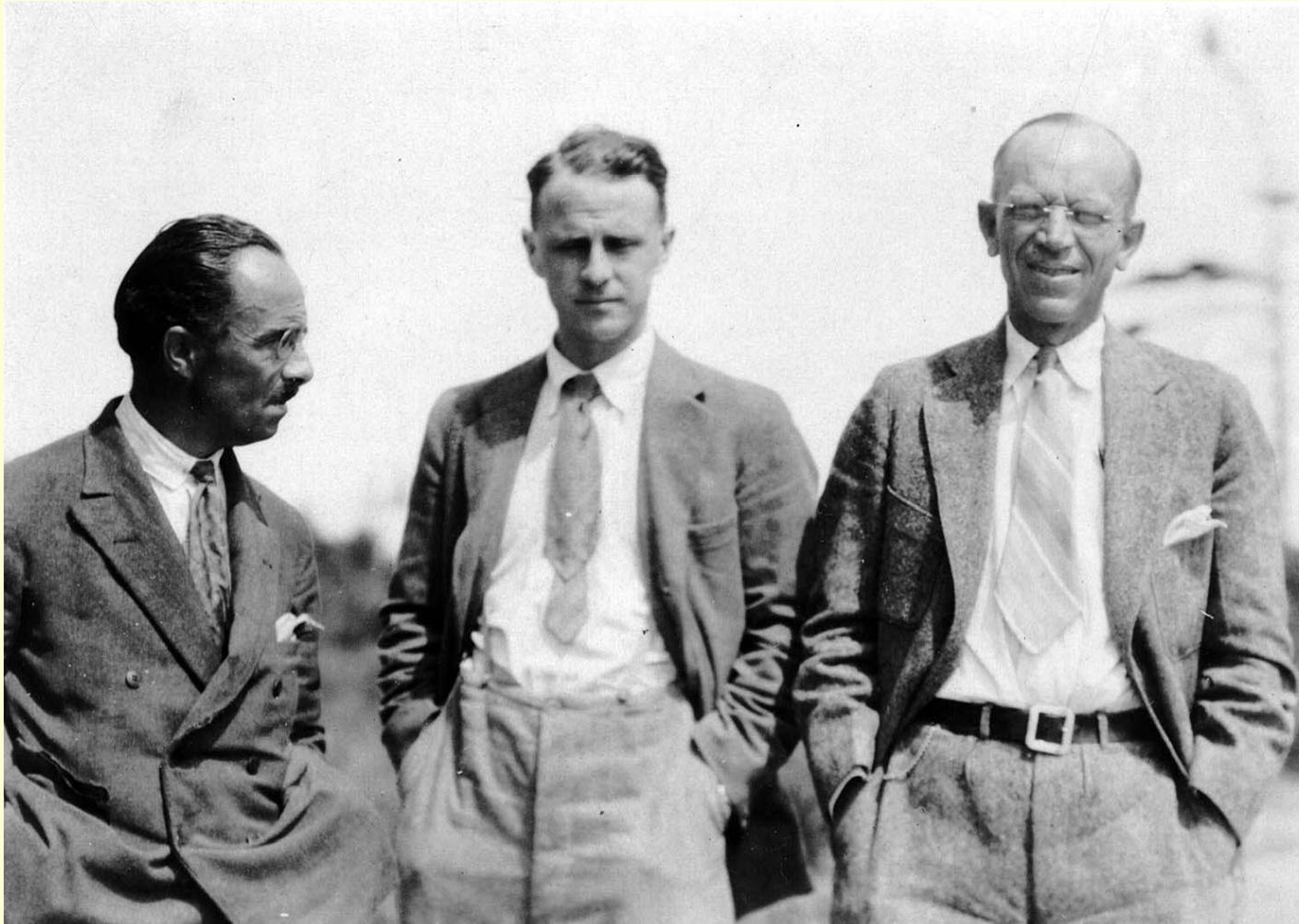
- 1930 : une année noire pour les stocks animaux en Amérique du Nord.
 - Plus de poissons dans les rivières
 - Plus d'animaux à fourrure
 - Effondrement des stocks marins
- Matamek : une conférence scientifico-médiatique
- Elton obtient la fondation du bureau des population



Une conférence particulière

- Elton rapporte que le président d'une session apporta en séance un plat avec deux énormes saumons, en déclarant fièrement qu'il venait de les pêcher...
- Il y avait de tout : des scientifiques, des gestionnaires de la faune sauvage, des trappeurs, des indiens canadiens, et le capitaine d'un brise-glace québécois...
- Elton déclare : « Il nous faut des données, des historiques, des références ! »

Elton à Matamek





Le bureau des populations

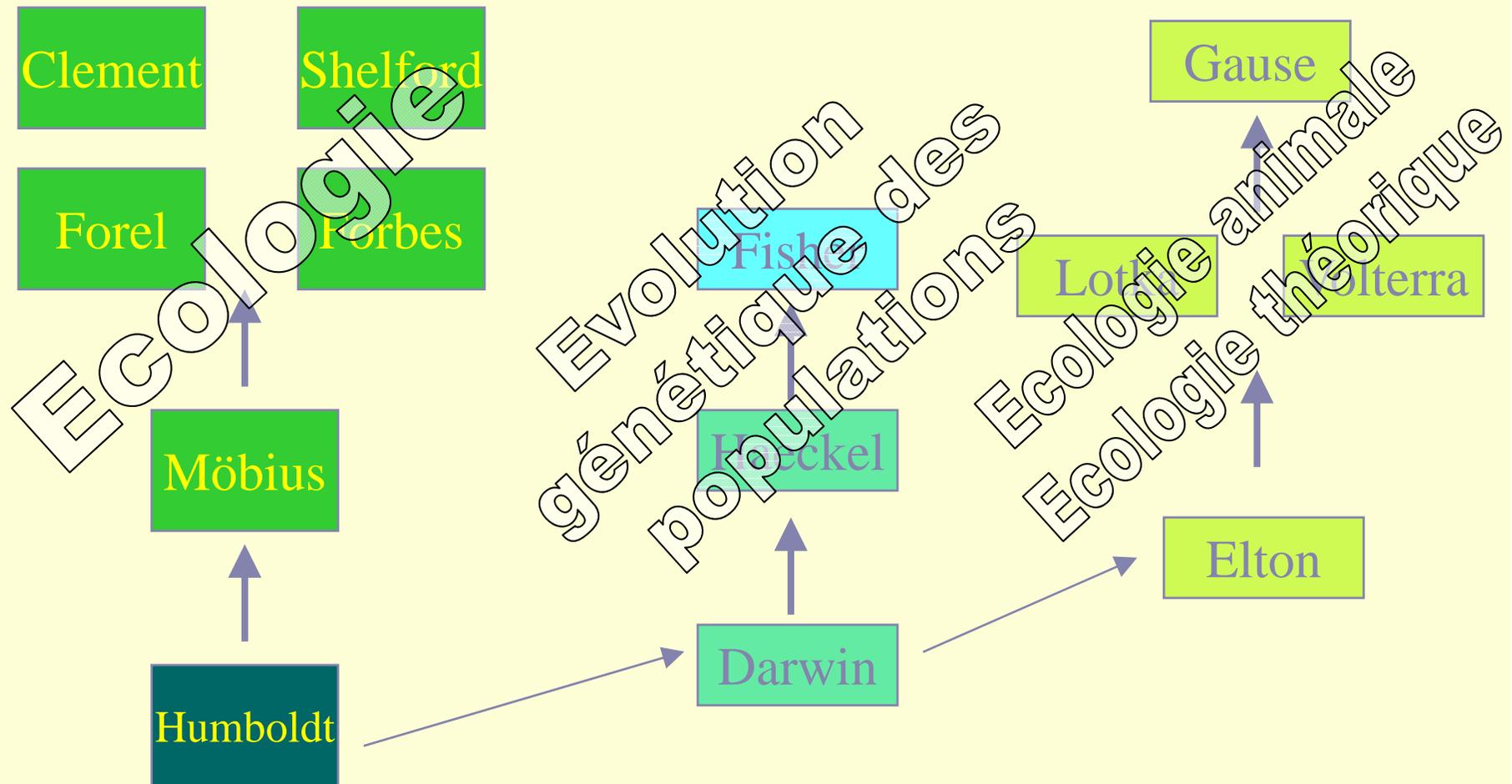
- Fondé en 1934, dirigé par Elton
- Soutiendra des chercheurs de renom :
Mac Lulich, Leslie
- Permettra de rassembler des données
- Lancera des opérations à long terme
- Survivra jusqu'à la guerre de 1939-1945



Et le Darwinisme ?

- Mais Elton, Darwinien, ne sait que faire du darwinisme
- Ce sont les relations entre espèces qui l'intéressent
- Elton a changé d'échelle

1918-1939 : trois courants





**Et l'Ecologie devient
théorique...**

L' « âge d'or »



1918 – 1939 : L'âge d'or de la biologie théorique

- Raymond Pearl
- **Alfred J. Lotka**
- Vito Volterra
- Alexandre Koztitzin
- Alexander J. Nicholson
- Victor A. Bailey
- William. O. Kermack
- W.G. McKendrick
- Francis Galton
- Karl Pearson
- **Ronald A. Fisher**
- John. B.S. Haldane
- Gustave Malécot
- Sewall Wright

Alfred James Lotka

Lemberg (Lvov) 1880, New-York 1949

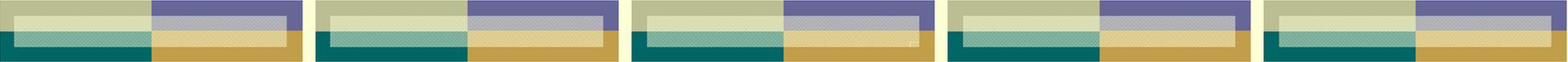


- Qui était Alfred Lotka ?
- Un personnage plutôt discret
- Autrichien né à Lemberg, actuellement situé en Ukraine (Lvov)
- Etudes de physico-chimie à Birmingham puis de thermodynamique à Leipzig
- Emigre aux USA en 1903

Vito Volterra



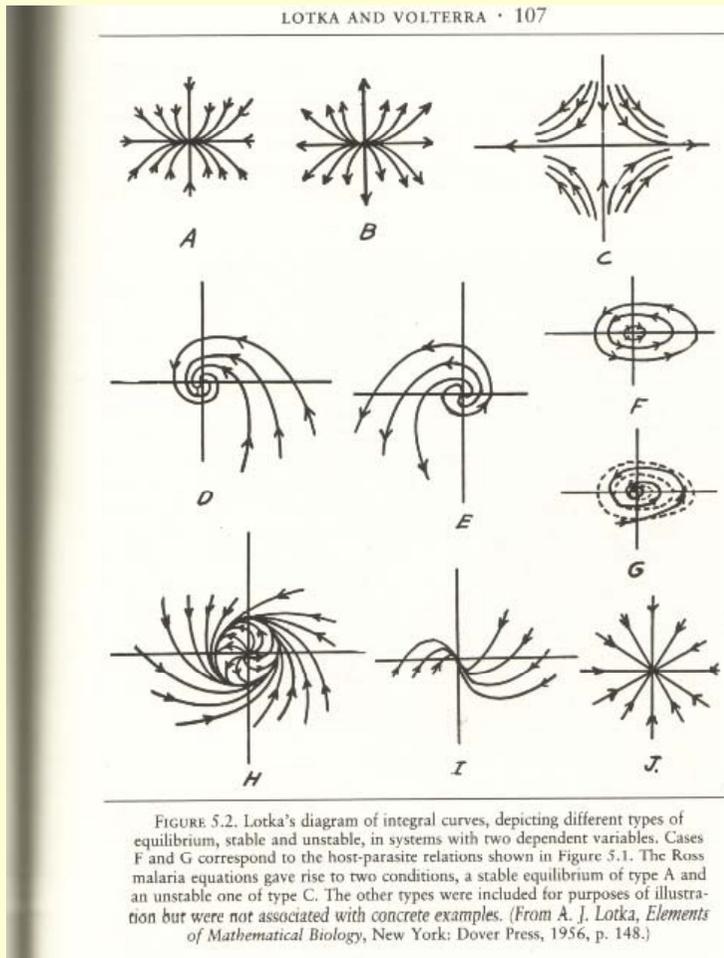
- En 1925, Vito Volterra est déjà un mathématicien renommé
- Il publie son mémoire sur les associations biologiques
- Lotka y reconnaît... ses modèles
- Volterra reconnaît son antériorité mais
- Pas la communauté scientifique. Jusque vers 1940, seul Volterra est cité



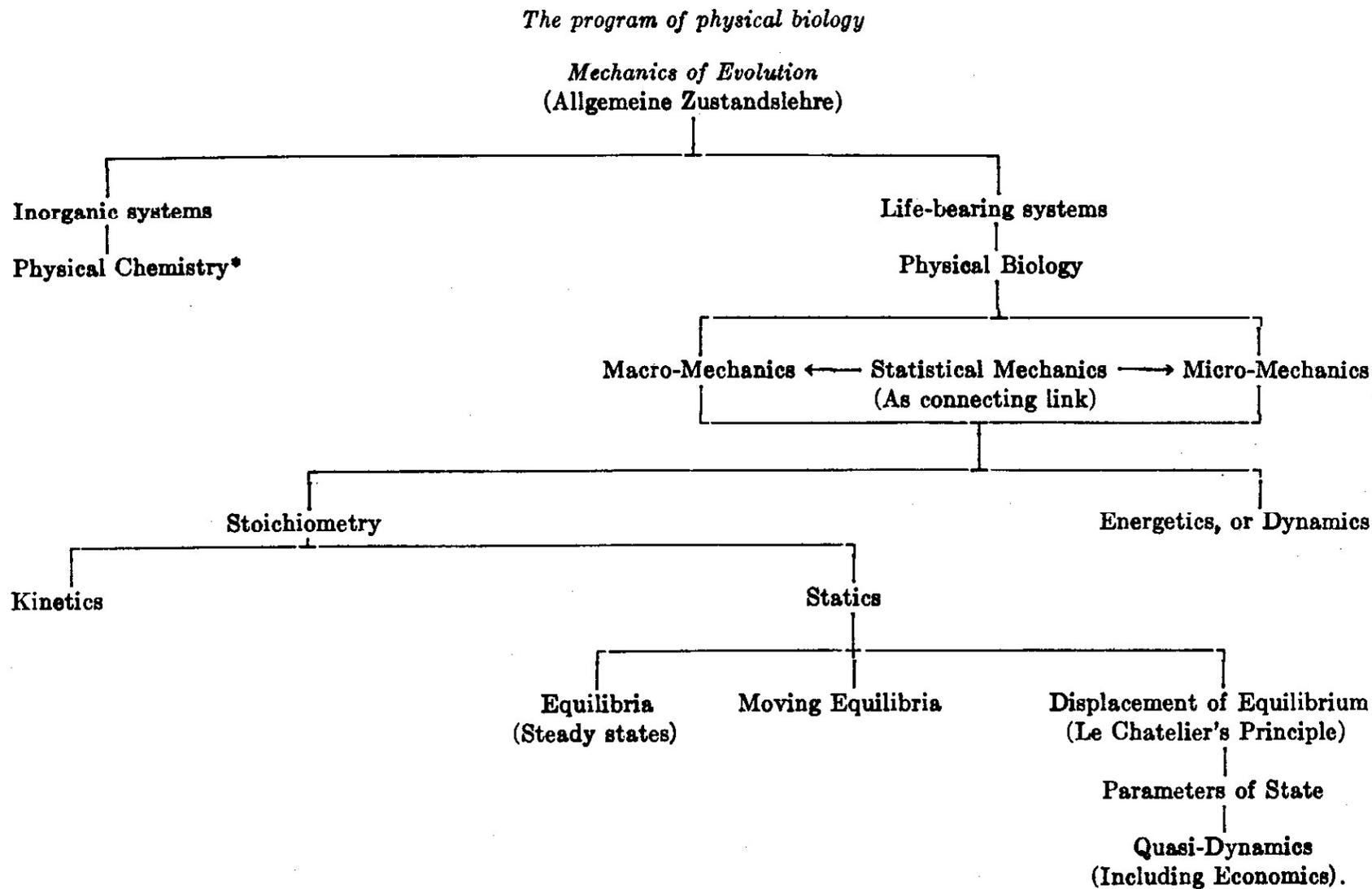
Que contiennent les « elements » ?

- Le monde est une gigantesque machine thermique
- Le monde est en évolution
- Les organismes vivants sont des échangeurs d'énergie
- Il faut développer une physique de la vie inspirée de la thermodynamique
- La compétition est réglée par une sorte de théorie des jeux (Herbert Spencer)
- Les communautés sont des systèmes dynamiques
 - D'où le modèle prédateur-proie et le modèle de compétition

Prédateurs, proies, compétiteurs

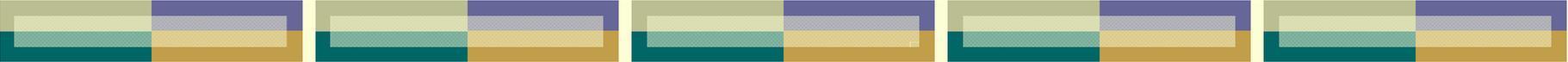


- Les systèmes dynamiques ont fait leur entrée en Biologie
- Référence est faite à Poincaré, Picard, Lyapunov
- L'analyse est très complète
- Bien que le chapitre soit court, c'est un travail de pionnier



* This term may here be taken to include the treatment of physical *Change of State* (evaporation, fusion, etc.).

FIGURE 2.1. Lotka's diagram showing the different parts of his program in physical biology.
(From A. J. Lotka, *Elements of Mathematical Biology*, New York: Dover Press, 1956, p. 53.)



L'épistémologie des « elements »

- *« Ce mage divisa en plusieurs parties ce qui n'avait pas besoin d'être divisé; il prouva méthodiquement tout ce qui était clair ; il enseigna tout ce qu'on savait; il se passionna froidement, et sortit suant et hors d'haleine. Toute l'assemblée alors se réveilla et crut avoir assisté à une instruction »*

- **Voltaire**

La fitness selon Lotka

- Aucun doute : la mesure de la fitness est r
- Et r est un paramètre d'**espèce**
- La valeur d'une « commodité » est égale à l'accroissement de fitness qu'elle confère :

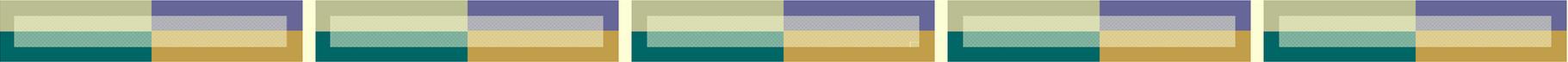
$$V_i = \frac{\partial r}{\partial m_i}$$

- ✦ La théorie est fondée sur la ressource, et pas sur la sélection naturelle.
- ✦ On est bien dans l'écologie !



Alfred Lotka : Théorie analytique des associations biologiques, 1934

- « *L'ordre d'idées qui a donné naissance à la théorie moderne de l'évolution organique est de nature **essentiellement quantitative**.*
- On sait que **Darwin autant que Wallace** a été mené à l'énoncé du principe de la survie du plus apte en réfléchissant sur le problème abordé par Malthus : comment le **nombre** des êtres vivants est-il maintenu entre les bornes que nous observons effectivement ?
- Par un hasard assez singulier, cet aspect du problème de l'évolution, qui semble-t-il, **aurait du être le premier** à attirer l'attention des biologistes **prédisposés à l'analyse mathématique**, n'a reçu leur pensée sérieuse que tout récemment...



Une certaine école...

- *...Une certaine école, il est vrai, **profitant** entre autres des travaux géniaux de Gregor Mendel, s'est **bien** occupée depuis des années de l'analyse biométrique appliquée aux questions de survie et de reproduction dans leur relation avec le problème de l'évolution organique,*
- ***mais**, dans leurs recherches, les disciples de cette école se sont **bornés** presque entièrement à la discussion des caractéristiques d'une seule espèce et des conséquences, en ce qui touche sa survie, de ces caractéristiques...*



Une lacune béante...

- *...L'interaction des diverses espèces entre elles et avec leur milieu ambiant a reçu tout au plus considération **passagère et incidente** de la part de ces auteurs. Les écologistes, par contre, se sont contentés presque entièrement **d'études empiriques** sur ce sujet.*
- *Il reste donc, dans la science biométrique une **lacune béante** Aujourd'hui nous voyons un groupe encore peu nombreux occupé à la combler. »*

Sir Ronald Aylmer Fisher



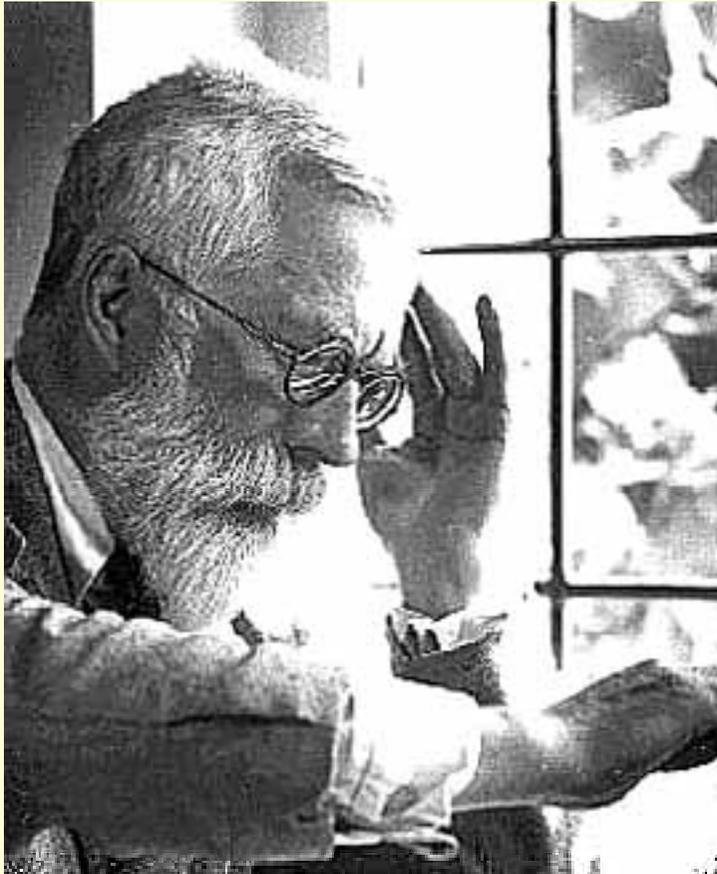
- Pionnier à la fois des statistiques probabilistes et de la génétique évolutive

Fisher statisticien



- Analyse de variance
- Théorie des plans d'expérience
- Maximum de vraisemblance
- Théorie des distributions
- Théorie de l'information
- Analyse de données

Fisher généticien



- Invente la génétique quantitative
- Renouvelle la sélection artificielle
- Invente les plans de croisement

Fisher évolutionniste



- Réconcilie la théorie de l'évolution avec les lois de Mendel
- Montre que le système mendélien est essentiel dans le darwinisme
- Démontre le « théorème fondamental de la sélection naturelle »
- Définit la fitness

Fisher eugéniste



- Un anglais aristocrate et conservateur
- Il propose de donner plus d'allocations familiales aux familles aisées
- En effet les pauvres se reproduisent trop, et l'élite... pas assez !



La fitness selon Fisher

- C'est le paramètre malthusien r (*GTNS*)
- Haldane précisera :
 - Espérance du nombre de descendants viables et reproducteurs



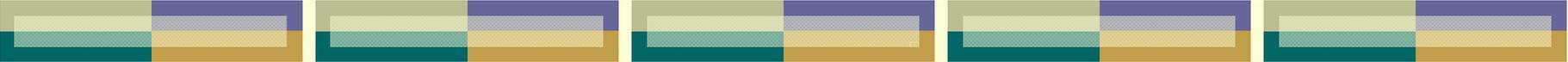
1927

- Genetical theory of Natural Selection (GTNS)
- Préface :
- « *Natural selection is not evolution* »
- *Index : le mot écologie (ecology) absent*

L'équation de Lotka

- 1927 Lotka trouve enfin un poste bien payé.
... A la Metropolitan Life Insurance Company
- Démographie humaine (actuarial data)
- Fonde l'American Population Association
- Accède à la notoriété comme démographe
- « équation de Lotka »

$$\int_0^{\infty} e^{-rx} l(x) m(x) dx = 1$$



Vers l'analyse des traits d'histoire de vie ?

- Non !
- Lotka ne fait plus aucune référence à la fitness
- r : croissance de la population
- $l(x)$ et $m(x)$ sont des faits sociaux, et non des éléments d'histoire naturelle
- Le Lotka écologiste est-il mort ?

THE ACTUARIAL TREATMENT OF OFFICIAL BIRTH RECORDS

By R. A. FISHER, D.Sc.

Eugenics Review, v. 19, p. 103-108 (1927)

The Malthusian rate of geometrical increase will be measured by m , which is defined so as to satisfy the equation

$$\int_0^{\infty} e^{-mx} l_x b_x dx = 1$$

If the expectation exceeds unity m will be positive, if it is less than unity m will be negative. The reproductive value of a man of age x is v_x , where

$$l_x e^{-mx} v_x = v_0 \int_x^{\infty} e^{-mt} l_t b_t dt.$$

where v_0 is taken equal to unity, if we wish to give unit value to a newly born boy. If v_0 is to be chosen so that in the steady state the total value of the population is equal to the number of heads, then

$$v_0 \int_0^{\infty} x e^{-mx} l_x b_x dx = \int_0^{\infty} e^{-mx} l_x dx.$$

and the value at all ages will be two or three times greater than on the previous convention.

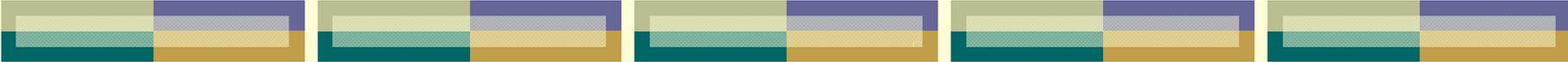
A landscape painting showing a mountain valley. In the foreground, there is a river with a rocky bed, surrounded by dense, dark green vegetation. The middle ground features a large, rugged mountain peak with a steep, rocky slope. The background shows more distant mountains under a cloudy sky. The overall color palette is dominated by greens, browns, and blues.

L'interaction se réduit
à...

Une querelle
d'antériorité

A detailed landscape painting showing a wide valley with a river or stream winding through it. The foreground is filled with dense, dark green and brown vegetation, including tall grasses and shrubs. In the middle ground, a river flows towards the viewer. The background features rugged, brown mountains under a sky with soft, white clouds. The overall style is characteristic of 19th-century landscape art.

**Lotka is exceedingly
touchy...**



La monnaie de l'évolution

- Fisher : Les coûts et bénéfices se mesurent en fitness
- Lotka : les coûts et bénéfices se mesurent en énergie. La fitness est un intermédiaire

A landscape painting of a mountain valley. The scene is dominated by a large, rugged mountain peak in the center, with a river flowing through a valley in the foreground. The vegetation is dense and varied, with tall grasses and shrubs in the foreground and more distant, forested slopes. The sky is filled with soft, white clouds, suggesting a bright but slightly overcast day. The overall color palette is warm, with earthy tones of brown, green, and yellow, accented by the white of the clouds and the blue of the river.

La Biosphère

Vladimir Vernadsky

Vladimir Vernadsky

1863-1947



- Créateur de la biogéochimie
 - Lithosphère
 - Atmosphère
 - Biosphère
 - technosphère
 - Noosphères

A dramatic landscape painting of a mountain valley. The scene is dominated by a large, rugged mountain peak in the center, with a river or stream flowing through the valley below. The sky is filled with heavy, dark clouds, suggesting an overcast or stormy atmosphere. The overall color palette is muted, with earthy tones and a sense of somberness.

Et ensuite ?

C'est la guerre.

Lorsqu'elle est fini, la
plupart des
protagonistes ont
disparu



La reconstitution de l'Ecologie après guerre

- UN seul labo, américain engendre le renouvellement
- Celui de Georges Llewellynn Hutchinson
- Directeur de thèse de
 - Howard Odum
 - Robert Mac Arthur

A landscape painting depicting a mountain valley. The scene is dominated by a large, rugged mountain peak in the center, with a river flowing through a valley below. The vegetation is sparse and appears to be recovering, with some green patches on the slopes and a riverbed filled with rocks and debris. The sky is filled with soft, white clouds, suggesting a bright but slightly overcast day. The overall tone is somber and contemplative, reflecting the aftermath of a conflict.

L'après guerre

1945 et ensuite

A painting of a mountain valley with a river and dense vegetation. The scene is rendered in a style that suggests a naturalistic or impressionistic approach, with a focus on light and color. The mountains are in the background, and the foreground is filled with a river and various plants. The overall mood is serene and natural.

Georges Evelyn Hutchinson et ses élèves

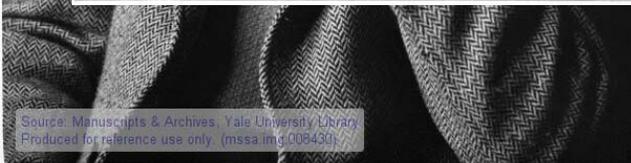
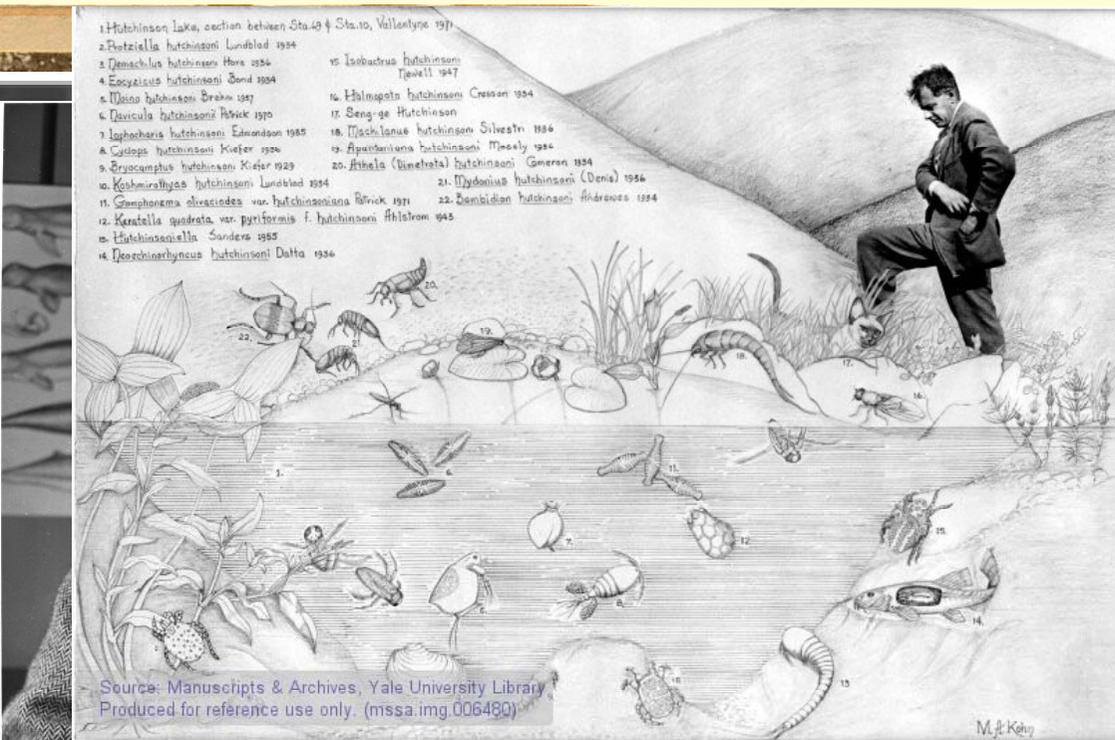
Une nouvelle vague

Georges Evelyn Hutchinson (1903-1991)



- La niche multidimensionnelle
- La limnologie
 - Lindemann
 - Robert MacArthur
 - Howard Odum
- 1965 :The Ecological Theater and the Evolutionary Play

Georges Evelyn Hutchinson (1903-1991)



Raymond Lindeman, 1915-1942



- Un écologiste exceptionnellement brillant, décédé à l'âge de 27 ans
- On lui doit une redéfinition de l'écosystème

Raymond Lindeman, 1915-1942

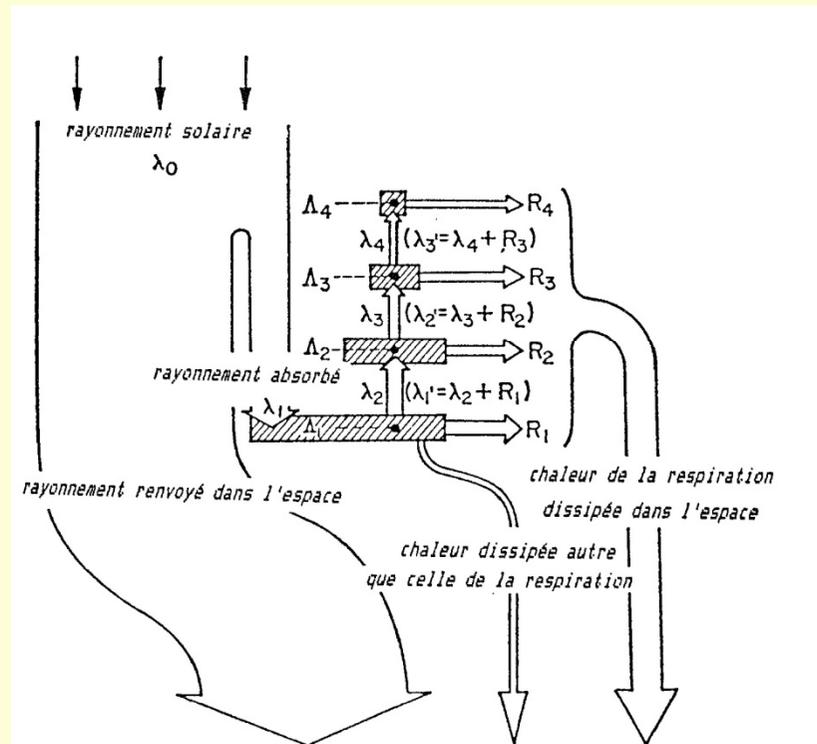
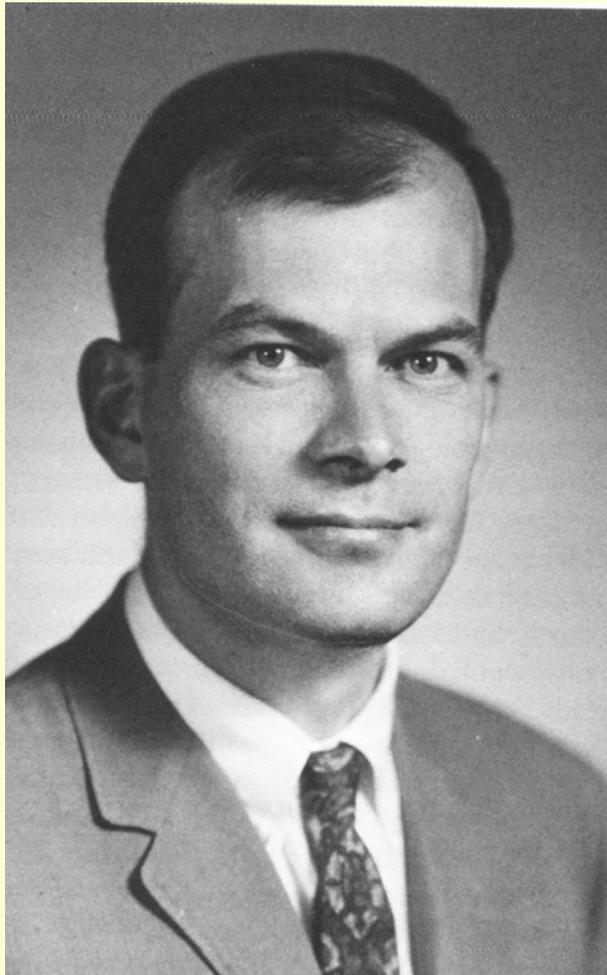


Figure 6. — Diagramme représentant le concept trophique-dynamique de Lindeman.

Source: d'après PHILLIPSON John, « Ecological Energetics ». Studies in Biology, Londres, Edward Arnold, 1966, n° 1, p. 16.

Robert Helmer MacArthur

1930-1972



- Un météore: une carrière de quinze années
- Une révolution scientifique
- Espace, métapopulations
- Sélection r et sélection k
- Stratégies
biodémographiques
- Professeur à Princeton
- Fondateur de Theoretical
Population Biology

Howard Odum

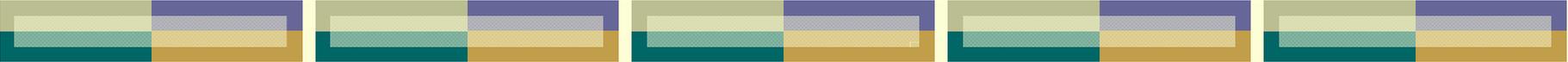


- Apogée et systématisation de la théorie thermodynamique
- Simulation des écosystèmes
- Généralisation et approfondissement de Lindeman
- Plus loin que jamais de l'évolution



Bodenheimer 1955

- Précis d'Ecologie, Payot, Paris
- Génétique et Ecologie : 2 pages sur 315
- Citation :
 - « *Et aucune écologie physique d'aucune espèce animale n'est complète sans l'exploration de la base héréditaire de réactions. On peut ajouter qu'à l'heure actuelle la génétique est à un stade beaucoup plus avancé en ce qui concerne les connaissances expérimentales et les méthodes de recherche que l'écologie. Ceci est au détriment des deux. L'étude de Lymantria par Goldschmidt et les progrès récents dans la génétique des populations montrent l'avantage que ces deux branches intriquées de la Biologie peuvent gagner par une coopération intime.* »



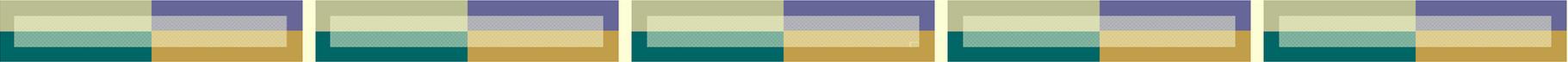
Où est la difficulté ?

Evolution

- Cadre théorique fort : la fitness ou valeur adaptative
- Intra-espèce
- Biologie des populations
- Echelle de temps longue

Ecologie

- Cadre théorique fort : les systèmes dynamiques
- Inter-espèces, voir inter-communautés
- Biologie des communautés et des écosystèmes
- Instant présent



Où sont les points de rencontre ?

● L'individu

- Ecophysiologie
- Traits de vie, écologie comportementale

● La population

- Mutation, sélection, dispersion, dérive
- Fragmentation, écologie du paysage

● Les communautés

- Récemment : phylogeographie, phylogenèse et assemblage des communautés

HISTOIRE DE L'ÉCOLOGIE

- Kingsland S.I. Modeling Nature
 - Episodes in the history of Population Ecology - *The university of Chicago press*
- Pascal Acot :
 - Histoire de l'Écologie - *PUF*
- Jean-Paul Deléage :
 - Histoire de l'Écologie - Une science de l'homme et de la nature - *La découverte*
- Jean-Marc Drouin
 - L'écologie et son histoire – *Champs, Flammarion*
- Peter Crowcroft
 - Elton's Ecologists – a history of the bureau of animal populations – *The university of Chicago press*

