



LA NICHE ECOLOGIQUE

CONCEPTS, MODELES, APPLICATIONS

15/12/2010

Arnaud Pocheville
Régis Ferrière & Philippe Huneman
Laboratoire Ecologie et Evolution

Introduction

- Histoire du concept de niche

La théorie évolutive étendue

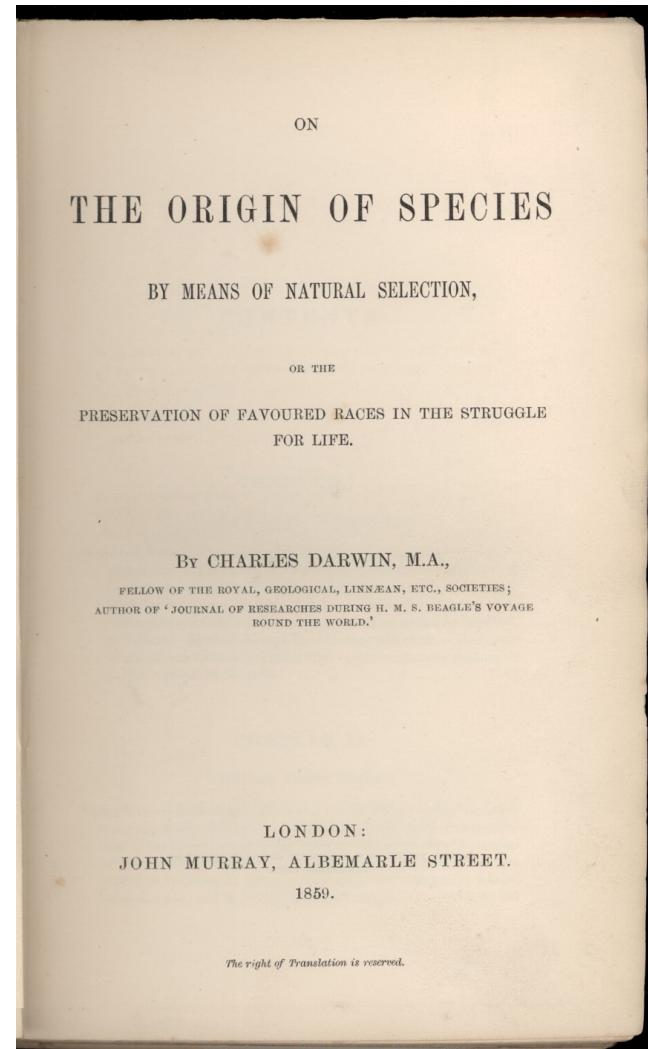
- Théorie standard
- Construction de niche
- Échelles temporelles

Application: thérapies géniques et construction de niche cellulaire

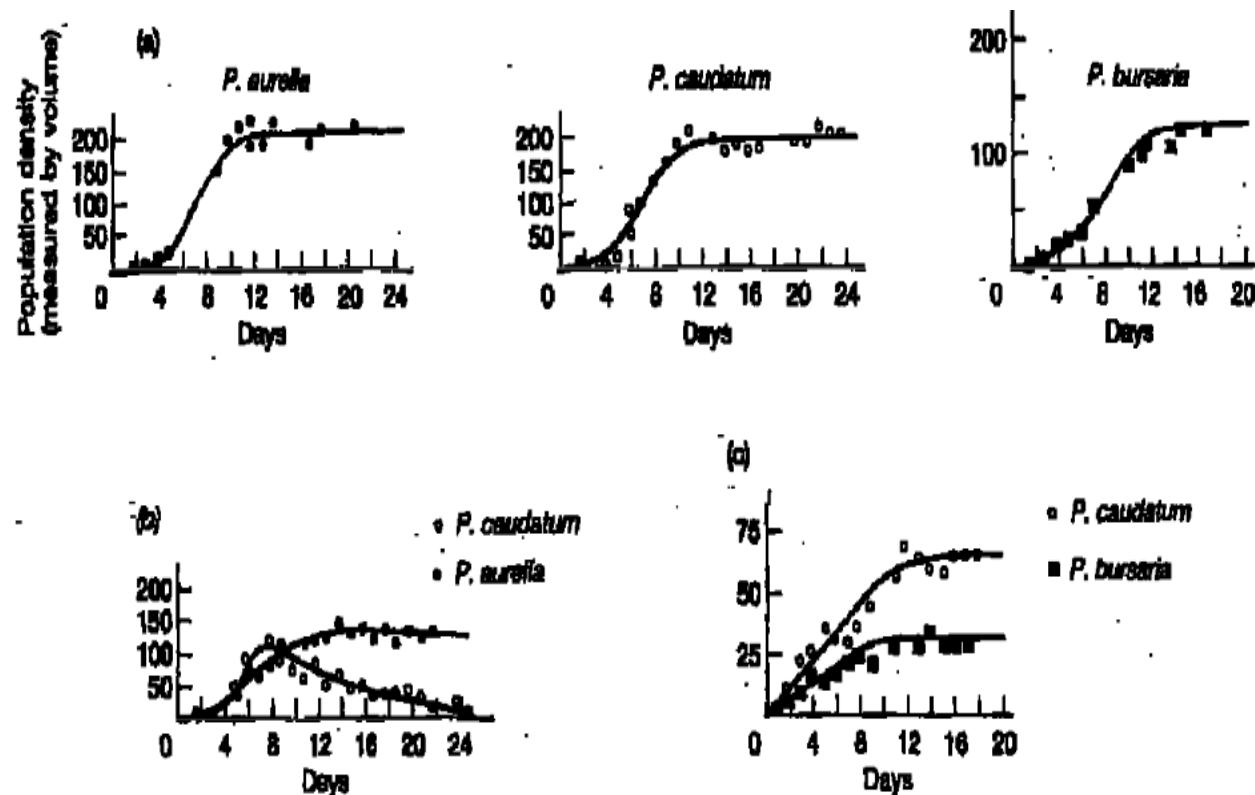
- Question d'échelles

Introduction

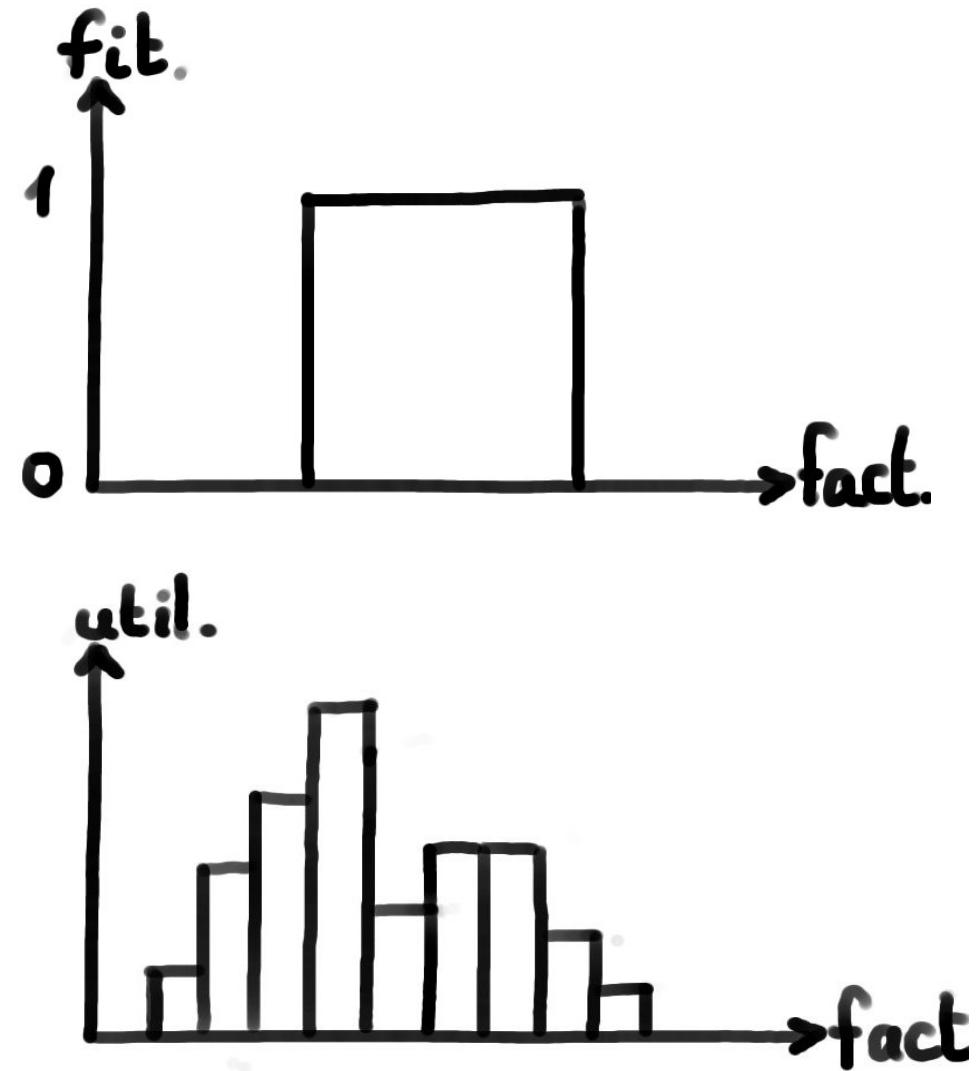
- Place dans l'écosystème
 - Grinnell 1917, Elton 1927
 - Invariants: équivalents écologiques
- Principe d'exclusion compétitive
 - lutte pour la survie
 - *a priori* ou empirique
- Expérimentations
- Formalisation
- Difficultés



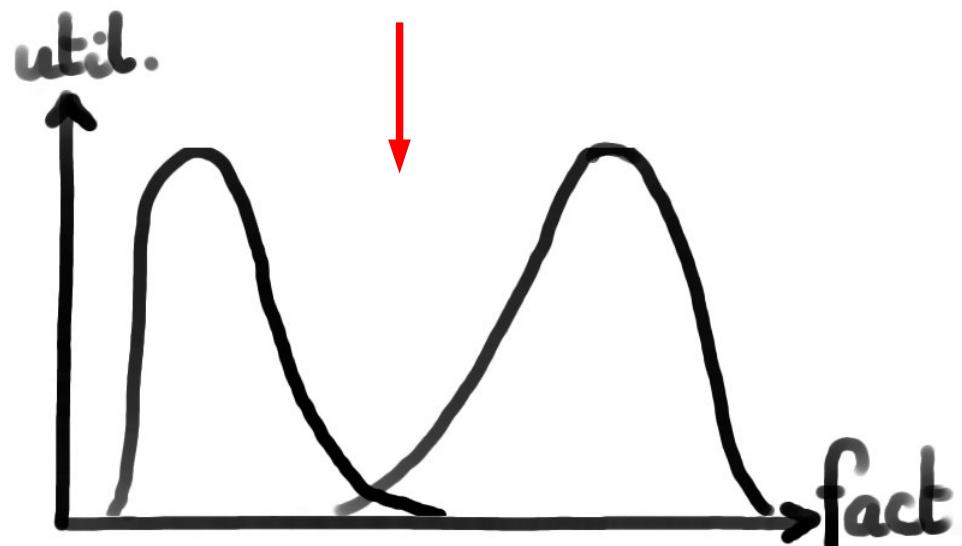
- Place dans l'écosystème
- Principe d'exclusion compétitive
- Expérimentations
 - Gause (1934)
 - Park (1948)
 - Dynamique des populations
- Formalisation
- Difficultés



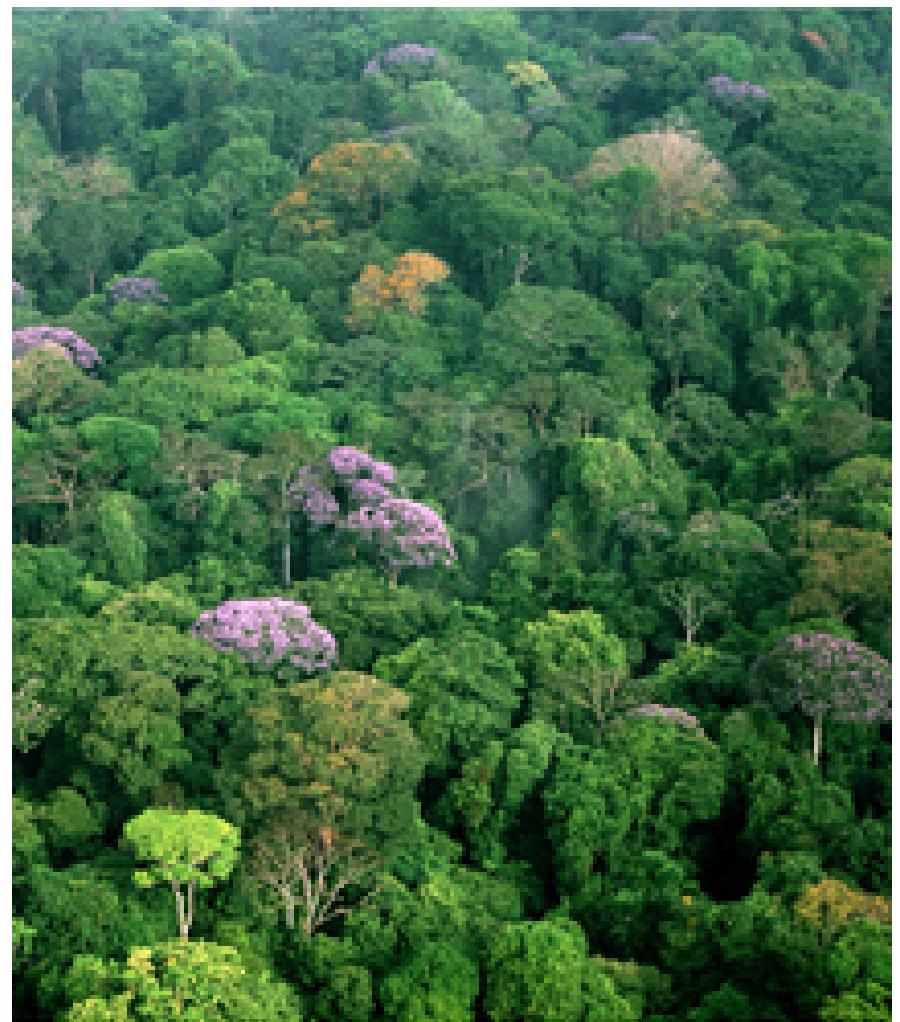
- Place dans l'écosystème
- Principe d'exclusion compétitive
- Expérimentations
- Formalisation
 - Hutchinson (1957), MacArthur & Levins (1967)
 - Viabilité ou utilisation: réponses
 - Niche, recouvrement: variables (compétition)
 - Invariance structurelle comme *explanandum*
- Difficultés



- Place dans l'écosystème
- Principe d'exclusion compétitive
- Expérimentations
- Formalisation
 - Hutchinson (1957), MacArthur & Levins (1967)
 - Viabilité ou utilisation: réponses
 - Niche, recouvrement: variables (compétition)
 - Invariance structurelle comme *explanandum*
- Difficultés



- Place dans l'écosystème
- Principe d'exclusion compétitive
- Expérimentations
- Formalisation
- Difficultés
 - Définition
 - Généralité
 - Mécanisme
 - Neutralisme



La théorie évolutive étendue

Théorie “standard” de la sélection

Conditions

- Hérédité (variabilité)
- Fitness

Séparation génotype / phénotype

- gènes: temps long
- phénotype: temps court
- non-héritabilité génétique des caractères acquis

Distinction ontogénèse / évolution

Séparation d'échelles temporelles onto / évo

- Onto: court (causes proximales) (Mayr 1961)
- Evo: long (causes ultimes)
- Ontogénèse instantanée / Evolution immobile

Théorie “standard” de la sélection

Conditions

- Hérédité (variabilité)
- Fitness

Séparation génotype / phénotype

- gènes: temps long
- phénotype: temps court
- non-héritabilité génétique des caractères acquis

Distinction ontogénèse / évolution

Séparation d'échelles temporelles onto / évo

- Onto: court (causes proximales) (Mayr 1961)
- Evo: long (causes ultimes)
- Ontogénèse instantanée / Evolution immobile

Théorie “standard” de la sélection

Conditions

- Hérédité (variabilité)
- Fitness

Séparation génotype / phénotype

- gènes: temps long
- phénotype: temps court
- non-héritabilité génétique des caractères acquis

Distinction ontogénèse / évolution

Séparation d'échelles temporelles onto / évo

- Onto: court (causes proximales) (Mayr 1961)
- Evo: long (causes ultimes)
- Ontogénèse instantanée / Evolution immobile

Théorie “standard” de la sélection

Conditions

- Hérédité (variabilité)
- Fitness

Séparation génotype / phénotype

- gènes: temps long
- phénotype: temps court
- non-héritabilité génétique des caractères acquis

Distinction ontogénèse / évolution

Séparation d'échelles temporelles onto / évo

- Onto: court (causes proximales) (Mayr 1961)
- Evo: long (causes ultimes)
- Ontogénèse instantanée / Evolution immobile

Ontogénèse

- $dE/dt = o(g, E)$
- $dg/dt = 0$

Sélection

- $dg/dt = s(g, E)$
- $dE/dt = f(E)$

- “As long as the conditions of life remain the same, we have reason to believe that a modification, which has already been inherited for many generations, may continue to be **inherited for an almost infinite number of generations.**” (Darwin 1859:466)
- “The mind cannot possibly grasp the full meaning of the term of a hundred million years; it cannot add up and perceive the full effects of many **slight variations, accumulated during an almost infinite number of generations.**” (Darwin 1859:481)

Lewontin

- Externalisme
 - $dO/dt = f(E, O)$
 - $dE/dt = h(E)$
- Constructionnisme
 - $dO/dt = f(E, O)$
 - $dE/dt = h(E, O)$

“Organisms do not adapt to their environments, they construct them out of the bits and pieces of the external world.” (1983:280)



Lewontin

- Externalisme
 - $dO/dt = f(E, O)$
 - $dE/dt = h(E)$
- Constructionnisme
 - $dO/dt = f(E, O)$
 - $dE/dt = h(E, O)$

Théorie évolutive étendue

“Organisms do not adapt to their environments, they construct them out of the bits and pieces of the external world.” (1983:280)



Lewontin / Théorie étendue

- Externalisme
 - $dO/dt = f(E, O)$
 - $dE/dt = h(E)$
- Constructionnisme
 - $dO/dt = f(E, O)$
 - $dE/dt = h(E, O)$

“Organisms do not adapt to their environments, they construct them out of the bits and pieces of the external world.” (1983:280)

Standard

Ontogénèse

- $dE/dt = o(g, E)$
- $dg/dt = 0$

Sélection

- $dg/dt = s(g, E)$
- $dE/dt = f(E)$

Lewontin / Théorie étendue

- Externalisme
 - $dO/dt = f(E, O)$
 - $dE/dt = h(E)$
- Constructionnisme
 - $dO/dt = f(E, O)$
 - $dE/dt = h(E, O)$

“Organisms do not adapt to their environments, they construct them out of the bits and pieces of the external world.” (1983:280)

Standard

Ontogénèse

- $dE/dt = o(g, E)$
- $dg/dt = 0$

Sélection

- $dg/dt = s(g, E)$
- $dE/dt = f(E)$

La théorie de la construction de niche (= théorie évolutive étendue)

- Odling-Smee (1988), Odling-Smee et al (2003)

Niche construction

- “The process whereby organisms, through their metabolism, their activities, and their choices, **modify their own and/or each other's niche**” (2003:419)

Niche

- The sum of all the natural **selection pressures** to which the population is exposed.
- $N(t) = h(O, E)$

La théorie de la construction de niche (= théorie évolutive étendue)

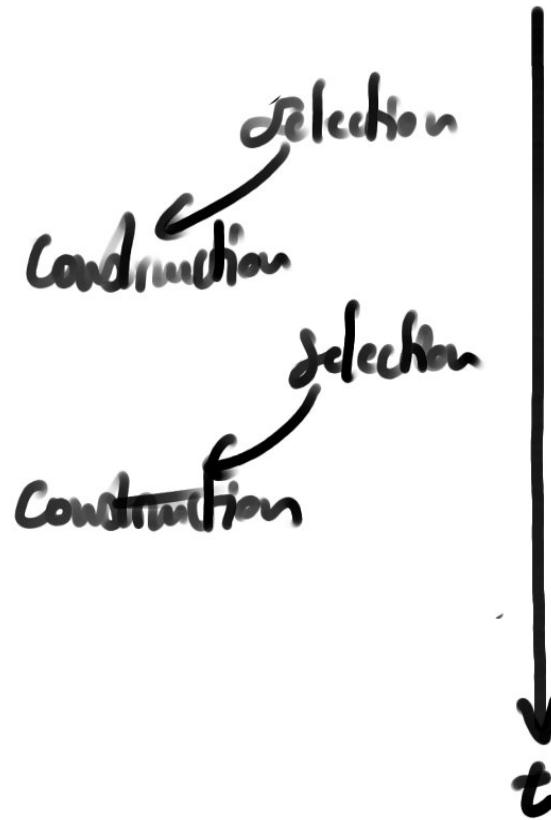
- Odling-Smee (1988), Odling-Smee et al (2003)

Niche construction

- “The process whereby organisms, through their metabolism, their activities, and their choices, **modify their own and/or each other's niche**” (2003:419)

Niche

- The sum of all the natural **selection pressures** to which the population is exposed.
- $N(t) = h(O, E)$



La théorie de la construction de niche (= théorie évolutive étendue)

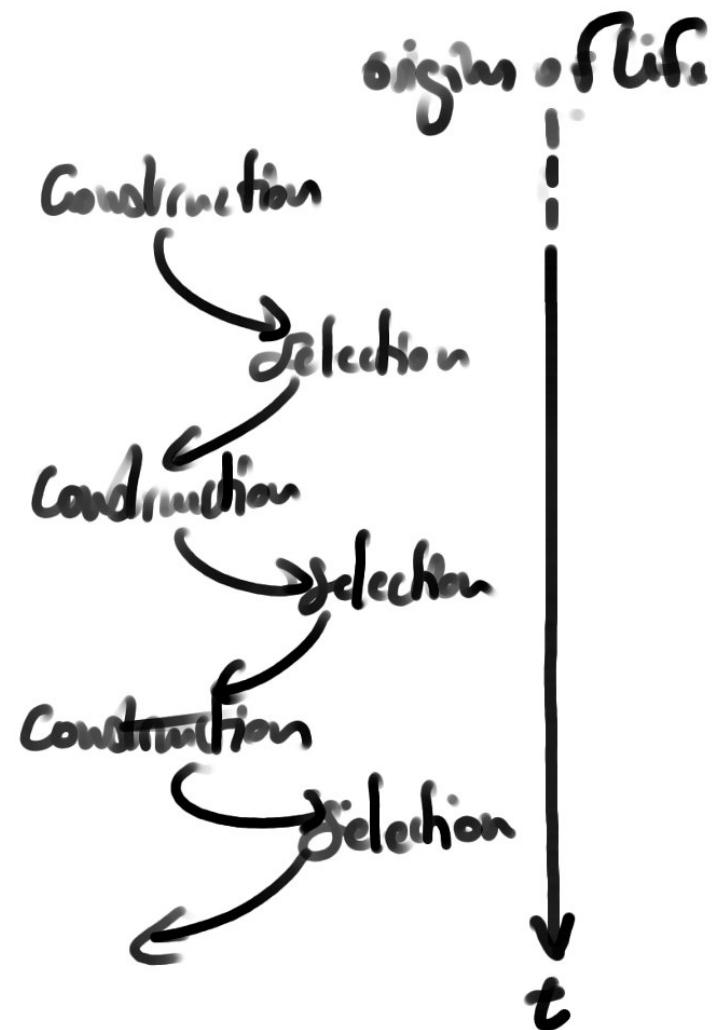
- Odling-Smee (1988), Odling-Smee et al (2003)

Niche construction

- “The process whereby organisms, through their metabolism, their activities, and their choices, **modify their own and/or each other's niche**” (2003:419)

Niche

- The sum of all the natural **selection pressures** to which the population is exposed.
- $N(t) = h(O, E)$



Séparations d'échelles

- construction << sélection
- construction >> sélection
- construction \approx sélection

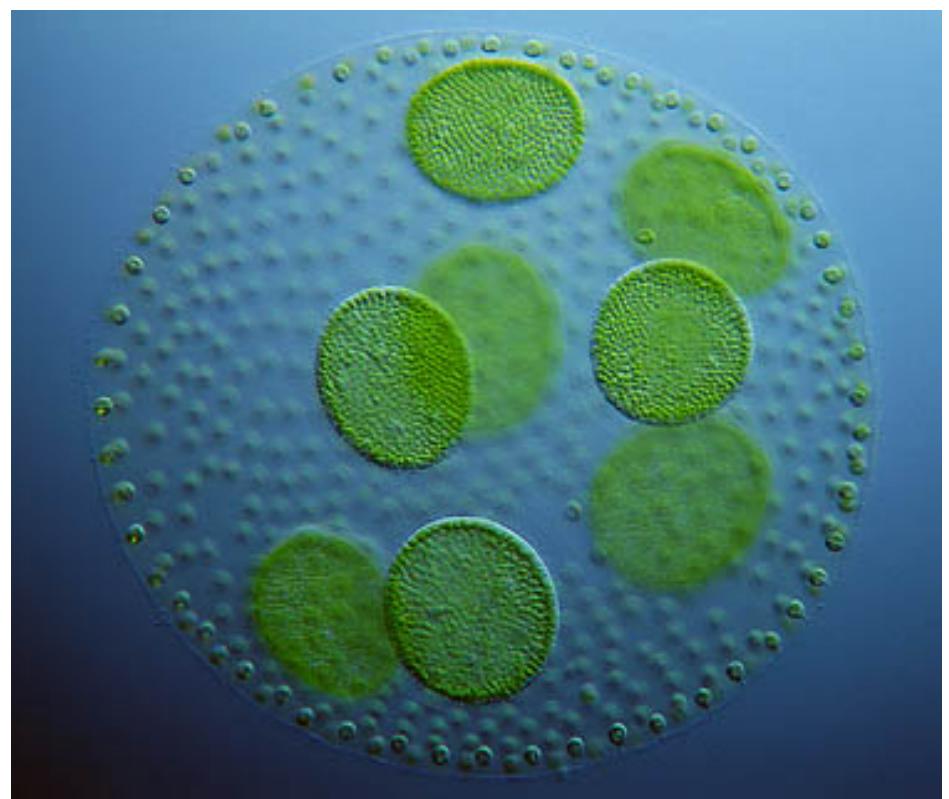
Séparations d'échelles

- construction << sélection
 - Sélection faible
 - Phénotypes additifs
 - $\sum R(t)B(t) - C > 0$
 - (Lehman 2009)
- construction >> sélection
- construction \approx sélection



Séparations d'échelles

- construction << sélection
- construction >> sélection
- construction \approx sélection



Séparations d'échelles

- construction << sélection
- construction >> sélection
- construction \approx sélection



“L'ontogénèse n'est pas séparable de la sélection”

Adaptation

- « There are in fact two logically distinct routes to the evolving **match** between organisms and their environments: either **the organism changes** to suit the environment, or **the environment is changed** to suit the organism. » (Odling-Smee *et al.* 2003:18)



Conclusions

- séparabilité vs non-séparabilité
- non-séparabilité: conceptuel, empirique
- adaptation

Thérapie génique & construction de niche cellulaire

avec Maël Montévil

Question thérapeutique

- Maladie monogénique rare (ADA-SCID)
- Apoptose prématuée des lymphocytes
- Compromis injections d'enzyme / prise de l'auto-greffe

Thérapie génique d'un point de vue écologique

- Gestion d'une espèce invasive
- Niche: nutriments, facteurs de croissance, etc
- Ecosystem engineering extra / intra organisme

Questions de modélisation

- Quelle densité dépendance?
- Quel ordre?
- Quel effet de l'enzyme?

Question thérapeutique

- Maladie monogénique rare (ADA-SCID)
- Apoptose prématuée des lymphocytes
- Compromis injections d'enzyme / prise de l'auto-greffe

Thérapie génique d'un point de vue écologique

- Gestion d'une espèce invasive
- Niche: nutriments, facteurs de croissance, etc
- Ecosystem engineering extra / intra organisme

Questions de modélisation

- Quelle densité dépendance?
- Quel ordre?
- Quel effet de l'enzyme?

Question thérapeutique

- Maladie monogénique rare (ADA-SCID)
- Apoptose prématuée des lymphocytes
- Compromis injections d'enzyme / prise de l'auto-greffe

Thérapie génique d'un point de vue écologique

- Gestion d'une espèce invasive
- Niche: nutriments, facteurs de croissance, etc
- Ecosystem engineering extra / intra organisme

Questions de modélisation

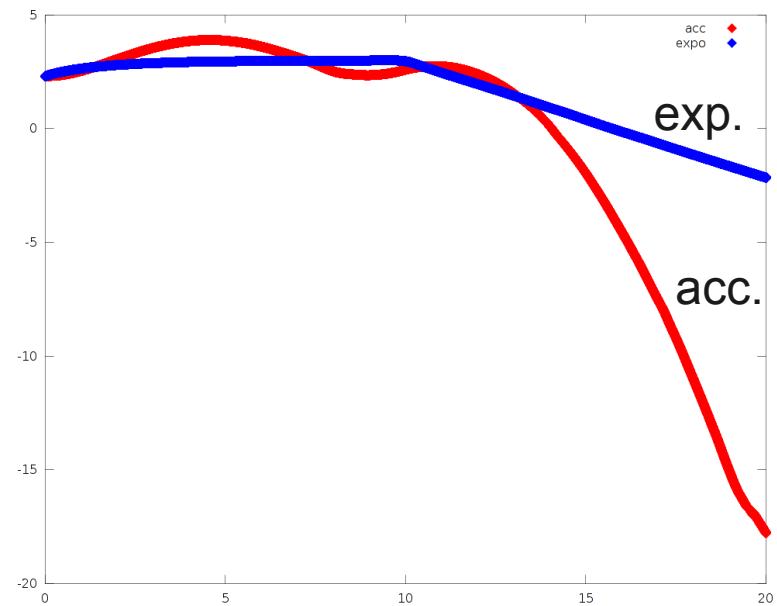
- Quelle densité dépendance?
- Quel ordre?
- Quel effet de l'enzyme?

Densité-dépendance

- Verhulst (1838)
 - $dN/Ndt = a - bN$
- Beverton & Holt (1957)
 - $dN/Ndt = a / (b + N) - m$

Ordre

- Verhulst
 - $dN/Ndt = r(t)$
- Ginzburg & Colyvan (2004)
 - $dr/dt = d(dN/Ndt)/dt$



Ordre 1

- $dG/Gdt = a/(A+G) - m - c$
- $dA/Adt = a/(A+G) - m - d \theta(E)$
- $dE/dt = -E/\tau + i + e G$

- m : mortalité

Ordre 2

- $dr_G/dt = a/(A+G) - m - c$
- $dr_A/dt = a/(A+G) - m - d \theta(E)$
- $dE/dt = \text{idem}$

- m : métabolisme

Coexistence

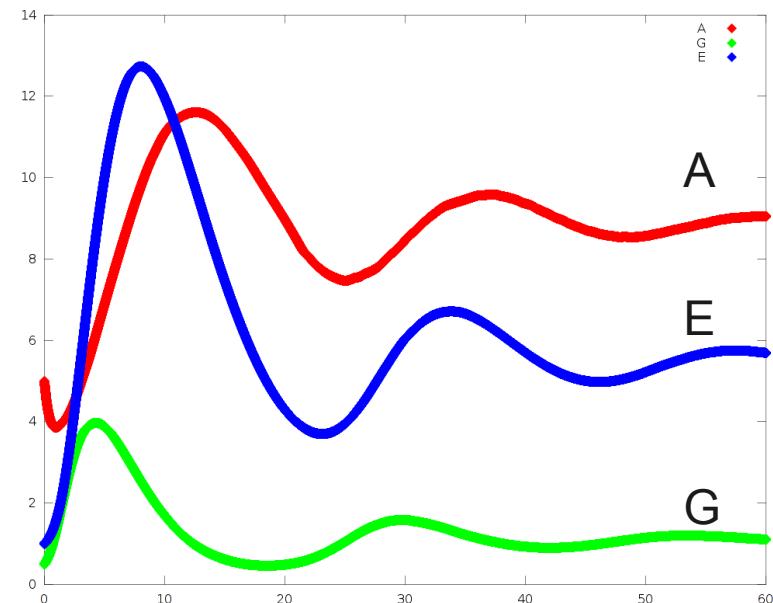
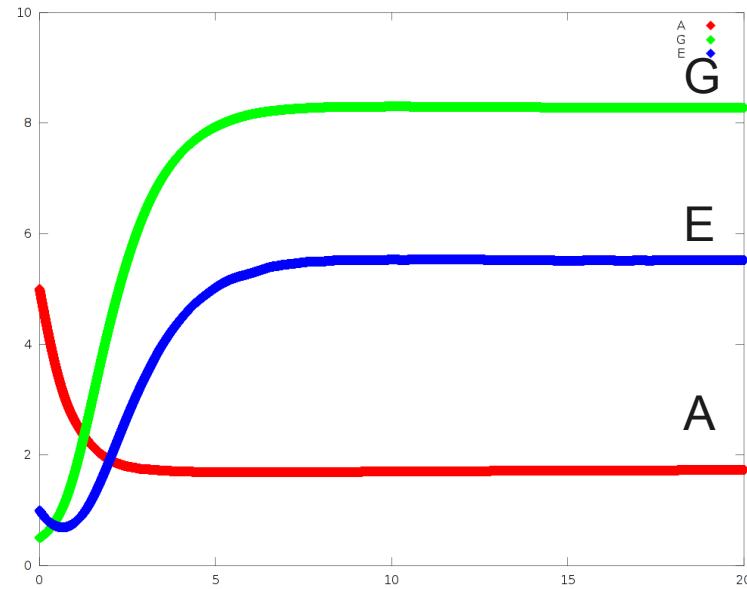
- Si $d > c$
- G^* diminue avec i
- $E^* = f(d,c)$: indépendant de G^* et de i

(ordre 1 & 2)

- G : génétiquement modifiées
- A : autochtones
- d : déficience, c : coût
- i : injection

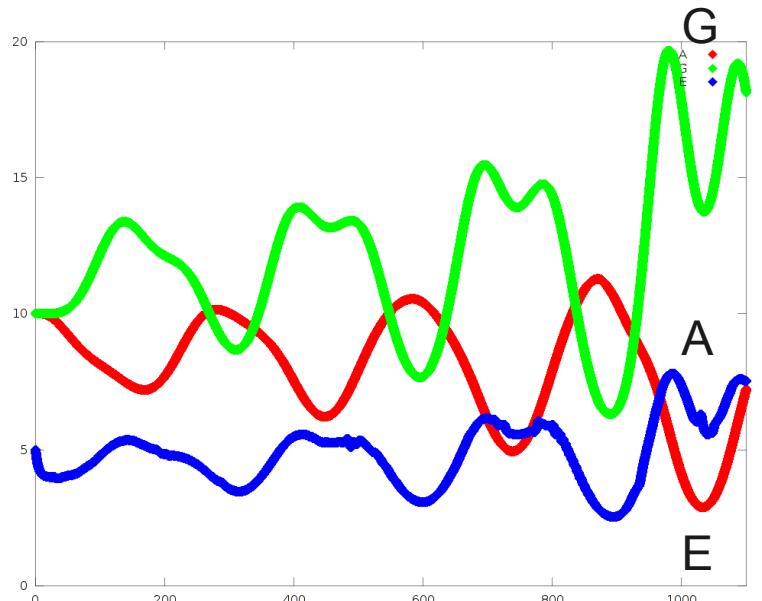
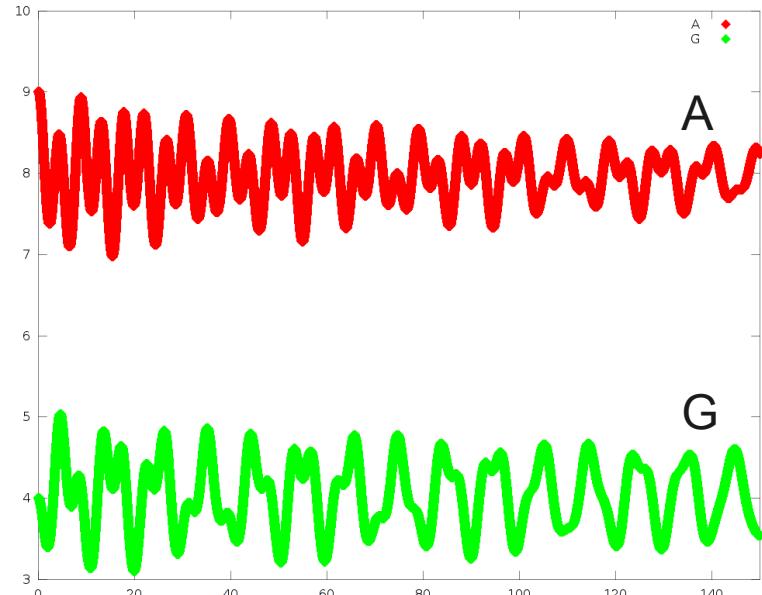
Ordre 1

- Convergence exponentielle
- Oscillations amorties
- Instabilité?



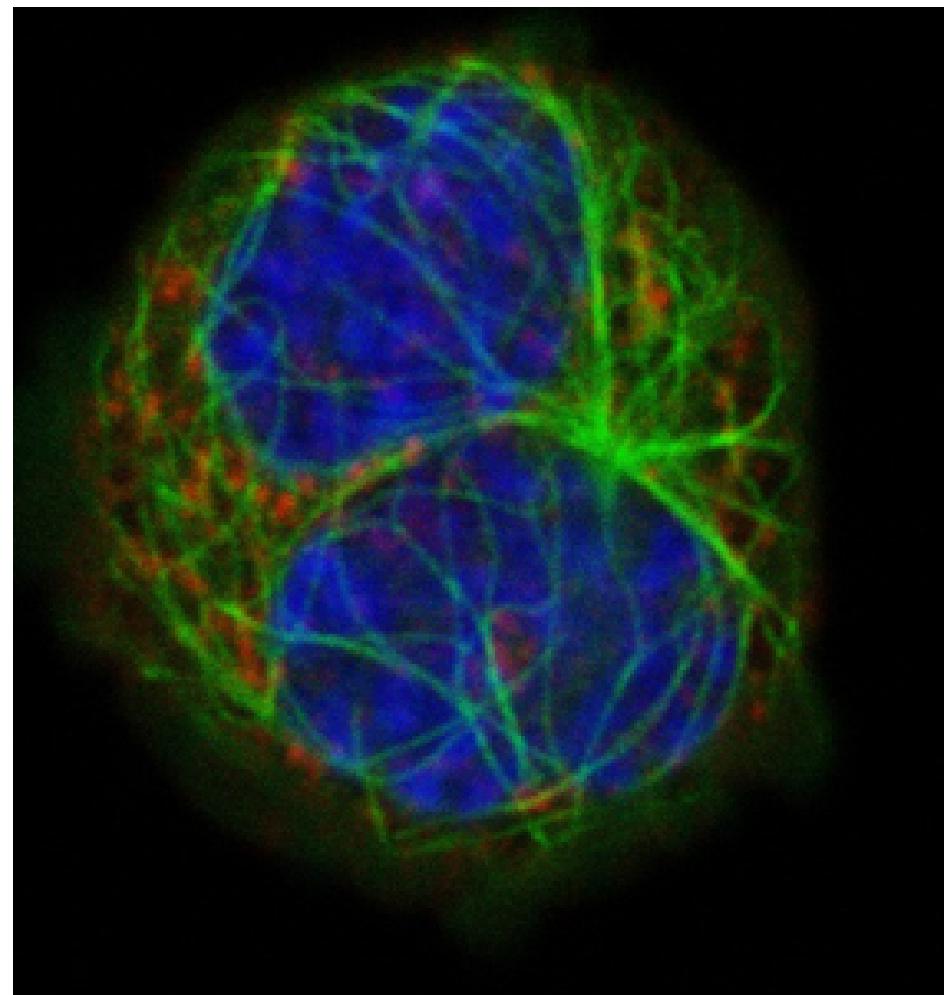
Ordre 2

- Avec séparation de l'enzyme
 - Oscillations
 - Oscillations amplifiées
- Sans séparation
 - Oscillations amplifiées



Conclusions

- inertie démographique
 - pulsation propre
- niche
 - non linéarité
 - inertie



Perspectives

- Gene ou organisme
- Couplages
 - Intra-organismes
 - Inter-organismes
- Cellule souche ou communauté-souche

Allegro con brio. $\text{d} = 60$

11.

Lento.

p tenuto

pp rit.

f risoluto

marcato *

dimin. -

Ped.

mf

sempre marcato *

cresc. 2

Remerciements

Annick Lescot, Antoni Naracho, Antoine Nicoghiu, Ariel Lindner, Bernard Hennion, Céline Garrigou, Clive Jones, Eléonore Denchin, Evelyn Fox Keller, Famille & Co, Faustine Zivković, Fondation Bettencourt-Schuller, Francesco Merlin, François Taddei, François Mallard, François Blanquet, François Murez, Frantz Depaix, Frédéric Bouchard, Guillaume Beslon, Hugo Viciana, Johannes Martens, Laura Gruber, Laurent Arnout, Laurent Valat, Louis Ribol-Saclo, Lucie Laprade, Maike Monlevé, Marc Silberman, Marie-Claude Lorme, Marine Francis, Marine Brethous, Matteo Mossio, Michel Lureau, Michel Morange, Michel Volvitch, Minus Van Balen, Pascalle Vitorge, Philippa Huisman, Régis Ferrière, Rozin Agaké, Samuel Bézat, Sara Francischetti, Sébastien Bézat, Sophie Heinrich, Stéphanie Daudy, Thérèse Fluck, Thomas Pradez, Toulis ISEM



Famille de modèles

Famille de modèles

Fréquence *indépendance*

- Environnement sélectif invariant
 - $E(t) = E$
- Environnement autonome
 - $E(t) = f(E(t'), t' < t)$

Fréquence dépendance

- $E(t) = f(G(t))$

Niche construction

- $E(t) = f(G(t'), t' \leq t)$
- $E(t) = f(G(t), E(t'), t' < t)$