Biodiversité
la comprendre pour la pérenniser

Le vivant : complexité, biodiversité, relations et expérience
Séance 2

5 avril 2023 - Bar La Brassée - Montréal

Paul SAVARY

UPOP montréal





Crédits dessins : Phylopic. Kareemov - The noun project

1. **Quelques rappels introductifs**
2. **La biodiversité : de quoi s'agit-il ?**
3. **Impact de l'humain sur la biodiversité**
4. **Problèmes et solutions : considérations critiques**
5. **Et maintenant, que faire ?**



Le vivant : produit de trois évolutions

- Évolution **cosmique**

"*Nous sommes faits de poussières d'étoiles.*"

Hubert Reeves

- Évolution **chimique**

"*La chimie est à la biologie ce que le solfège est à la musique.*"

Pierre Potier

- Évolution **biologique**

"*Nothing makes sense, except in the light of evolution.*"

Theodosius Dobzhansky

Le vivant : produit de trois évolutions

- Évolution **cosmique**

"*Nous sommes faits de poussières d'étoiles.*"

Hubert Reeves

Physique

- Évolution **chimique**

"*La chimie est à la biologie ce que le solfège est à la musique.*"

Pierre Potier

Chimie

- Évolution **biologique**

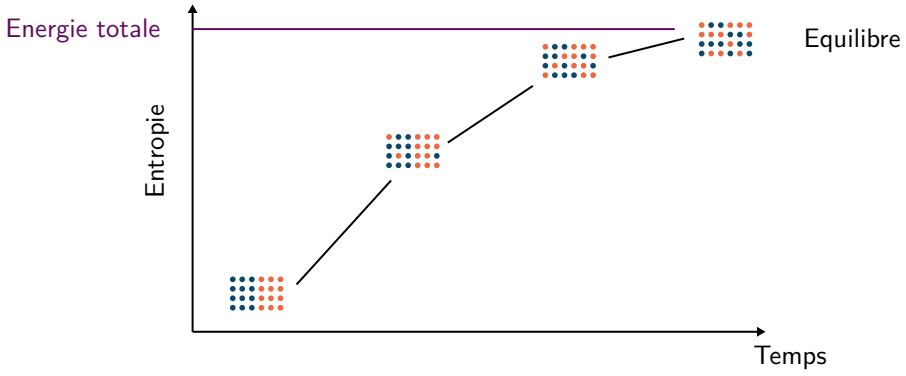
"*Nothing makes sense, except in the light of evolution.*"

Theodosius Dobzhansky

Biologie

Contraintes physiques : les lois de la thermodynamique

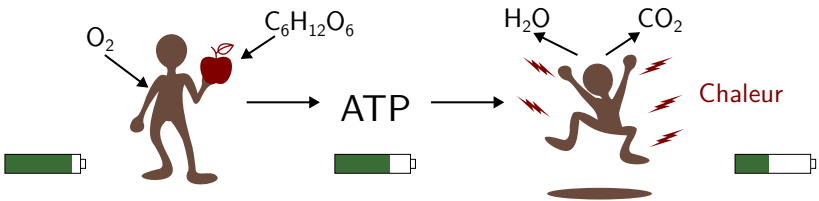
- 1re loi : l'énergie totale d'un système fermé se conserve.
- 2e loi : l'entropie d'un système fermé augmente ou reste constante.



Schémas : inspirés par Sean Carroll

Contraintes physiques : les lois de la thermodynamique

- 1re loi : l'énergie totale d'un système fermé se conserve.
- 2e loi : l'entropie d'un système fermé augmente ou reste constante.



$C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 = 6\ CO_2 + 6\ H_2O +$ Chaleur

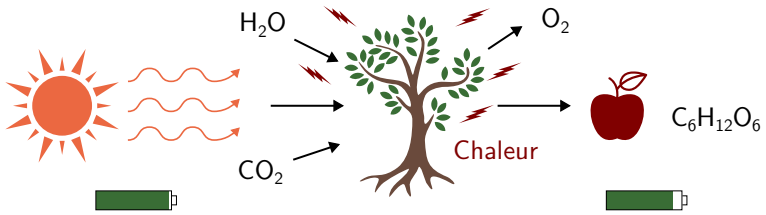
(Sucre + Oxygène = Dioxyde de carbone + Eau + Chaleur)

Augmentation de l'entropie →

Schémas : inspirés par Sean Carroll

Contraintes physiques : les lois de la thermodynamique

- 1re loi : l'énergie totale d'un système fermé se conserve.
- 2e loi : l'entropie d'un système fermé augmente ou reste constante.



Energie solaire + 6 CO_2 + 6 H_2O = $C_6H_{12}O_6$ + 6 O_2 + Chaleur

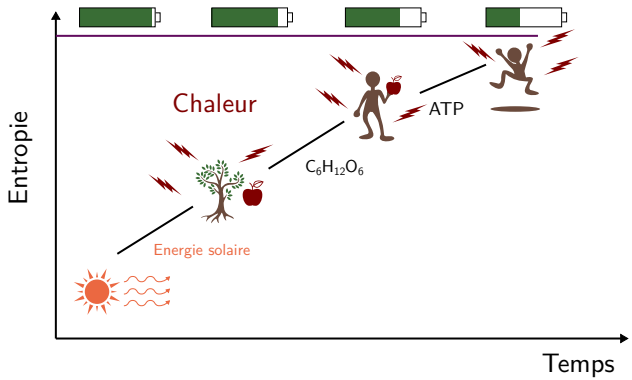
(Energie solaire + Dioxyde de carbone + Eau = Sucre + Oxygène + Chaleur)

Augmentation de l'entropie →

Schémas : inspirés par Sean Carroll

Contraintes physiques : les lois de la thermodynamique

- Mais alors, **pourquoi le vivant est-il ordonné ?**



C'est une **structure dissipative**
(localement ordonnée)
qui contribue à l'augmentation
globale de l'entropie
(autour de lui).

Schémas : inspirés par Sean Carroll, Structures dissipatives : décrites par Ilya Prigogine, Nobel de chimie 1977

Une structure dissipative particulière

- **Structures dissipatives**

Cyclone

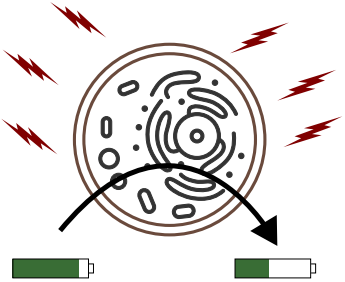


"Jardin chimique"

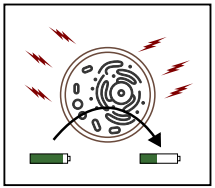


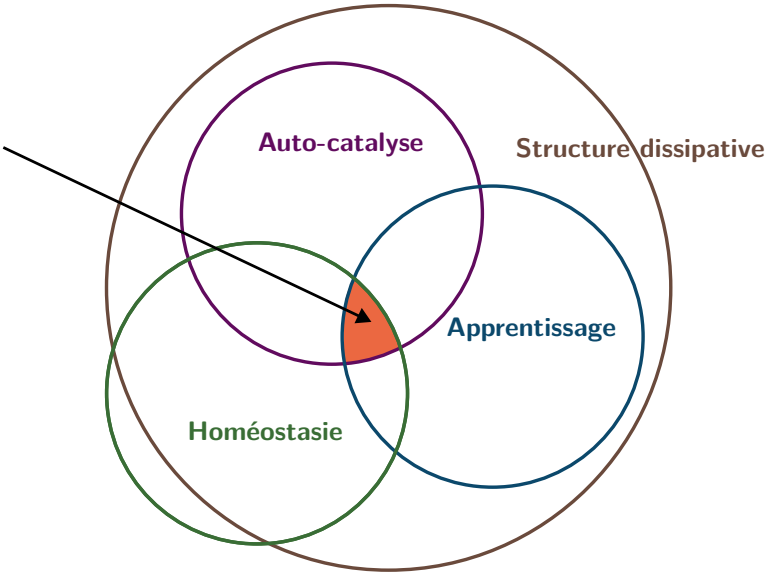
Forêt
(*vivante*)





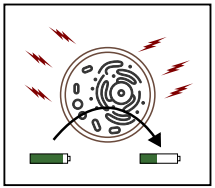
Les caractéristiques du vivant ?

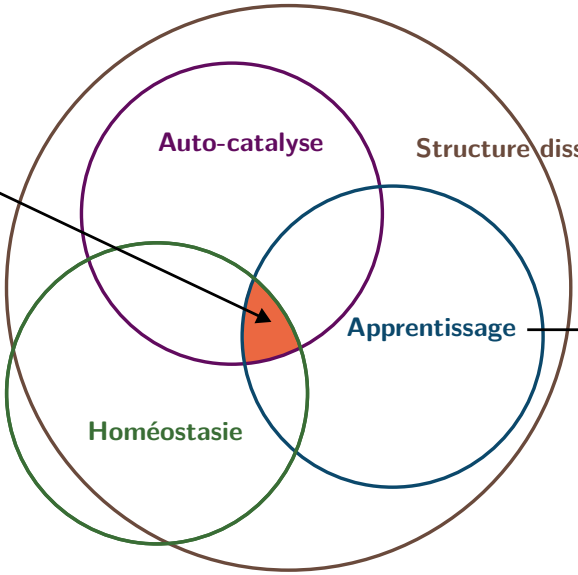




Source : Stuart Bartlett

Les caractéristiques du vivant ?





Source : Stuart Bartlett

Le vivant en constante évolution

Des causes, des contraintes, des mécanismes

- **Physique** : l'inexorable augmentation du désordre (2^{e} loi)



- **Chimie** : des structures métaboliques dissipatives qui font désordre

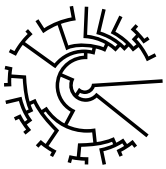


- **Biologie** : le vivant apprend en faisant évoluer son information génétique, et se ramifie pour contribuer encore un peu plus à ce désordre



Quel résultat ?

La biodiversité



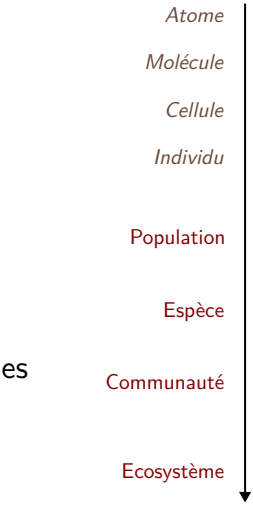
1. Quelques rappels introductifs
2. **La biodiversité : de quoi s'agit-il ?**
3. Impact de l'humain sur la biodiversité
4. Problèmes et solutions : considérations critiques
5. Et maintenant, que faire ?



Biodiversité : en route vers des niveaux d'organisation supérieurs

Trois niveaux d'organisation majeurs dans l'arbre du vivant

- **Diversité génétique** : variations génétiques au sein d'une espèce
- **Diversité spécifique** : différentes espèces
- **Diversité des écosystèmes** : ensembles d'espèces dans des biotopes



Biodiversité : en route vers des niveaux d'organisation supérieurs

Trois niveaux d'organisation majeurs dans l'arbre du vivant

- **Diversité génétique** : variations génétiques au sein d'une espèce




- **Diversité spécifique** : différentes espèces
- **Diversité des écosystèmes** : ensembles d'espèces dans des biotopes

Atome
Molécule
Cellule
Individu
Population
Espèce
Communauté
Ecosystème
Niveaux d'organisation

Biodiversité : en route vers des niveaux d'organisation supérieurs

Trois niveaux d'organisation majeurs dans l'arbre du vivant

- **Diversité génétique** : variations génétiques au sein d'une espèce
- **Diversité spécifique** : différentes espèces





- **Diversité des écosystèmes** : ensembles d'espèces dans des biotopes

Atome

Molécule

Cellule

Individu

Population

Espèce

Communauté

Ecosystème

Niveaux d'organisation

Biodiversité : en route vers des niveaux d'organisation supérieurs

Trois niveaux d'organisation majeurs dans l'arbre du vivant

- **Diversité génétique** : variations génétiques au sein d'une espèce
- **Diversité spécifique** : différentes espèces
- **Diversité des écosystèmes** : ensembles d'espèces dans des biotopes




Atome
Molécule
Cellule
Individu
Population
Espèce
Communauté
Ecosystème

Niveaux d'organisation

Biodiversité : en route vers des niveaux d'organisation supérieurs

Trois niveaux d'organisation majeurs dans l'arbre du vivant

- **Diversité génétique** : variations génétiques au sein d'une espèce
- **Diversité spécifique** : différentes espèces
- **Diversité des écosystèmes** : ensembles d'espèces dans des biotopes
  - Et leurs **interactions**



Biodiversité : en route vers des niveaux d'organisation supérieurs

Trois niveaux d'organisation majeurs dans l'arbre du vivant

- **Diversité génétique** : variations génétiques au sein d'une espèce
- **Diversité spécifique** : différentes espèces
- **Diversité des écosystèmes** : ensembles d'espèces dans des biotopes

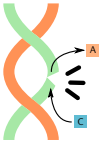


- Un arbre du vivant en constante **évolution**
- Et leurs **interactions**

Atome
Molécule
Cellule
Individu
Population
Espèce
Communauté
Ecosystème
Niveaux d'organisation

La diversité génétique soumise à des forces évolutives

Mutations



Modification aléatoire des gènes, créant de nouvelles versions (allèles)

Sélection naturelle



Sélection des allèles selon l'avantage ou le désavantage reproductif qu'ils confèrent

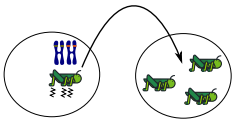
Diversité génétique

Dérive génétique



Perte aléatoire d'allèles suite à la reproduction

Flux génétique



Echange d'allèles entre populations

Évolution : des points clés, et parfois contre-intuitifs

- **Le rôle important du hasard**

  Certaines variations ne sont pas ou peu sélectionnées

- **Évolution = adaptation + variation + héritabilité**

  Survival of the fittest? Oui, mais pas sans variations sous-jacentes

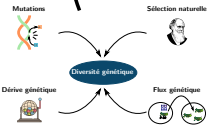
- **Sans mutation ni flux génétique, une inexorable homogénéisation**

  Sans moteur, l'évolution s'arrête

Évolution x environnement hétérogène = ramifications

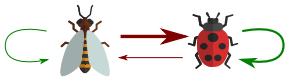
Barrières environnementales

Spéciation



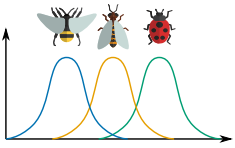
En route vers un niveau supérieur

Interactions

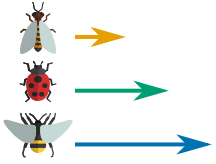


Diversité spécifique

Réponse à l'environnement

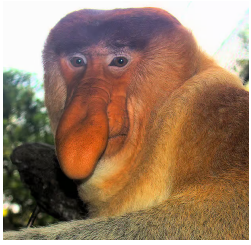


Dispersion



Biodiversité : beauté et laideur *vs* adaptation





Assez subjectif

Beauté ? Laideur ?



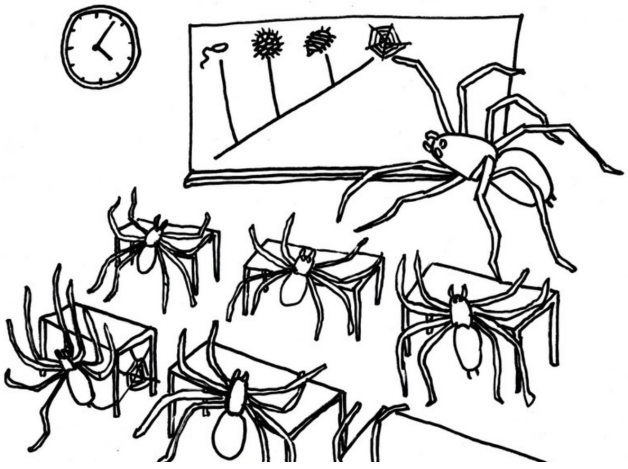
Adapté



Plus objectif

Crédits : Lepinet.fr, Vincent Munier, Concise Medical Knowledge

Biodiversité : hiérarchie *vs* adaptation



Chaque espèce semble au sommet de l'évolution, mais seulement selon ses propres critères !

Crédits : Virgine Courtier-Orgogozo

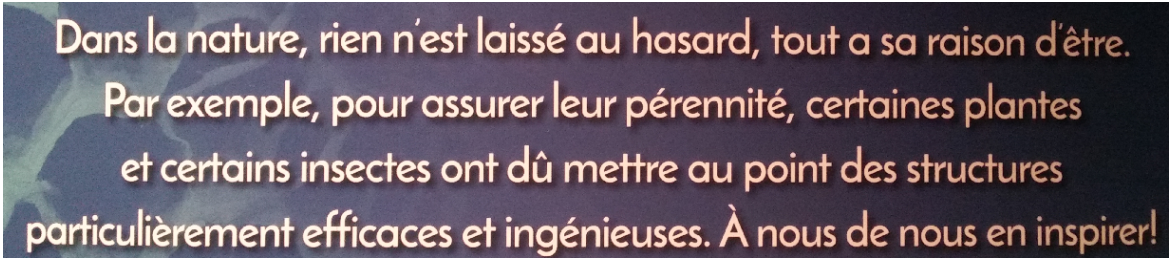
Biodiversité : le chevalier Lamarck se cache dans les détails

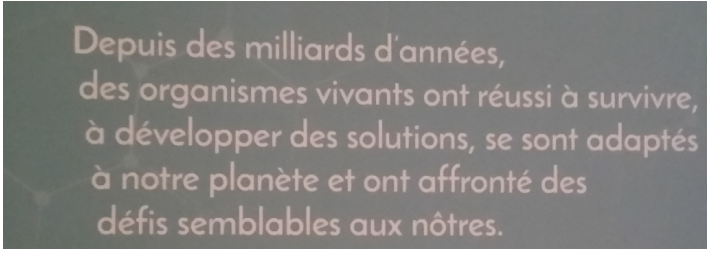
"*Darwin a dit : Les **espèces évoluent pour s'adapter** à leur environnement.*"

Ah bon ? A-t-il vraiment dit ça ?

Des **individus** appartenant à des groupes qui ne sont plus interféconds **naissent** par **hasard** avec des **mutations**, dont certaines leur confèrent une **meilleure capacité** à se **reproduire** dans un **environnement donné**. Cela aboutit à une **évolution par sélection naturelle**.

Biodiversité : le chevalier Lamarck se cache dans les détails





Photos prises dans un musée en avril 2023

1. Quelques rappels introductifs
2. La biodiversité : de quoi s'agit-il ?
3. **Impact de l'humain sur la biodiversité**
4. Problèmes et solutions : considérations critiques
5. Et maintenant, que faire ?



Impact sur la biodiversité : quelques chiffres

35 % de la **productivité primaire** terrestre
50 % des **eaux de ruissellement** → **captés** par l'**espèce humaine**

---

40 % des **surfaces terrestres** → **modifiées** par nos activités

---



~ **10 millions d'espèces**
au total (dont ~ 5 millions d'insectes)
~ **2 millions** inventoriées,
~ 1,5 million d'animaux et 400 000 plantes

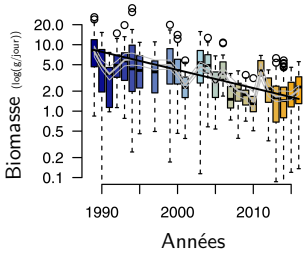
→ ~ **1 million menacées d'extinction**
d'ici 30-50 ans

~ **25 %** des **plantes** et des **vertébrés**
~ **10 %** des **insectes**

Vitousek et al., 1997; WWF, Indice planète vivante; Rapport de l'IPBES

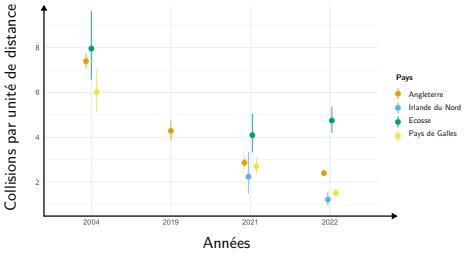
Déclin de biomasse - Papillonner au XXI^{e} siècle ?





75 % de déclin de la **biomasse des insectes**
en **27 ans** dans des réserves naturelles allemandes



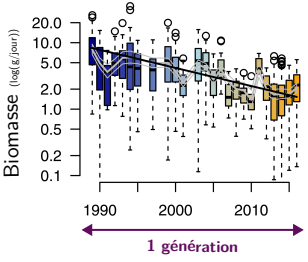


60 % de déclin du **nombre d'insectes**
sur les plaques d'immatriculation en **18 ans**
au Royaume-Uni

Hallmann et al. 2017; Bugs Matter; Bansky ?

Déclin de biomasse - Papillonner au XXI^{e} siècle ?

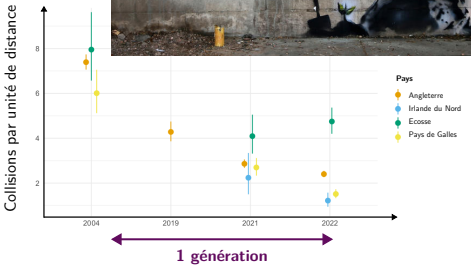




75 % de déclin de la **biomasse des insectes**

en **27 ans** dans des réserves naturelles allemandes





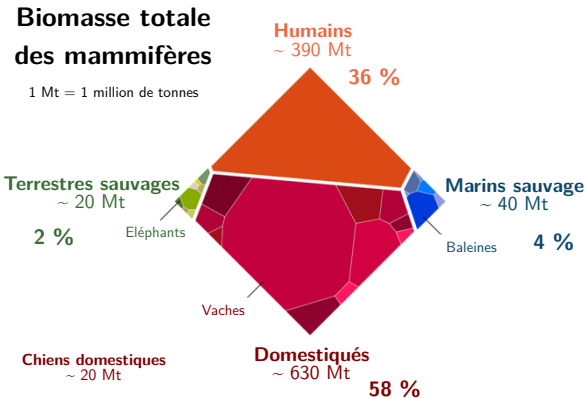
60 % de déclin du **nombre d'insectes**

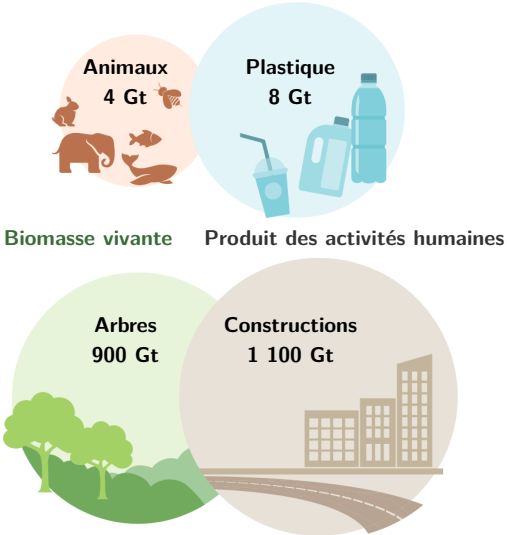
sur les plaques d'immatriculation en **18 ans**

au Royaume-Uni

Hallmann et al. 2017; Bugs Matter; Bansky ?

Biomasse - Que reste-t-il de sauvage dans la balance ?





Traduit depuis Greenspoon et al., 2023; Elhacham et al., 2020

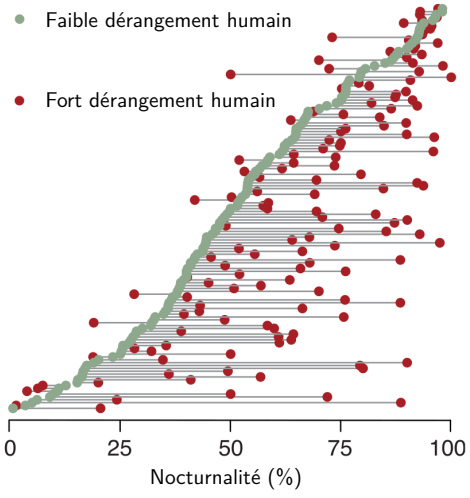
"*L'angle mort est leur lieu de vie.*" Alain Damasio

62 espèces de **mammifères** sur 6 continents

Augmentation de la nocturnalité

Exemple de facteurs de risque :

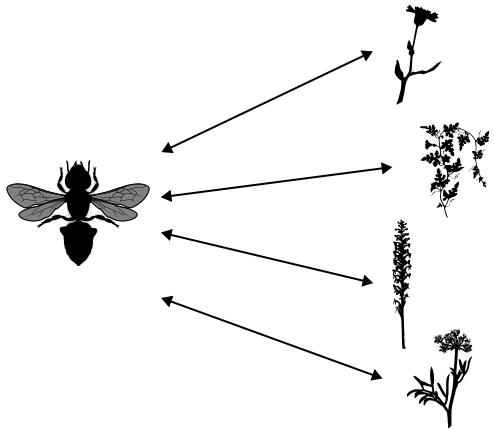
gros herbivores près des zones urbaines



Traduit depuis Gaynor et al. 2018

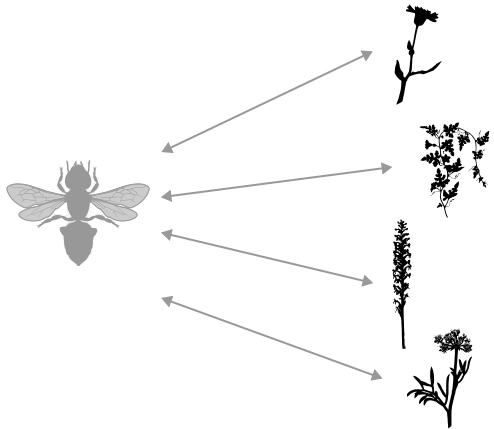
Cascades d'extinction : quand la symbiose devient un risque

Quand les espèces interagissent, une extinction peut avoir de grandes conséquences



Cascades d'extinction : quand la symbiose devient un risque

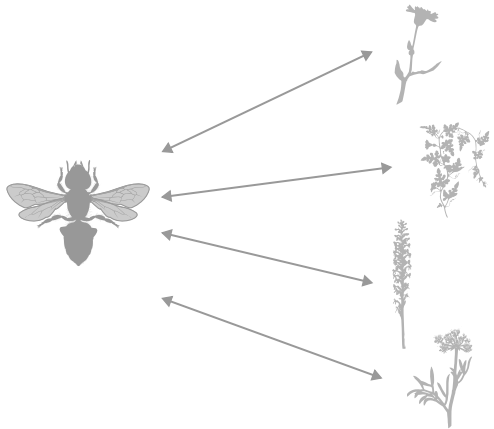
Quand les espèces interagissent, une extinction peut avoir de grandes conséquences



Crédits : Phylopic (David García-Callejas, Melissa Broussard, Leonardo Ancillotto, T. Michael Keesey, Yan Wong)

Cascades d'extinction : quand la symbiose devient un risque

Quand les espèces interagissent, une extinction peut avoir de grandes conséquences



Crédits : Phylopic (David García-Callejas, Melissa Broussard, Leonardo Ancillotto, T. Michael Keesey, Yan Wong)

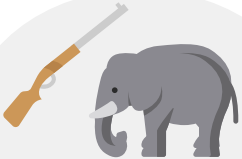
Cascades d'extinction : quand la symbiose devient un risque

Quand les espèces interagissent, une extinction peut avoir de grandes conséquences



Crédits : Phylopic (David García-Callejas, Melissa Broussard, Leonardo Ancillotto, T. Michael Keesey, Yan Wong)

Les cinq causes directes de l'effondrement de la biodiversité



Surexploitation des ressources



Pollution



Changement climatique



Espèces exotiques envahissantes



Destruction des habitats naturels

Source : Rapport de l'IPBES

Que fait-on déjà ? Les actions mises en oeuvre



- **Protection des espaces** : objectif de 30 % à horizon 2030 (**30 x 30,** parcs nationaux, réserves, etc.)
- **Législations à plusieurs niveaux** sur l'artificialisation, les polluants, la pêche, la chasse et le commerce des espèces sauvages
- **Aménagement du territoire** : subventions agricoles écologiques, corridors verts, parcs urbains
- Etc.

1. Quelques rappels introductifs
2. La biodiversité : de quoi s'agit-il ?
3. Impact de l'humain sur la biodiversité
4. **Problèmes et solutions : considérations critiques**
5. Et maintenant, que faire ?



Érosion de la biodiversité ? Contrepoint terminologique

Création fixe ?

Une falaise qui s'érode ?



Une cathédrale qui brûle ?



Équilibre dynamique

Un vélo qui s'arrête



Un feu qui s'éteint

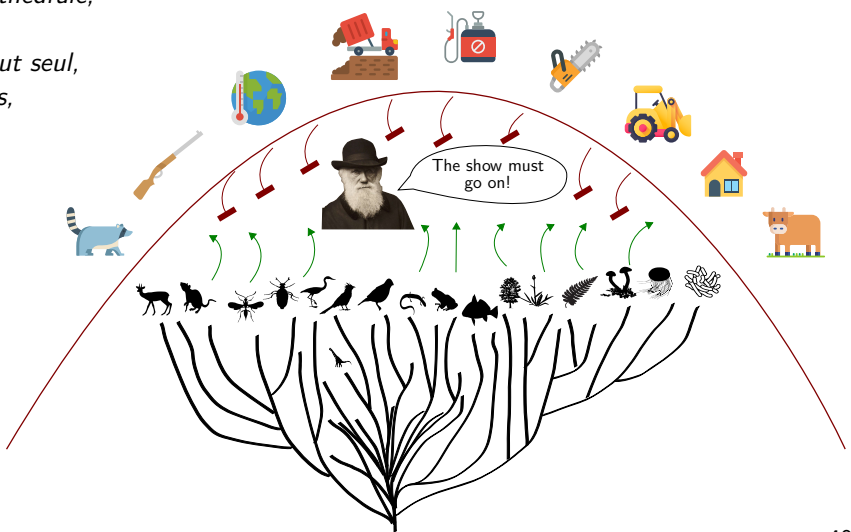


Sources : Baptiste Morizot, Pierre-Henri Gouyon

Que faire pour la biodiversité ? Lui permettre d'évoluer

"Le vivant n'est pas une cathédrale,
c'est un feu qui s'éteint,
un feu qui se reconstruit tout seul,
se déploie, crée mille formes,
dès qu'on lui laisse
de la place et du temps."

Baptiste Morizot

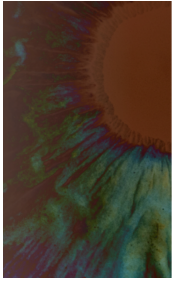


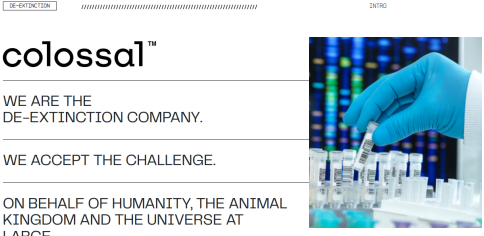
Des solutions "adaptées" ?

Dés-extinction : le reveil du dodo dans une modestie colossale









THE TEAM THAT'S MAKING
HISTORY FROM PRE-HISTORY

Des solutions "adaptées" ?

Banque de graine : le frigo de Bill et Melinda devient l'arche de Noé

Global Seed Vault
(Svalbard, Arctique)

Une banque de sémences végétales conservées au froid.



BILL & MELINDA GATES *foundation*

Impacts directs *vs* indirects : destruction des habitats naturels

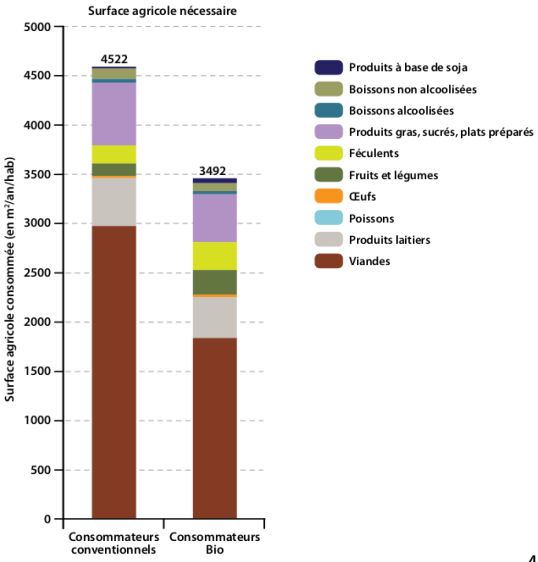
Le modèle agricole et alimentaire

4000 m²
nécessaires à l'**alimentation complète**
d'une personne chaque année

3000 m²
pour la **viande** et les **produits laitiers**

250 m²
pour les **féculents**, les **fruits** et les **légumes**

Facteur de destruction des habitats



Source : Le Revers de notre assiette, Solagro

Impacts directs *vs* indirects : destruction des habitats naturels

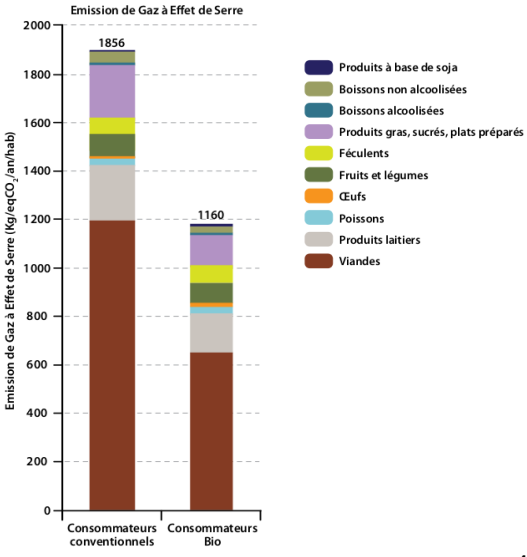
Le modèle agricole et alimentaire

4000 m²
nécessaires à l'**alimentation complète**
d'une personne chaque année

3000 m²
pour la **viande** et les **produits laitiers**

250 m²
pour les **féculents**, les **fruits** et les **légumes**

Facteur du changement climatique



Source : Le Revers de notre assiette, Solagro

Impacts directs *vs* indirects : destruction des habitats naturels

Nos rêves immobiliers

"Echappez-vous de la ville
et venez construire
la maison de vos rêves
sur ce petit coin de paradis"

Agence immobilière, Ontario, 2023

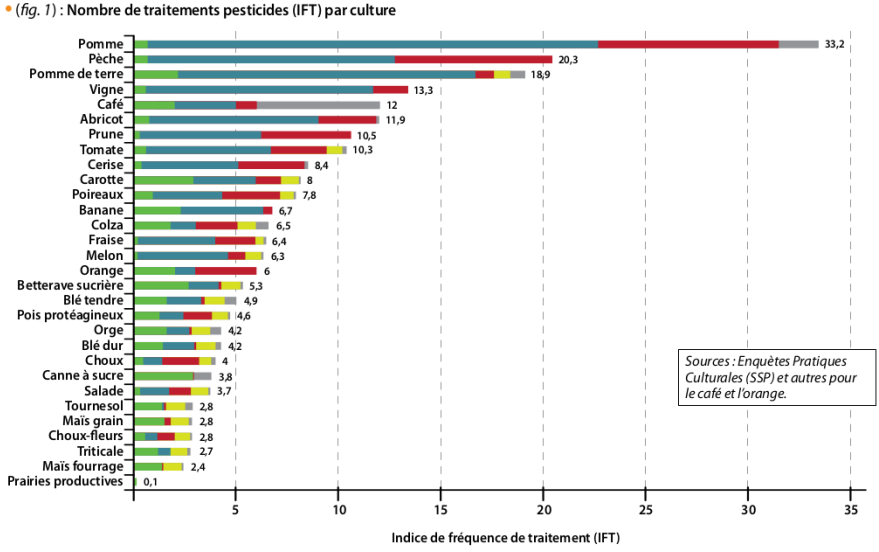


Facteur de destruction des habitats

Impacts directs *vs* indirects : pollution

L'omniprésence des pesticides

Probables facteurs du déclin des insectes, et de nombreux problèmes sanitaires



Source : Le Revers de notre assiette, Solagro

1. Quelques rappels introductifs
2. La biodiversité : de quoi s'agit-il ?
3. Impact de l'humain sur la biodiversité
4. Problèmes et solutions : considérations critiques
5. **Et maintenant, que faire ?**



Et maintenant, que peut-on faire ? Quelques propositions

- **Appliquer les lois**

  Ce serait déjà un bon début !

- **Les faire aller plus loin**

  Mais ce n'est pas assez. Si on protège 30 % en détruisant les 70 % restants, ça ne marchera pas.

- **Changer nos "imaginaires"**

  Les enfants doivent-ils connaître des marques de vêtements et des chaînes de streaming ou des noms d'espèces et le cycle des saisons ?

- **Être nombreux.ses à le faire**

  Les scientifiques et les responsables politiques sont au service de la société, mais ne sont pas son moteur.

- **Repenser notre rapport au vivant**

  A la lumière de l'évolution !

  Et de ce que vont nous présenter Sylvie et Isabelle !



Aller plus loin : questions, angles morts et ressources

Questions

Comment **donner plus de place à la biodiversité** dans le **débat public** ?

Comment **changer notre rapport au vivant** ? nos **modèles économiques "anti-biotiques"** ?

Quelles **actions** mener en tant que **citoyen** ?

Quelle **place** accorder aux **scientifiques** ?

Angles morts

Epigénétique, espèces sociales, etc.
Biologie de la conservation (histoire, pratiques actuelles)
Rôle de l'héritage colonialiste dans la crise de la biodiversité,
Rôle des inégalités sociales et intercontinentales,
Services écosystémiques

Ressources

François Roddier (Thermodynamique de l'évolution)
Sean Carroll (Big Picture, Mindscape)
Pierre-Henri Gouyon
Rapport de l'IPBES - Résumé pour les décideurs
Virginie Courtier-Orgogozo (Collège de France)
Baptiste Morizot (Raviver les braises du vivant)
Rachel Carson (Printemps silencieux, 1962)
https://biodiversite-quebec.ca



Merci à toutes et tous



Merci au bar La Brassée

Un merci tout particulier à l'équipe "vivante" formée par Bruno Dubuc, Sylvie Lapointe et Isabelle Miron.

Contact :
psavary@protonmail.com