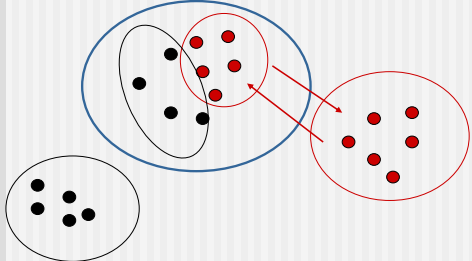


INTERACTIONS INTERSPÉCIFIQUES

1

Définitions



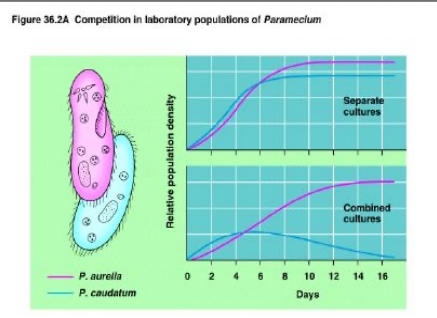
Population: ensemble d'individus de la même espèce vivant au même endroit

Métapopulation: ensemble de populations échangeant des individus

Communauté: ensemble de populations d'espèces différentes vivant au même endroit

2

Le principe de l'exclusion compétitive

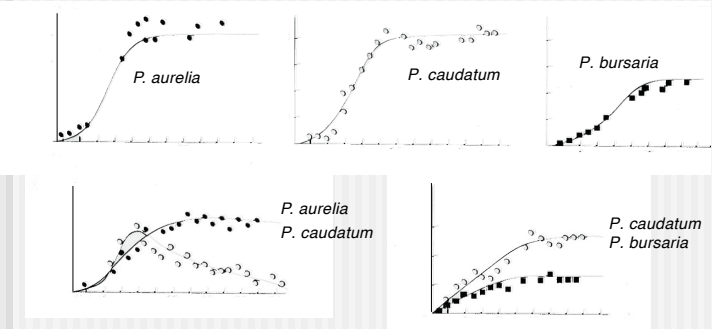


Paramecium aurelia se nourrit plus efficacement que *paramecium caudatum* et l'élimine.

Georgy Frantsevich Gause (russe : Георгий Францевич Гаузе né le 27 décembre 1910 et mort le 2 mai 1986), était un biologiste et évolutionniste soviétique et russe

3

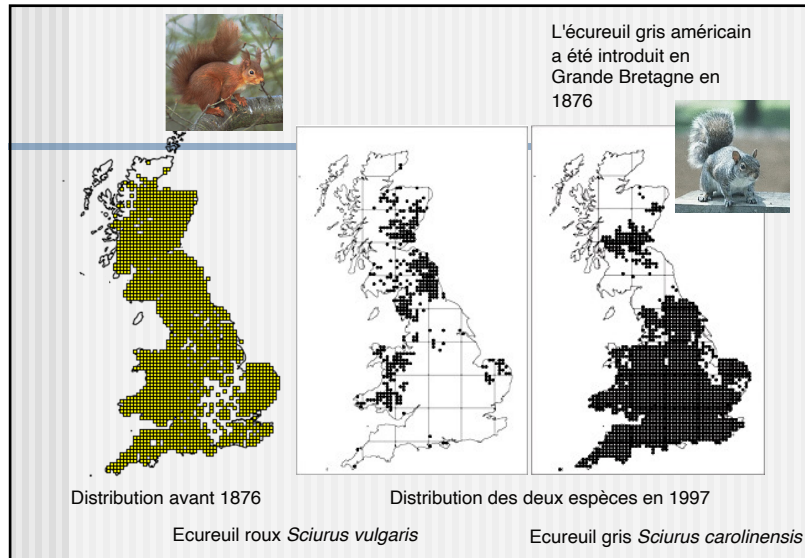
Compétition interspécifique - Exemple



Exclusion compétitive

Coexistence

4



5

Plan

- Interactions interspécifiques
- Dynamique de deux populations
 - Modèle de Lotka-Voltera

6

Principales relations interspécifiques

		Effet de l'espèce 2 sur l'espèce 1		
		+	0	-
Effet de l'espèce 1 sur l'espèce 2	+	Mutualisme		
	0	Commensalisme	Neutralisme	
	-	Prédation Herbivorie Parasitisme ...	Amensalisme	Compétition

7

La prédation au sens large (+ / -)



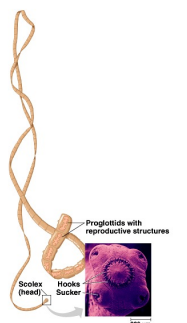
- Prédation : un animal en tue un autre et le mange
- Parasitisme
- Herbivorie
- Parasitoïdes
- Pathogènes



8

La prédation au sens large

- Prédation
- **Parasitisme** : Le parasitisme est une relation dans laquelle le parasite tire profit de l'hôte, en vivant soit à l'intérieur de l'hôte (endoparasite), soit à l'extérieur de l'hôte (ectoparasite)
- Herbivorie
- Parasitoïdes
- Pathogènes


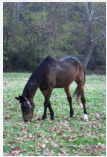




Moustiques : ectoparasites Ver solitaire : endoparasite

9

La prédation au sens large

- Prédation
- Parasitisme
- **Herbivorie** : un animal consomme une plante
 - Peut ressembler à de la prédation : la plante entière est consommée
 - Ou à du parasitisme : une partie de la plante est consommée
- Parasitoïdes
- Pathogènes

10

Origine de l'agriculture chez les fourmis: 60 millions d'années

Species	Genus	Subfamily	Origin position of leafcutter	Phylo level of culture
<i>S. evicta</i>				No
<i>C. costatus</i>	10^2	S	1	No
<i>T. zelandicus</i>	10^2	S	1	Yes
<i>T. comstocki</i>	10^3	S	1	Yes
<i>T. septentrionalis</i>	10^3	S	1	Yes
<i>Ac. echinator</i>	10^2	M	2	Yes
<i>At. colombicus</i>	10^7	M	<3	Yes
<i>At. cephalotes</i>	10^7	M	<3	Yes

Nygaard S., Hu H., Li C., Schiott M., Chen Z., Yang Z., Xie Q., Ma C., Deng Y., Dikow R.B., Rabeling C., Nash D.R., Weislo W.T., Brady S.G., Schultz T.R., Zhang G. and Boomsma J.J. (2016) Reciprocal genomic evolution in the ant-fungus agricultural symbiosis. *Nat Commun*, 7, 12233.

11

La prédation au sens large


- Prédation
- Parasitisme
- Herbivorie
- **Parasitoïdes** : Organisme qui se développe aux dépens d'un hôte dont il entraîne la mort
- Pathogènes



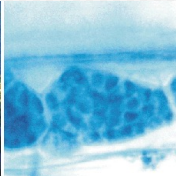
12

La prédation au sens large


- Prédation
- Parasitisme
- Herbivorie
- Parasitoïdes :
- **Pathogènes** : organismes microscopiques qui provoquent des maladies




Fusarium culmorum F. *graminearum*
(ear blight)



Soil borne cereal mosaic virus (SBCMV) / *Polymyxa*



Mycosphaeraella graminicola
(STR, leaf blight)




Oculimacula yallundae
(eyespot)


Pathogènes du blé

13


a) Adaptations des prédateurs



Tortue alligator
Macrochelys temminckii




Guépards (105 km/h)



14

b) Défenses des Végétaux


Défenses chimiques



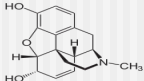
Morphine (Pavot)
Nicotine (Tabac)
Mescaline (Cactus Peyotl)

Les alcaloïdes sont des molécules organiques hétérocycliques azotées ayant souvent des actions pharmacologiques très puissantes (morphine ci-contre, strychnine).

Défenses mécaniques




Épines
Crochets
Piquants



15


c) Défenses des Animaux

Défenses chimiques



Substance odorante (thiols)
Acide

Défenses mécaniques

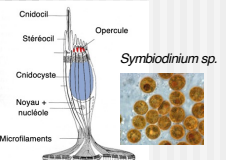


Carapace
Piquants
Dards


16

C) Mutualisme (+ / +)

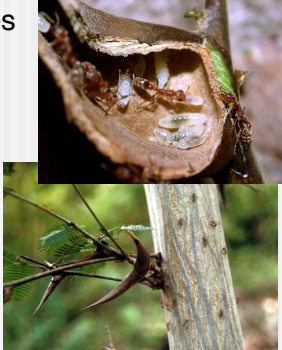
- Mutualisme : Interaction bénéfique au deux partenaires



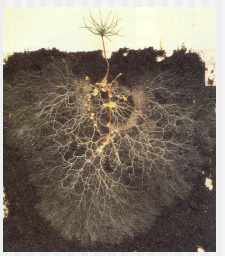
Symbiodinium sp.



Corail : cnidaire + zooxanthelle



Fourmis et accacias



Mycorhize : champignon + racines

17

D) Commensalisme (+ / 0)

- Commensalisme : relation bénéfique pour un partenaire et neutre pour l'autre



Amphiprion ocellaris






18

Pique-bœufs sur les rhinocéros

- Les pique-bœufs ont permis aux rhinocéros de s'échapper suite à la détection des humains s'approchant vers eux dans 40 à 50 % des rencontres.
- L'appel d'alarme par les pique-bœufs a considérablement amélioré le taux et la distance à laquelle les rhinocéros ont détecté l'approche humaine de 23 % à 100 % et de 27 ± 6 m à 61 ± 4 m, respectivement. Chaque pique-bœuf supplémentaire a amélioré la distance de détection de 9 m.
- Les rhinocéros alertés par les cris d'alarme des pique-bœufs ne se sont jamais réorientés dans la direction des humains mais se sont déplacés pour faire face au vent arrière. Ainsi, les cris des pique-bœufs ne communiquent que la proximité de la menace, pas la direction, et les rhinocéros supposent que le chasseur traque sous le vent.




Plotz, R.D., Linklater, W.L., 2020. Oxpeckers help rhinos evade humans. *Current Biology* 30, 1965-1969 e1962.


19

E) Amensalisme (0 / -)

- Amensalisme : relation négative pour un partenaire et neutre pour l'autre
- Le piétinement de l'oyat par les touristes sur les dunes de Bretagne est un exemple d'amensalisme. Il induit un coût important pour l'oyat qui disparaît car il ne résiste pas au piétinement, alors qu'il n'implique ni coût, ni bénéfice pour l'humain qui piétine. Cette interaction a des implications importantes car elle induit un remplacement d'espèce. En effet, l'oyat est remplacé par le Chiendent pied de poule qui résiste mieux au piétinement, mais qui n'est pas compétitif si l'oyat est présent.




Ammophila arenaria




Cynodon dactylon

20

DYNAMIQUE DE DEUX POPULATIONS EN INTERACTION



Alfred James Lotka, né le 2 mars 1880 à Lemberg en Autriche-Hongrie et mort à New York le 5 décembre 1949



Vito Volterra, né le 3 mai 1860 à Ancône dans les Marches et mort le 11 octobre 1940 à Rome

21

Deux espèces en interaction

Comment modéliser deux espèces interagissant ?

Soient deux populations d'espèces différentes 1 et 2
 N_1 et N_2 : les effectifs des populations 1 et 2.
 K_1 et K_2 : les capacités biotiques du milieu des populations 1 et 2
 r_1 et r_2 : les taux intrinsèques d'accroissement maximum pour l'espèce 1 et 2

$$\frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 \left(\frac{K_1 - N_1}{K_1} \right) \qquad \frac{dN_2}{dt} = r_2 N_2 \left(\frac{K_2 - N_2}{K_2} \right)$$

Si la dynamique des populations ne sont pas indépendantes, on doit écrire:

$$\begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = f_1(N_1, N_2) \\ \frac{dN_2}{dt} = f_2(N_1, N_2) \end{cases}$$

Les fonctions f_1 et f_2 décrivent la dépendance de 1 à 2 et de 2 à 1.

22

Compétition interspécifique

Soient deux populations d'espèces différentes 1 et 2 qui interagissent dans le même milieu

α_{12} et α_{21} : les coefficients de compétition interspécifique

$$\begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 \left(\frac{K_1 - [N_1 + \alpha_{12} N_2]}{K_1} \right) \\ \frac{dN_2}{dt} = r_2 N_2 \left(\frac{K_2 - [N_2 + \alpha_{21} N_1]}{K_2} \right) \end{cases}$$

Équations de Lotka-Volterra

Taux de croissance affecté négativement par compétition intra et inter spécifique

23

Compétition interspécifique

$$\begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 \left(\frac{K_1 - [N_1 + \alpha_{12} N_2]}{K_1} \right) \\ \frac{dN_2}{dt} = r_2 N_2 \left(\frac{K_2 - [N_2 + \alpha_{21} N_1]}{K_2} \right) \end{cases}$$

Équations de Lotka-Volterra

Effet pour l'espèce 1

Si α_{12} et $\alpha_{21} = 0$	Croissance logistique
Si α_{12} et $\alpha_{21} = 1$	Compétition interspécifique = Compétition intraspécifique
Si $\alpha_{12} < 1$	Compétition interspécifique < Compétition intraspécifique
Si $\alpha_{12} > 1$	Compétition interspécifique > Compétition intraspécifique

24

Compétition interspécifique

Conditions requises pour que les équations de Lotka-Volterra puissent représenter la situation

- Comme pour les modèles de compétition intraspécifique :
 - Ressources limitantes
 - Identité des individus composant la population
 - Pas de migration
 - Pas de délai dans la réponse
- Constance des paramètres r, K et coefficients de compétition
- Caractère linéaire des relations intra- et interspécifiques
- Pas d'effet stochastique

25

Compétition interspécifique - modélisation

Le système est en équilibre quand la croissance des deux populations est nulle.
Soit une solution triviale $r_1=r_2=0$ ou

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 \left(\frac{K_1 - N_1 - \alpha_{12} N_2}{K_1} \right) = 0 \\ \frac{dN_2}{dt} = r_2 N_2 \left(\frac{K_2 - N_2 - \alpha_{21} N_1}{K_2} \right) = 0 \end{array} \right.$$

26

Compétition interspécifique - modélisation

On a donc deux équations de droite

$$\left\{ \begin{array}{l} K_1 - N_1 - \alpha_{12} N_2 = 0 \\ K_2 - N_2 - \alpha_{21} N_1 = 0 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} N_2 = \frac{K_1}{\alpha_{12}} - \frac{1}{\alpha_{12}} N_1 \\ N_1 = \frac{K_2}{\alpha_{21}} - \frac{1}{\alpha_{21}} N_2 \end{array}$$

27

Compétition interspécifique - modélisation

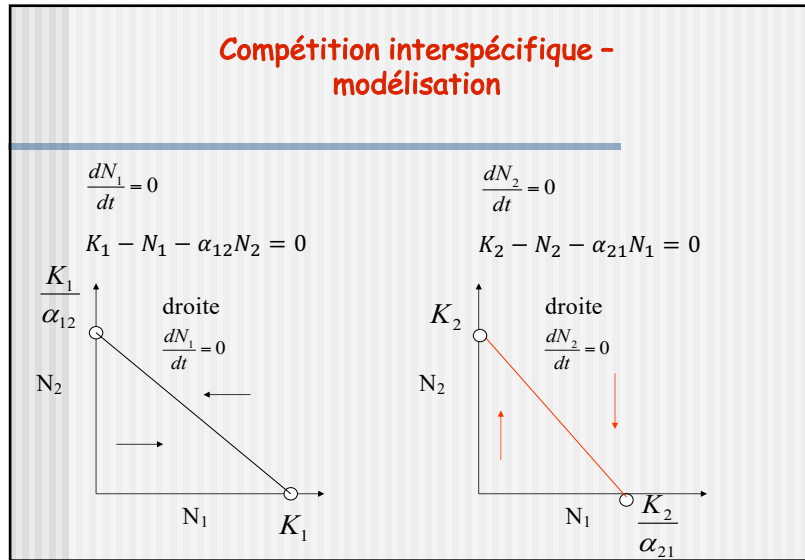
$$\frac{dN_1}{dt} = 0$$

$$K_1 - N_1 - \alpha_{12} N_2 = 0$$

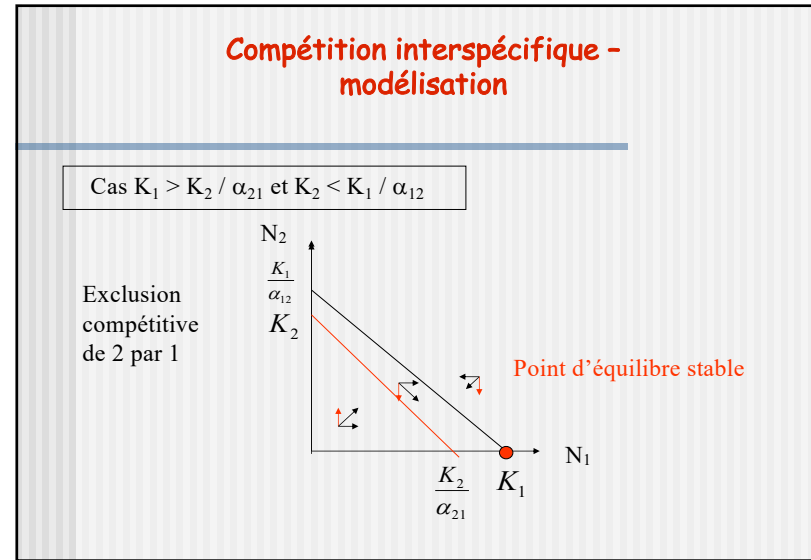
si $N_1 = 0$ alors $N_2 = \frac{K_1}{\alpha_{12}}$

si $N_2 = 0$ alors $N_1 = K_1$

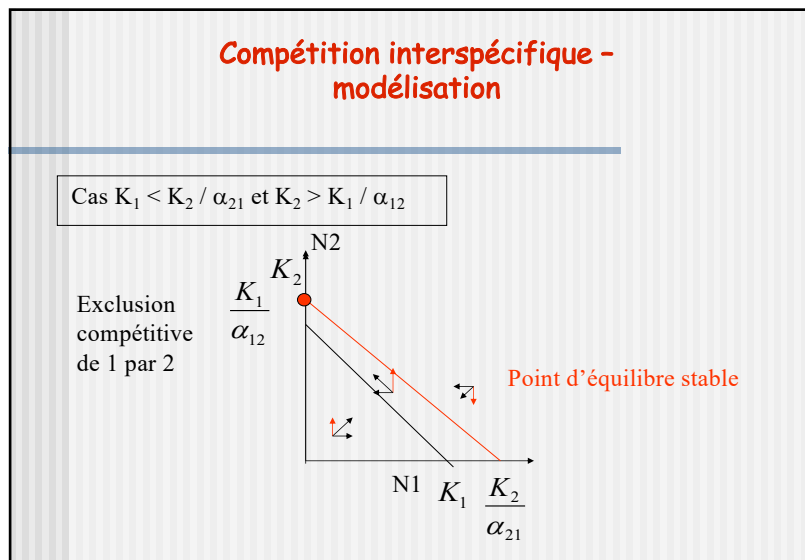
28



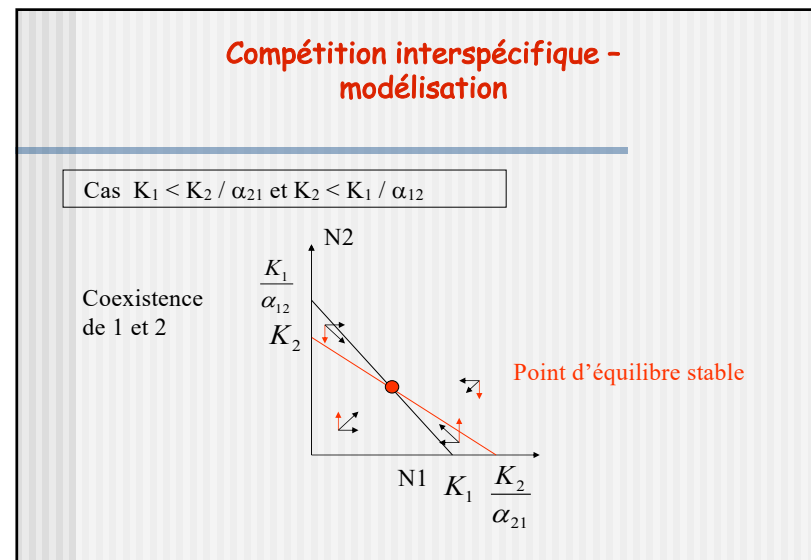
29



30



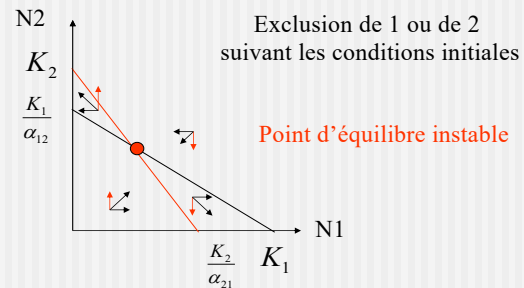
31



32

Compétition interspécifique - modélisation

Cas $K_1 > K_2 / \alpha_{21}$ et $K_2 > K_1 / \alpha_{12}$



33

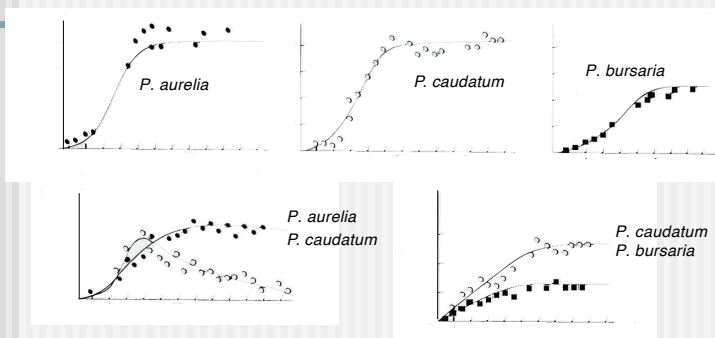
Compétition interspécifique - modélisation

Résultats du modèle de Lotka-Volterra

- (1) **Exclusion compétitive** de l'une ou l'autre des espèces
Dépendant ou non des conditions initiales
- (2) **Coexistence** des deux espèces

34

Compétition interspécifique et niches écologiques



Coexistence si et seulement si
différenciation des niches réalisées

35

Principe d'exclusion compétitive Principe de Gause

"Si deux espèces coexistent dans un environnement stable,
c'est qu'elles ont différencié leurs niches écologiques réalisées,
pour ne pas partager la même"

36

Modèle proie-prédateur

Volterra, V. 1926. Variazioni e fluttuazioni del numero d'individui in specie animali conviventi. - Memoria della regia accademia nazionale dei lincei ser. 62: 31-113.
 Lotka, A.J. (1925) Elements of physiological biology. Baltimore, MD, USA.

Soient deux populations d'espèces différentes x et y avec une proie et un prédateur dans le même milieu

Elles s'écrivent fréquemment :

$$\begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = x(t) (\alpha - \beta y(t)) \\ \frac{dy(t)}{dt} = y(t) (\delta x(t) - \gamma) \end{cases}$$

où

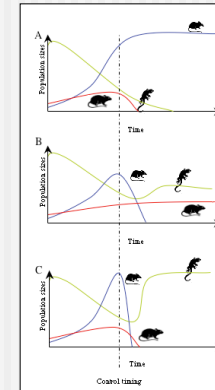
- t est le **temps** ;
- $x(t)$ est l'effectif des **proies** en fonction du temps ;
- $y(t)$ est l'effectif des **prédateurs** en fonction du temps ;
- les **dérivées** $dx(t)/dt$ et $dy(t)/dt$ représentent la variation des populations au cours du temps.

Les paramètres suivants caractérisent les interactions entre les deux **espèces** :

- α , **taux de reproduction** intrinsèque des proies (constant, indépendant du nombre de prédateurs) ;
- β , **taux de mortalité** des proies dû aux prédateurs rencontrés ;
- δ , **taux de reproduction** des prédateurs en fonction des proies rencontrées et mangées ;
- γ , **taux de mortalité** intrinsèque des prédateurs (constant, indépendant du nombre de proies) ;

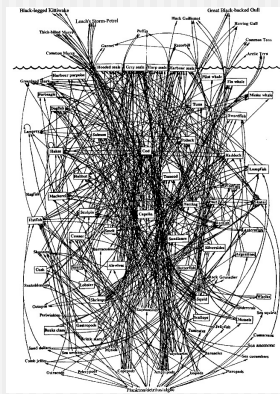
37

Et à plus de deux espèces ?



38

Et à plus de deux espèces ?



Réseau trophique simplifié dans l'Atlantique-Nord

39