

A quoi sert la Biodiversité ?

Pr Francour Patrice - mars 2009



francour@unice.fr

La Biodiversité

- Définition de la biodiversité (génétique, spécifique, écosystémique)
- Méthodes d'inventaire de la biodiversité (échantillonnages)
- Indicateurs de diversité (richesse spécifique, indices de Shannon, bio-indicateurs)
- Changements de Biodiversité (exemples)
- Changements de Biodiversité (causes, prévision)

Mais pourquoi la Biodiversité a-t-elle une si grande importance ?

Cela revient à se demander :

- **A quoi sert la biodiversité dans un milieu vivant ?**
- **Quelles sont les conséquences d'un changement (diminution) de biodiversité pour l'écosystème et/ou pour l'homme ?**

Théories du *top bottom* et *bottom up*

- Les **réseaux trophiques** sont considérés comme des **chaînes linéaires**
- Les éléments nutritifs vont y circuler à **sens unique**
- Compte tenu de la structure verticale et de la compétition inter-spécifique, il résulte que :

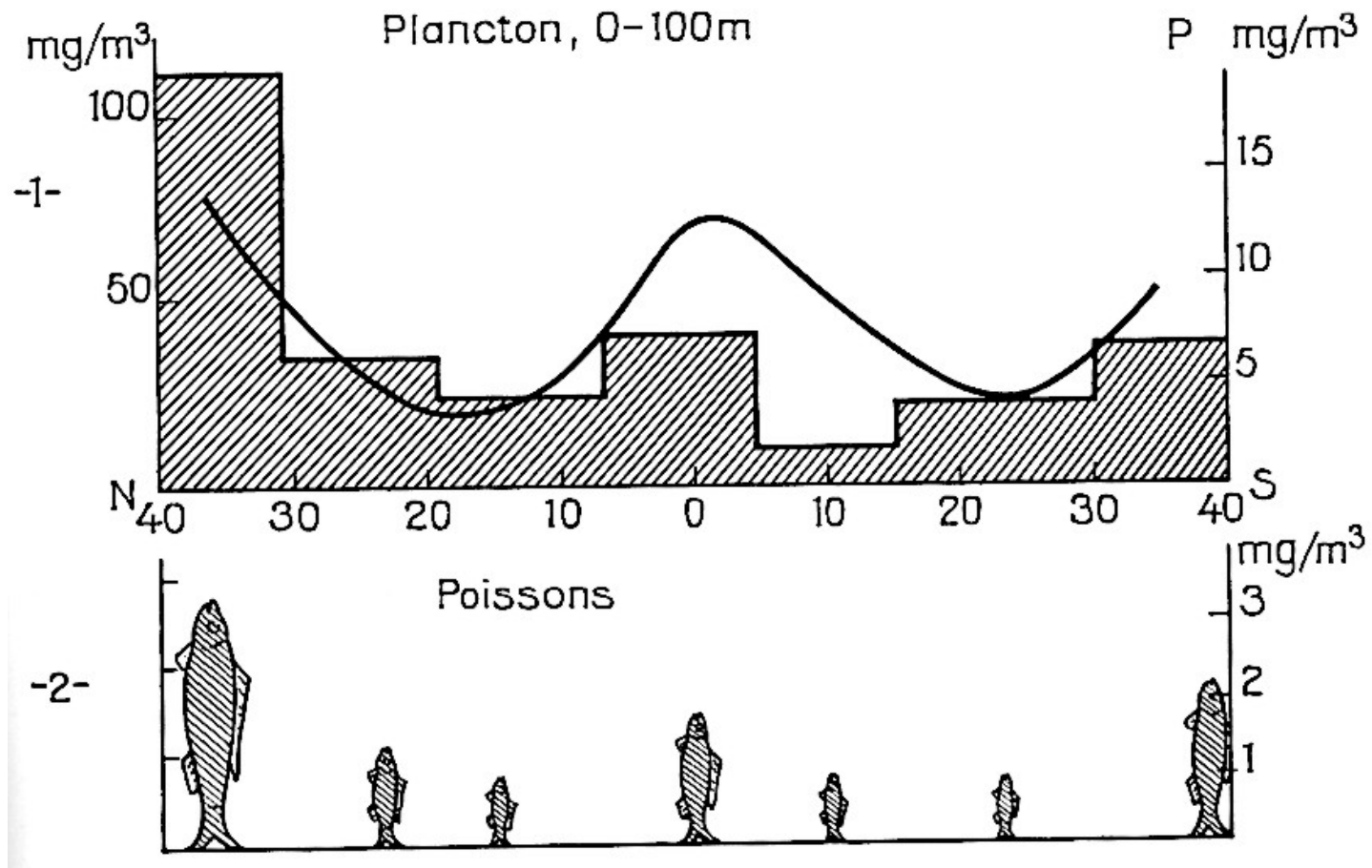
La compétition entre producteurs primaires pour l'utilisation des éléments nutritifs doit jouer un rôle majeur dans la régulation des populations

C'est la théorie du **contrôle** des communautés par les **ressources**, ou **contrôle *bottom - up***

Autrement dit, les ressources disponibles, régulées par les facteurs physico-chimiques, contrôlent les chaînes trophiques depuis les producteurs jusqu'aux prédateurs

Exemple : le rôle du **phosphore**, à la fois limitant vis à vis de la production primaire et stimulant dans les problèmes d'eutrophisation

Exemple : Relation entre la **distribution des phosphates** (courbe noire), celle du **plancton** (histogramme hachuré) et les captures de **poissons pélagiques**, du nord au sud de l'océan Pacifique (d'après Nikolsky, 1963, in Sacchi & Testard, 1971).

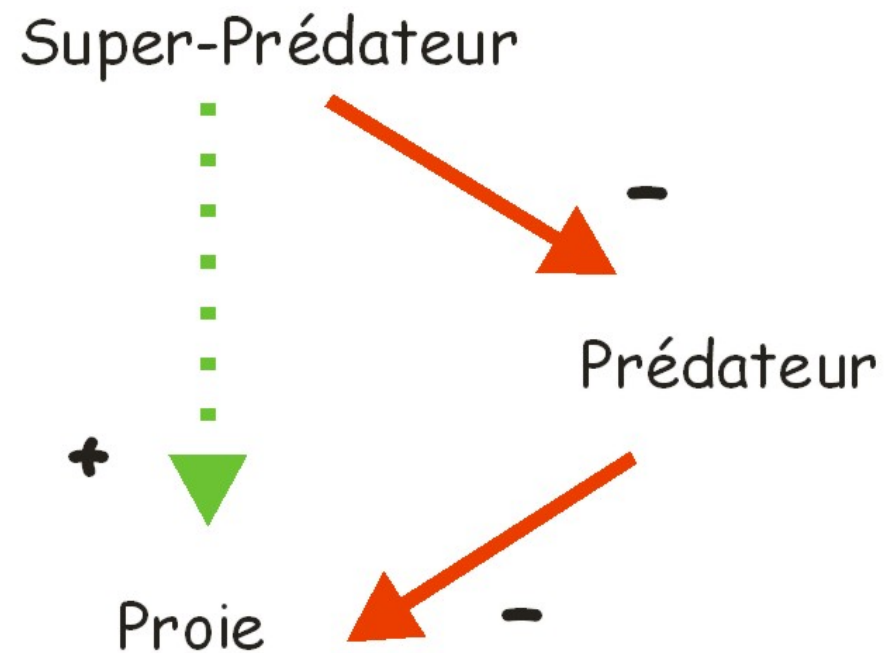


Un effet inverse existe également :

Le fonctionnement d'un écosystème est fortement contraint par la prédation exercée par les niveaux supérieurs sur les niveaux trophiques inférieurs.

C'est le **contrôle top - down**

Dans les réseaux trophiques, on parle de **Cascade trophique**



Importance relative des deux types de contrôle

Pendant un certain temps, il y a eu les partisans de l'un ou de l'autre contrôle. Actuellement, un **consensus** se dégage pour penser que **les deux** interviennent simultanément et peuvent être complémentaires.

Toutefois, ces deux types de contrôle ne permettent pas toujours d'expliquer les fluctuations de populations.

Les **modifications par l'homme d'un niveau trophique** peuvent amplifier l'un ou l'autre :

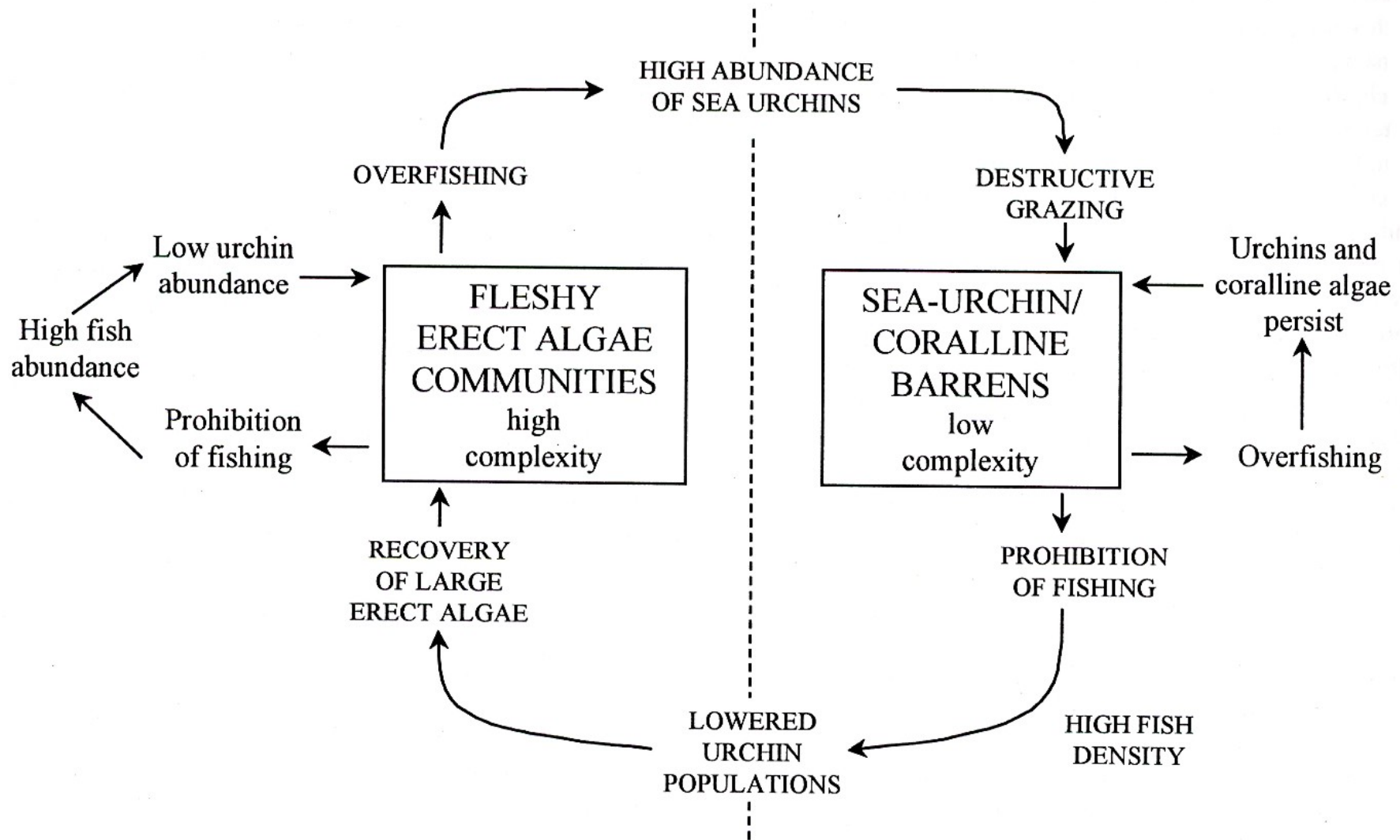
- augmentation des ressources en nutriment (**pollution**) : amplification du *bottom - up control*

exemple : les phénomènes d'**eutrophisation**

- diminution d'abondance d'un prédateur de haut niveau (**chasse, pêche**) : amplification du *top - down control*

exemple : l'**alternance des faciès algaux** en Méditerranée occidentale

Alternance des peuplements algaux en Méditerranée (d'après Sala, 1996) :



Rappels :

- une diversité élevée permet l'existence des contrôles bottom-up et top-down

Rôles de la Prédation

Essentiellement la nutrition d'un prédateur aux dépends de proies, mais il existe aussi d'autres rôles :

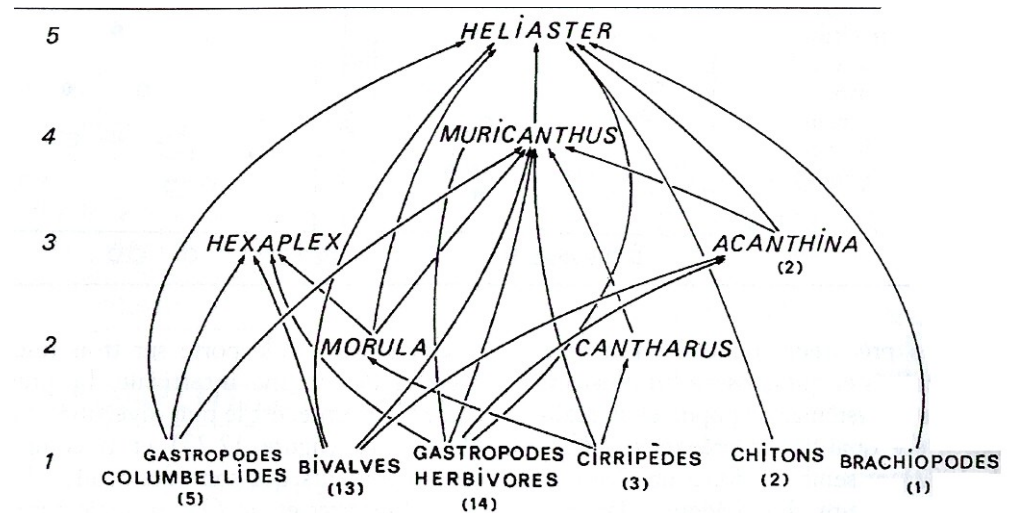
- **élimination des animaux malades** :
 - ils sont les plus faciles à capturer (exemple avec trématodes parasites des podias d'oursins);
 - maintien de l'état sanitaire des populations de proies;
 - peut enrayer des épidémies

- **prédation sélective** :
peut induire une sélection de certains individus et une évolution (spéciation); exemple des papillons, *Biston betularia*, atteint de mélanisme lors période de forte pollution en Angleterre au XIX^e

- **organisation des peuplements** :
la prédation favorise une diversité élevée en maintenant les populations à un faible niveau et en empêchant certaines espèces de monopoliser les ressources disponibles à leur seul profit (Paine, 1966).

3 réseaux trophiques de la zone intertidale aux USA (études de Paine) :

Basse Californie - 45 espèces, dont 2 super-prédateurs, une étoile de mer (*Heliaster*) et un gastéropode (*Muricanthus*). *Heliaster* consomme *Muricanthus* et procurent ainsi de la place aux autres espèces.



(d'après Paine, 1966 in Dajoz, 1996)

NW des USA : le réseau trophique comprend 11 espèces; super-prédateur = étoile de mer *Pisaster*. Par manipulation, l'enlèvement de *Pisaster* a entraîné une diminution, du nombre d'espèces au profit des moules qui tendent à envahir le peuplement.

Costa Rica : pas de prédateur de second ordre et le réseau trophique est réduit à 8 espèces seulement.

Rappels :

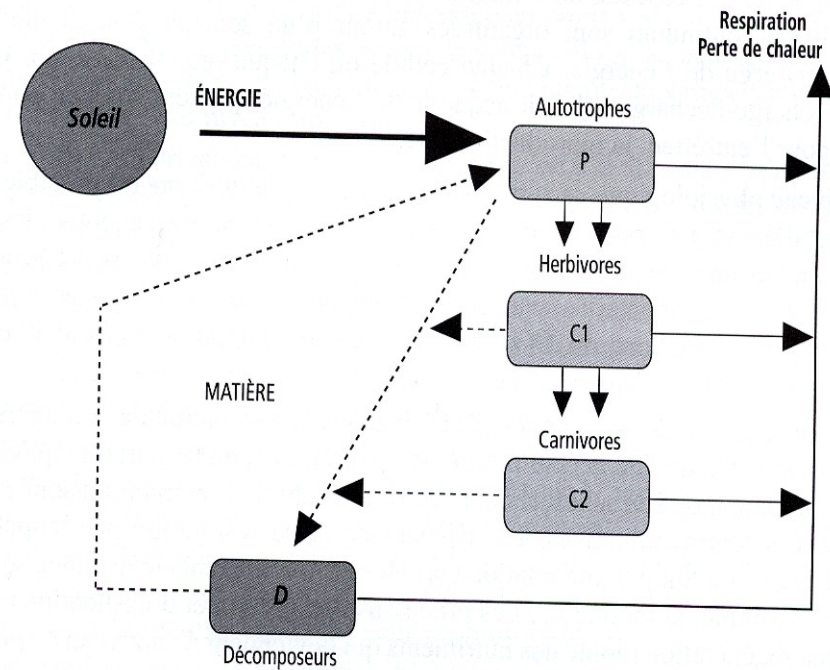
- une diversité élevée permet l'existence des contrôles bottom-up et top-down
- la présence de super-prédateurs permet le maintien d'un réseau trophique riche en espèces

Caractéristique Fondamentale des Chaînes Trophiques

Il y a une circulation continue d'Énergie
et de Matière

(d'après Lévêque, 2001, p. 265)

Le **recyclage** de la matière organique
est alors indispensable pour assurer
la pérennité de l'ensemble du
système.



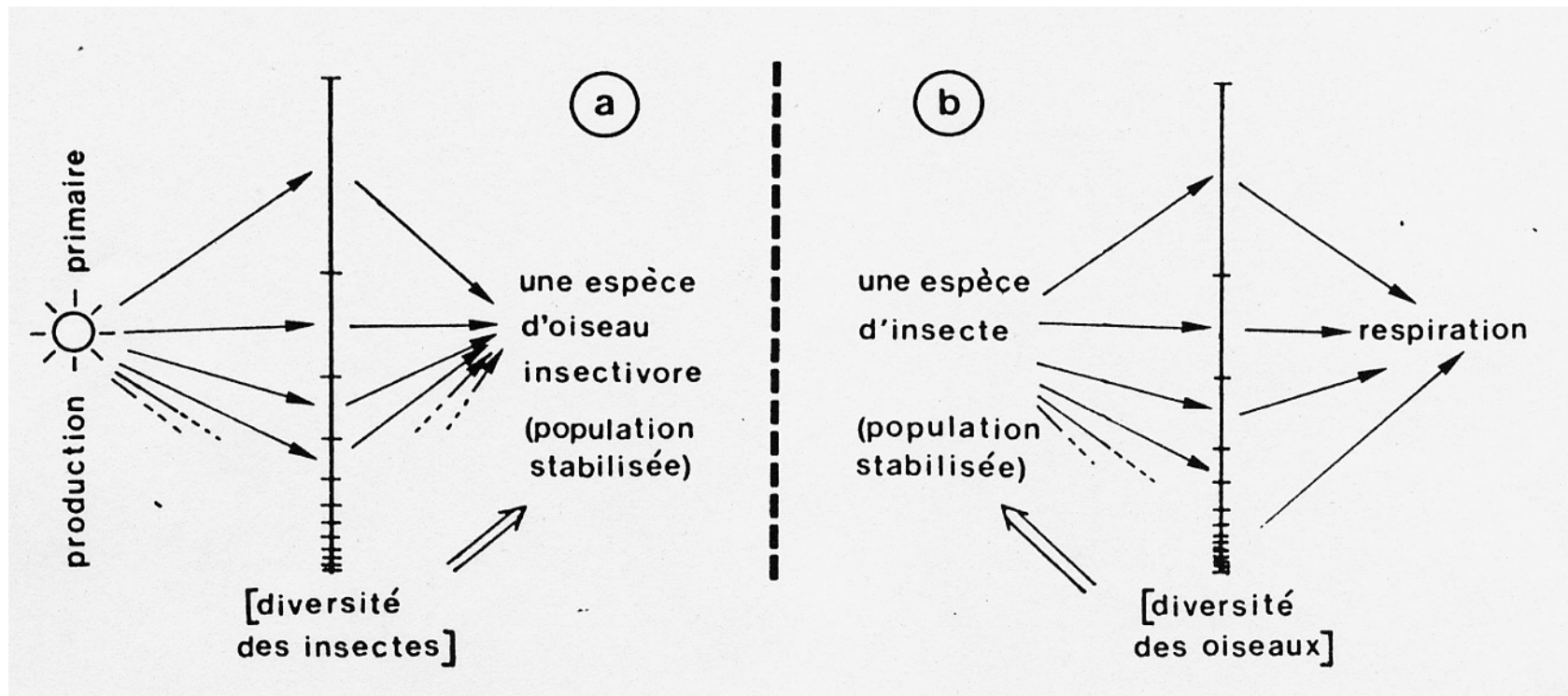
Actuellement, la compréhension du fonctionnement des chaînes trophiques passe par la compréhension et l'analyse de la circulation de l'énergie, plus que de la matière.

Théorie de l'Information et Relations trophiques : quelques éléments de réflexion

Il existe une permanence des flux de matière/énergie/information (chaque terme est équivalent).

On démontre, par exemple, en théorie de l'information qu'au sein d'un réseau trophique :

- la **diversité des proies assure la stabilité** de la biomasse du prédateur (Frontier & Pichod-Viale, 1993, p. 326)
- la **diversité des prédateurs assure la stabilité** de la population de proies.



En associant les deux raisonnements et en généralisant à plusieurs niveaux trophiques, on montre que :

La stabilité de la biomasse d'un réseau trophique est favorisée par la diversité des cheminements d'énergie (= entropie)

Un système dans son ensemble montre une **persistance** si tout blocage du flux d'énergie/matière en un point du réseau peut être **compensé** par la **mise en fonction d'un autre cheminement**.

A l'opposé, un système représenté par une seule proie et un seul prédateur est **constamment menacé** par le risque de disparition d'un des deux éléments.

Toutefois, **la diversité est une condition nécessaire à la stabilité d'un système, mais n'est pas suffisante.**

- un **système trop diversifié est instable** (montré par simulation sur ordinateur);

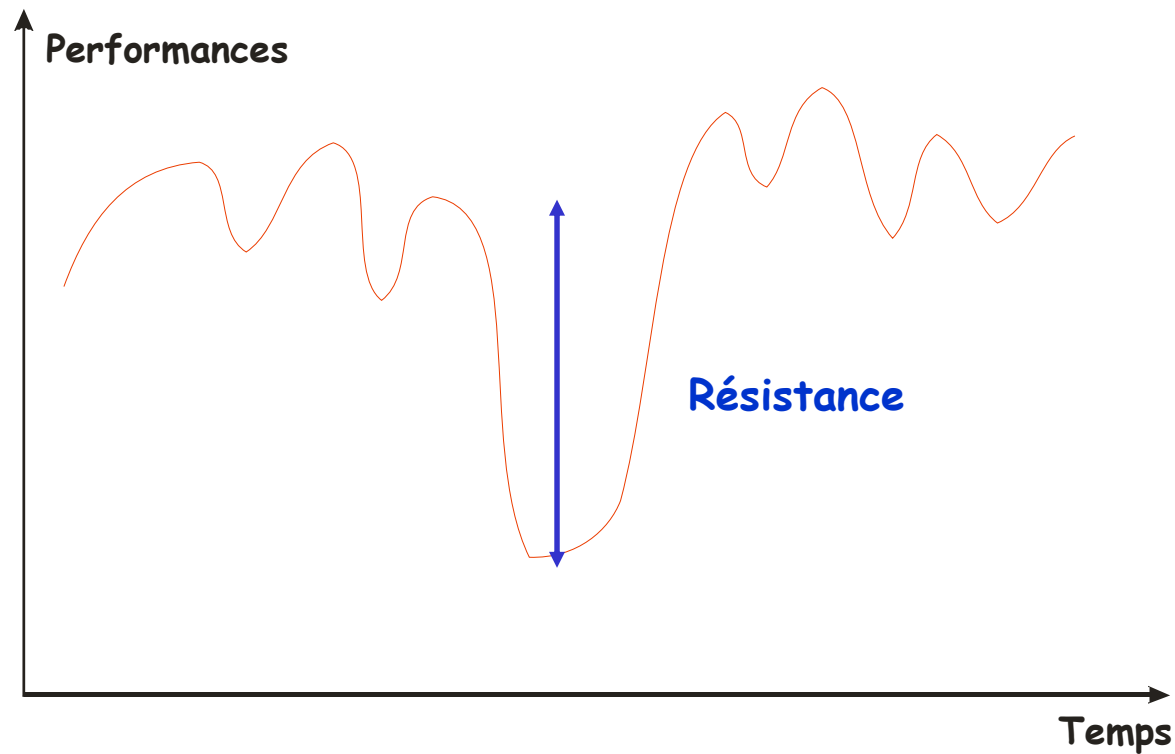
Compréhensible de façon intuitive : si un élément d'un système complexe reçoit trop d'informations simultanées, son comportement n'est plus cohérent et devient désordonné (contradictoire) et aucun mécanisme de régulation (*feed-back*) ne peut intervenir.

Rappels :

- une diversité élevée permet l'existence des contrôles bottom-up et top-down
- la présence de super-prédateurs permet le maintien d'un réseau trophique riche en espèces
- une diversité élevée en proies et en prédateurs assure la stabilité du système (circulation permanente de l'énergie, même en cas de blocage)

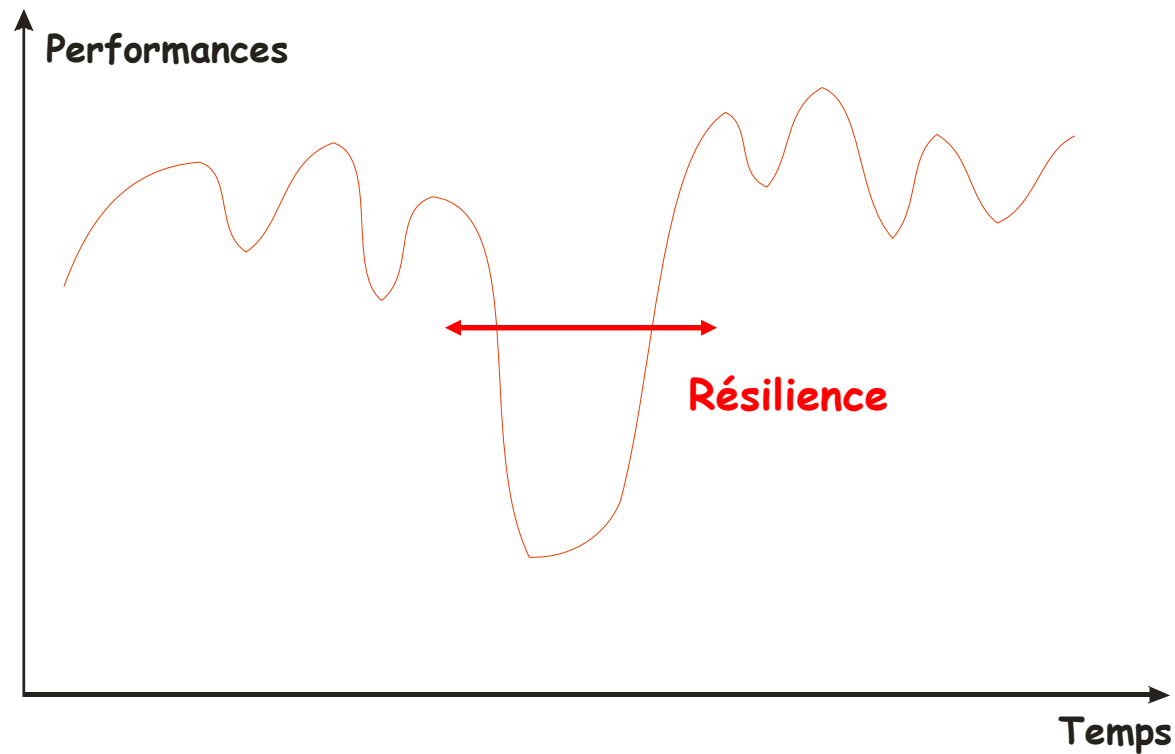
Les points importants à retenir (1)

- des études comparatives ont montré que des modifications fonctionnelles (groupes fonctionnels) induisaient une altération des propriétés des écosystèmes (production, résistance, résilience)



Les points importants à retenir (1)

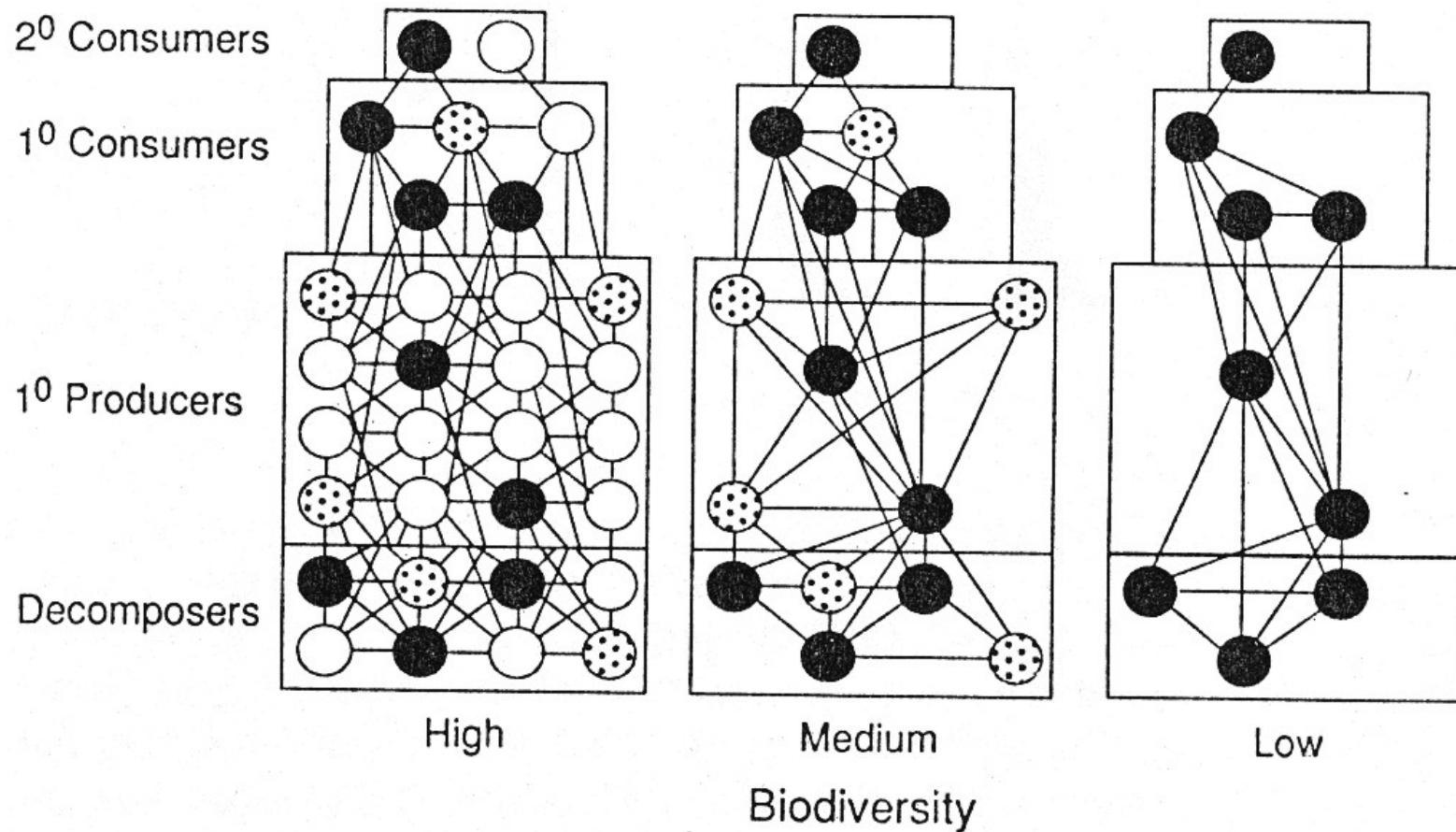
- des études comparatives ont montré que des modifications fonctionnelles (groupes fonctionnels) induisaient une altération des propriétés des écosystèmes (production, résistance, résilience)



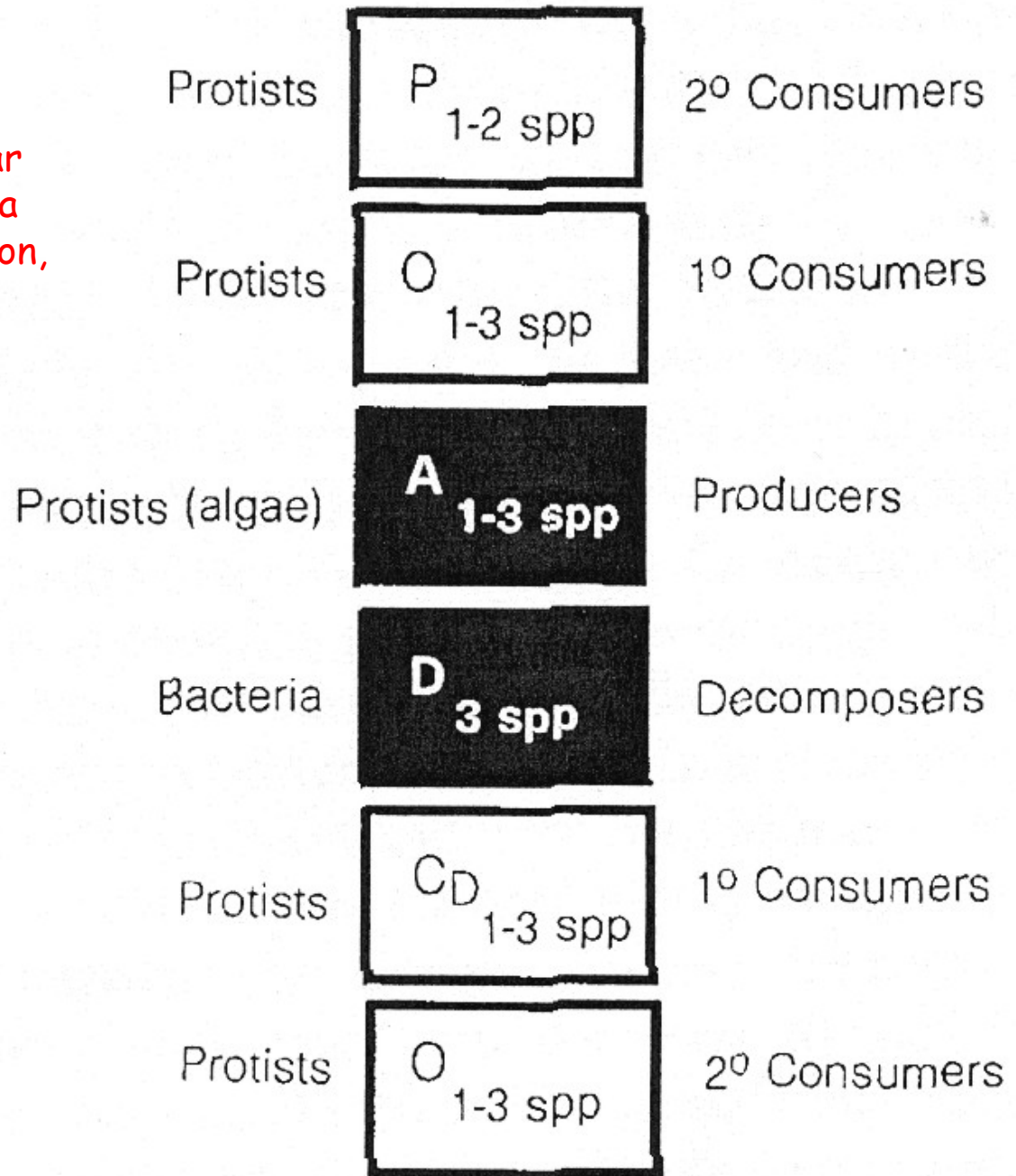
Les points importants à retenir (1)

- des études comparatives ont montré que des modifications fonctionnelles (groupes fonctionnels) induisaient une altération des propriétés des écosystèmes (production, résistance, résilience)
- des **expérimentations** contrôlées permettent d'analyser l'importance de la diversité en espèces (totale ou par groupes fonctionnels)

Expérience de Naeem (1994) : quand la richesse spécifique augmente, les performances du système (respiration, production) augmentent.



Expérience de Naeem (1997) :
quand la richesse spécifique par
groupe fonctionnel augmente, la
stabilité du système (respiration,
production) augmente.



Les points importants à retenir (1)

- des études comparatives ont montré que des modifications fonctionnelles (groupes fonctionnels) induisaient une altération des propriétés des écosystèmes (production, résistance, résilience)
- des **expérimentations** contrôlées permettent d'analyser l'importance de la diversité en espèces (totale ou par groupes fonctionnels)

De nombreuses études, parfois **contradictoires**, ont été publiées entre 1994 et 2000. Il ressort d'elles qu'une relation **positive** existe entre **diversité fonctionnelle** et **dynamique des écosystèmes**, plus qu'entre richesse spécifique et dynamique des écosystèmes.

Cela s'explique par le fait que (i) plus il y a d'espèces, plus il y a de chances qu'il y ait des fonctions particulièrement importantes et (ii) il y a complémentarité des niches et donc complémentarité dans l'usage des ressources.

Conséquence : l'ajout de toute nouvelle espèce peut **perturber** le système ! (modification des fonctions).

(voir plus loin)

Les points importants à retenir (1)

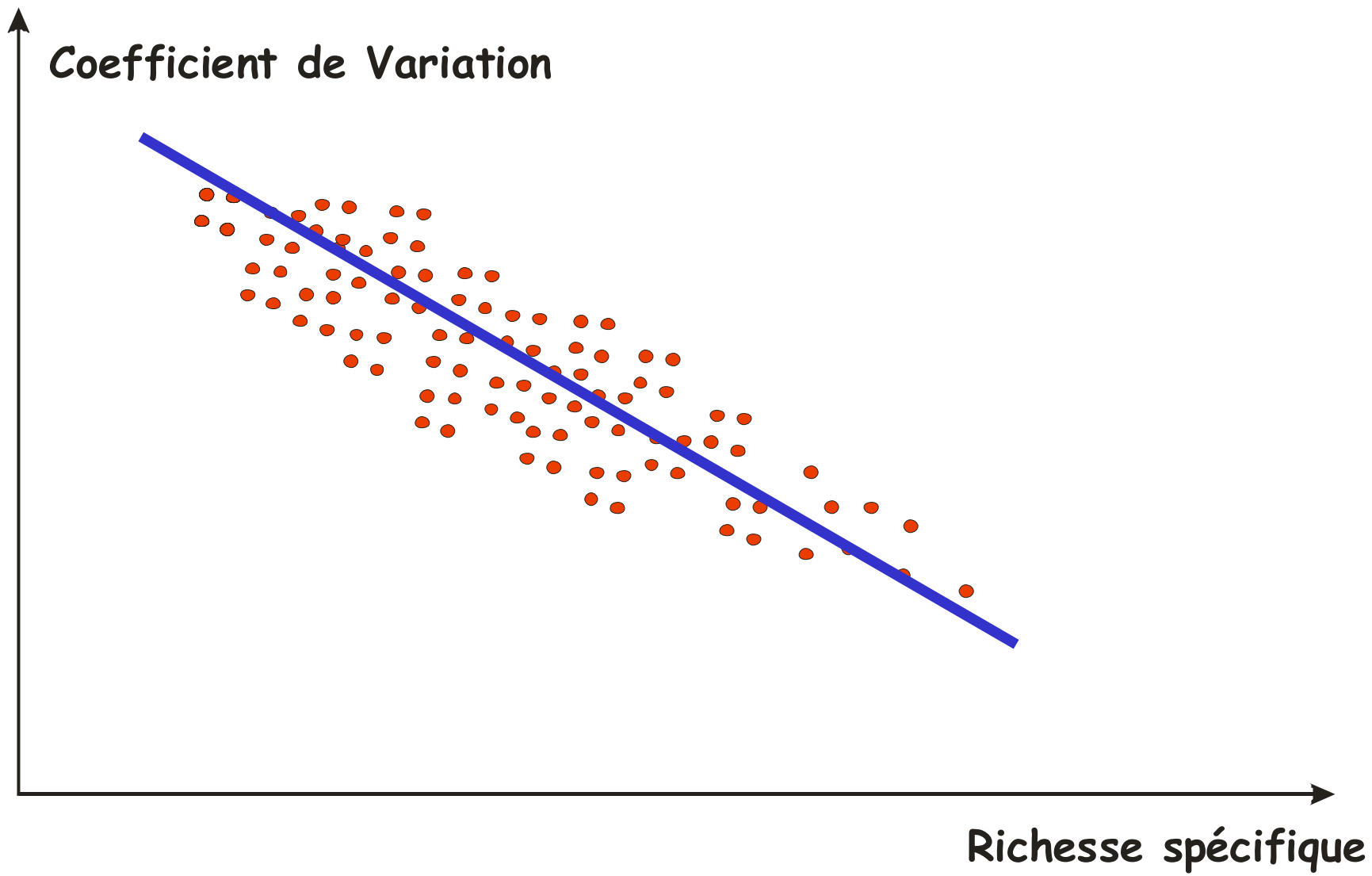
- des études comparatives ont montré que des modifications fonctionnelles (groupes fonctionnels) induisaient une altération des propriétés des écosystèmes (production, résistance, résilience)
- des expérimentations contrôlées permettent d'analyser l'importance de la diversité en espèces (totale ou par groupe fonctionnels)
- une forte diversité en espèces n'est pas indispensable au fonctionnement d'un milieu **quand les conditions sont stables**

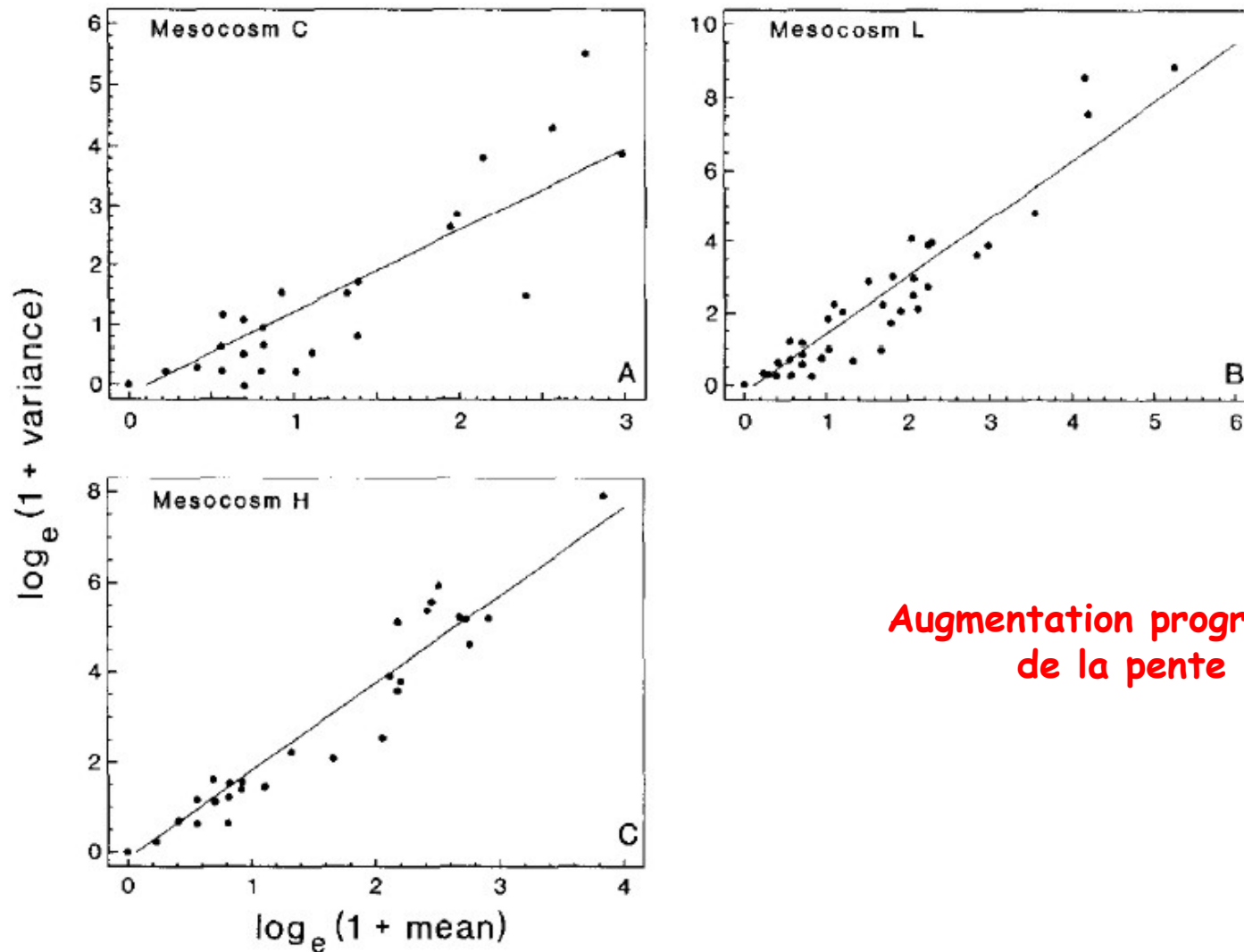
Les points importants à retenir (1)

- des études comparatives ont montré que des modifications fonctionnelles (groupes fonctionnels) induisaient une altération des propriétés des écosystèmes (production, résistance, résilience)
- des expérimentations contrôlées permettent d'analyser l'importance de la diversité en espèces (totale ou par groupe fonctionnels)
- une forte diversité en espèces n'est pas indispensable au fonctionnement d'un milieu quand les conditions sont stables
- **quand les conditions du milieu sont changeantes**, une forte diversité en espèces permet de maintenir les performances constantes

Les points importants à retenir (1)

- des études comparatives ont montré que des modifications fonctionnelles (groupes fonctionnels) induisaient une altération des propriétés des écosystèmes (production, résistance, résilience)
- des expérimentations contrôlées permettent d'analyser l'importance de la diversité en espèces (totale ou par groupe fonctionnels)
- une forte diversité en espèces n'est pas indispensable au fonctionnement d'un milieu quand les conditions sont stables
- quand les conditions du milieu sont changeantes, une forte diversité en espèces permet de maintenir les performances constantes
- quand la richesse spécifique augmente, les fluctuations du milieu sont moindres [coefficient de variation = $f(\text{richesse spécifique})$]





**Augmentation progressive
de la pente**

Fig. 2. Linear regressions of $\log(1 + \text{variance})$ against $\log(1 + \text{mean})$ for abundances of all species in each treatment of the meiofaunal mesocosm experiment. C = controls, L = low dose, H = high dose (of particulate organic matter).

Augmentation progressive de la pente de la « droite de Taylor »

TABLE I

Regression coefficients relating $\log(1 + \text{variance})$ to $\log(1 + \text{mean})$ of all species for each separate condition. Figures in brackets are standard errors.

Example	Condition	Slope	Intercept	R^2 (%)
Meiobenthos	control	1.369 (0.076)	-0.146 (0.069)	82.4
	low dose	1.617 (0.056)	-0.188 (0.081)	92.4
	high dose	1.946 (0.047)	-0.126 (0.056)	96.0
Macrobenthos	group A	1.514 (0.040)	-0.009 (0.031)	87.4
	group B	1.419 (0.033)	0.007 (0.029)	89.9
	group C	1.491 (0.028)	-0.036 (0.026)	93.4
	group D	1.886 (0.032)	-0.084 (0.032)	94.4
Corals	1981	2.054 (0.076)	0.558 (0.159)	90.9
	1983	2.723 (0.050)	0.044 (0.037)	97.6
Reef-fish	control	1.863 (0.029)	0.927 (0.148)	96.4
	mined	1.954 (0.026)	0.655 (0.119)	97.4

Augmentation du stress

Les points importants à retenir (1)

- des études comparatives ont montré que des modifications fonctionnelles (groupes fonctionnels) induisaient une altération des propriétés des écosystèmes (production, résistance, résilience)
- des expérimentations contrôlées permettent d'analyser l'importance de la diversité en espèces (totale ou par groupe fonctionnels)
- une forte diversité en espèces n'est pas indispensable au fonctionnement d'un milieu quand les conditions sont stables
- quand les conditions du milieu sont changeantes, une forte diversité en espèces permet de maintenir les performances constantes
- quand la richesse spécifique augmente, les fluctuations du milieu sont moindres [coefficient de variation = $f(\text{richesse spécifique})$]
- la diversité spécifique (**biodiversité**) agit donc comme une **assurance** contre les changements du milieu

la diversité spécifique (**biodiversité**) agit donc comme une **assurance** contre les changements du milieu

Oui, mais, il ne faut pas oublier les espèces clés (Bellwood *et al.*, 2003)

Par exemple dans un écosystème très diversifié comme les récifs coralliens (3000 espèces de poissons), la disparition d'une seule espèce peut déstabiliser totalement le système.

La pêche excessive du poisson perroquet géant (*Bolbometopon muricatum*), un grand consommateur de corail, a entraîné une perturbation considérable.

Aucune autre espèce n'a pris la place du poisson perroquet.



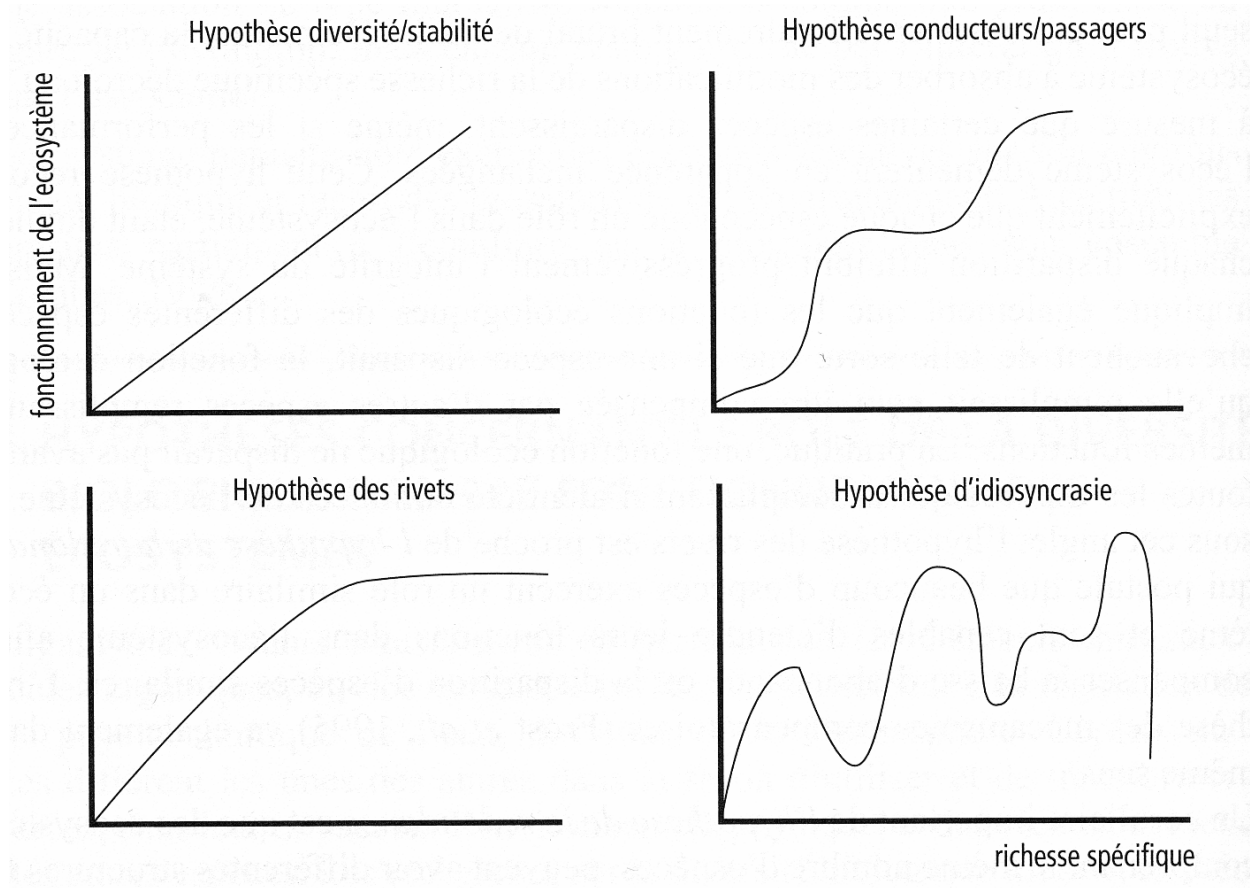
Les points importants à retenir (2)

- la diversité en espèces influence les performances du système

Plusieurs modèles ont été proposés :

- modèle de MacArthur (1955) (stabilité/diversité) : plus il y a d'espèces dans un système, plus elles permettront de compenser les perturbations et de maintenir des performances élevées
- modèle de Ehrlich & Ehrlich (1981) (rivets ... d'avion) : proche de la notion de redondance - au-delà d'un certain seuil, les espèces jouent le même rôle et les performances sont stabilisées
- modèle de Walker (1992) (conducteurs et passagers) : même modèle que le précédent, mais toutes les espèces ne jouent pas le même rôle, certaines sont plus importantes que d'autres (espèce-clé)
- modèle de Naeem *et al.* (1995) (idiosyncratique) : les changements sont imprévisibles car le rôle de chaque espèce est complexe et peut varier d'un milieu à l'autre (groupes fonctionnels; plasticité comportementale)

Plusieurs modèles décrivant l'influence de la biodiversité sur le fonctionnement d'un écosystème



(d'après Lévêque, 2001)

Les points importants à retenir (2)

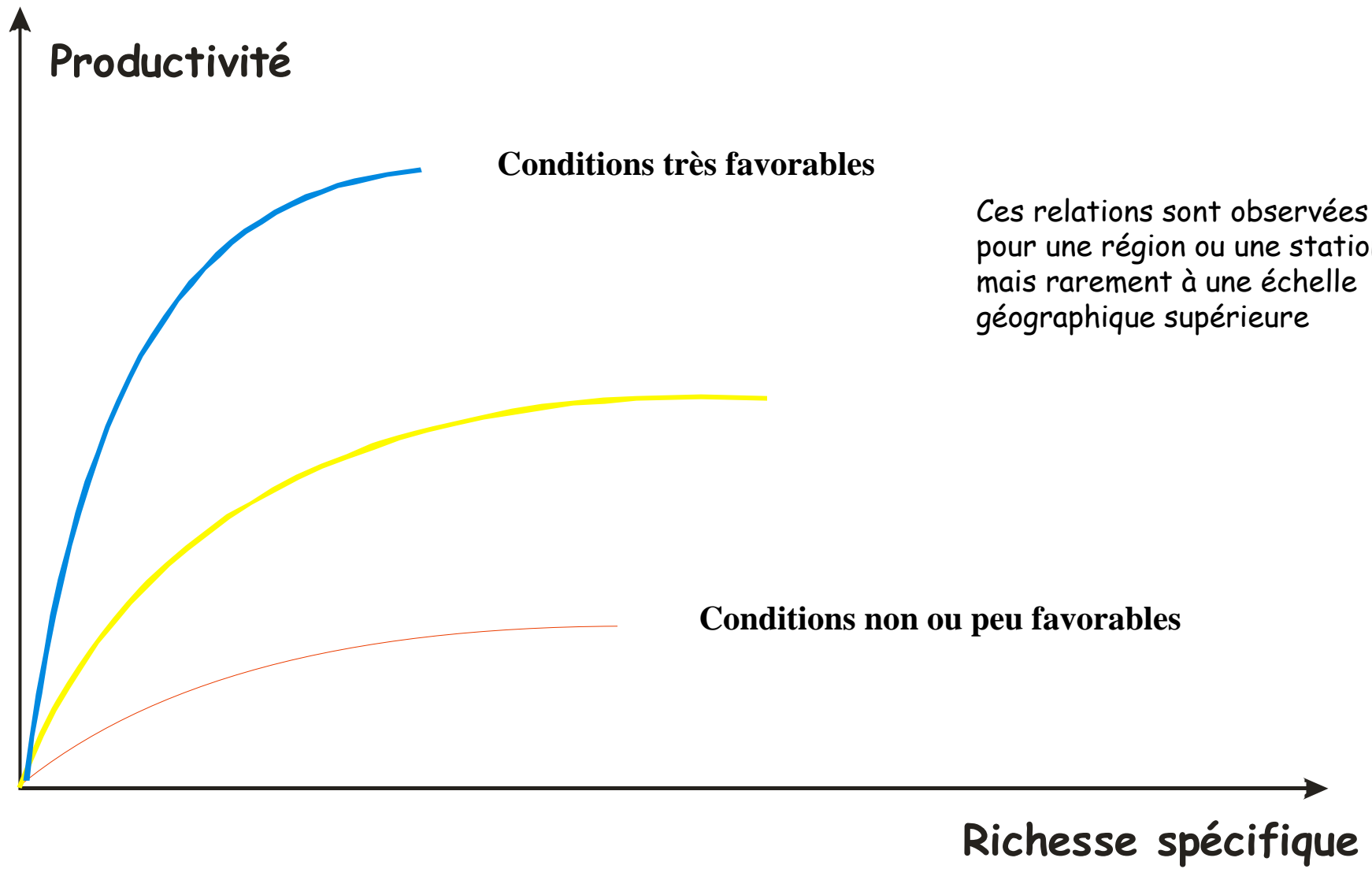
- la diversité en espèces influence les performances du système

Ces relations (modèle 1 à 3; donc sauf modèle idiosyncrasie) sont vraies généralement à petite ou moyenne échelle.

A une échelle régionale, l'hétérogénéité environnementale est sans doute trop importante et elle masque les relations précédentes (*confounding effects*).

Les points importants à retenir (2)

- la diversité en espèces influence les performances du système
- la diversité en espèces influence les performances du système et **est influencée par les conditions abiotiques.**



« forme en bosse » classiquement décrite (= *hump-shaped relationship*) quand l'échelle géographique est vaste

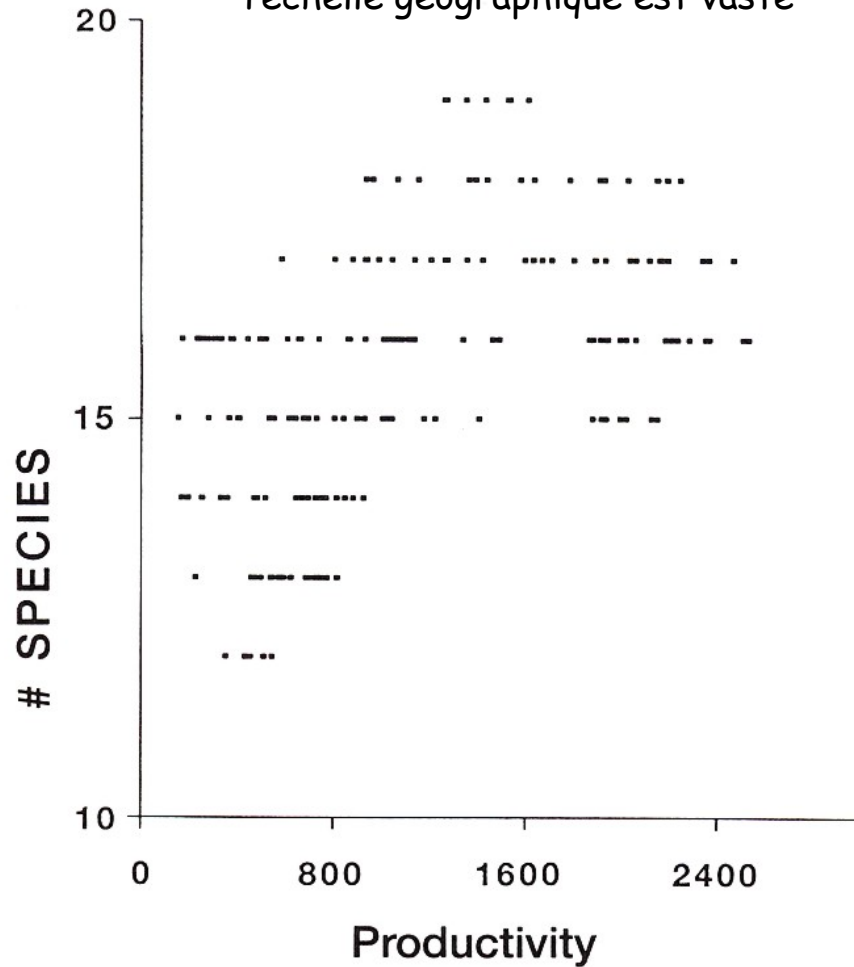


Figure 5.3 Diversity and productivity in Texas carnivores. The humped shape is evident, but the peak is displaced to a productivity of about 1400g/m²/yr—an order of magnitude higher than that for the rodents' peaks in figures 5.2 and 5.6. Productivity is estimated by a function of actual evapotranspiration. (After Owen 1988.)

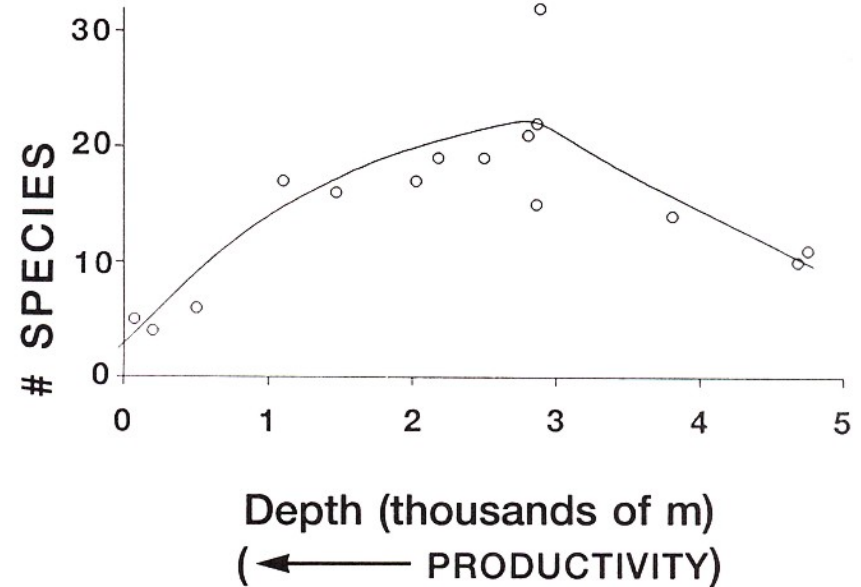
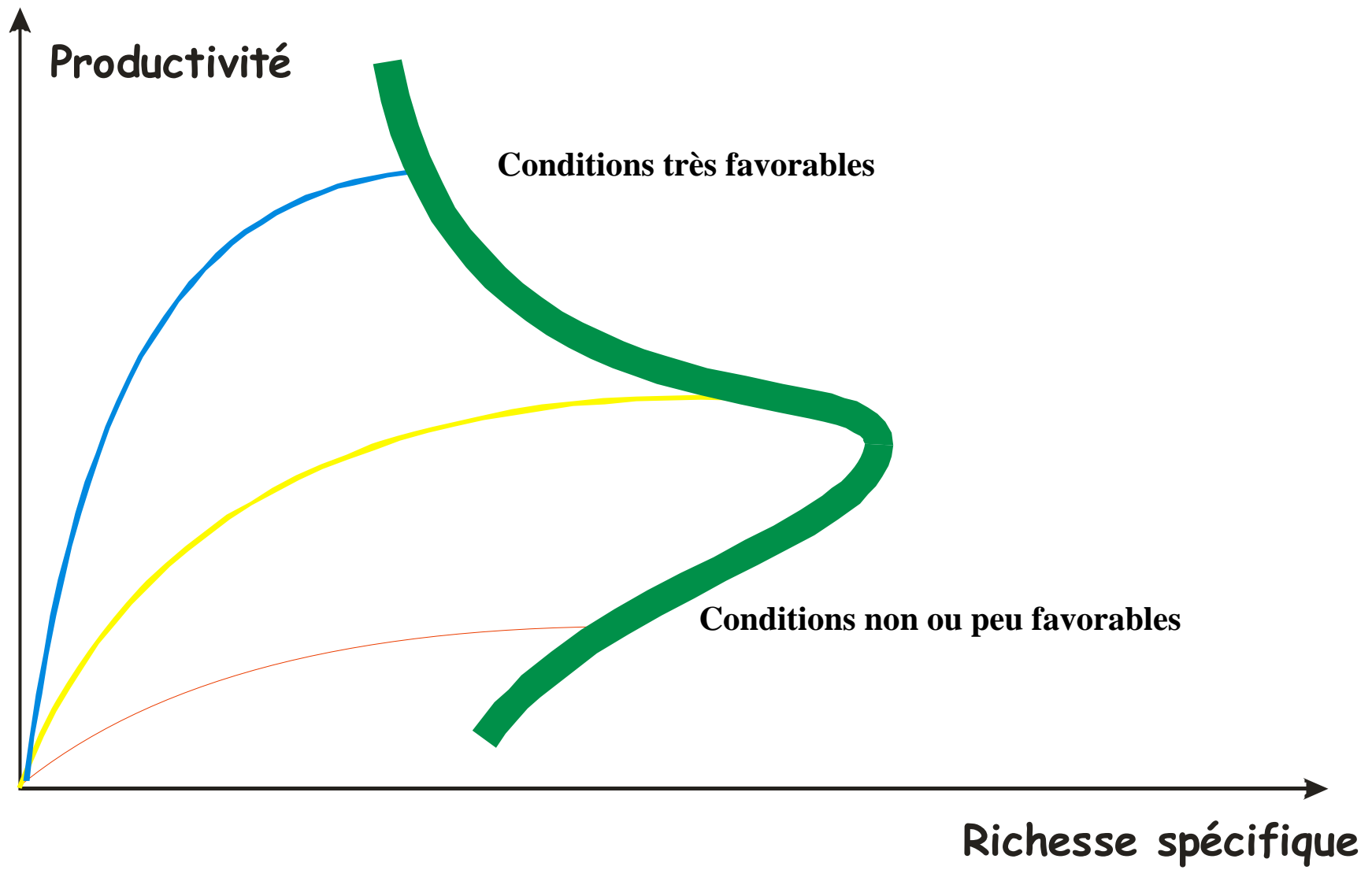


Figure 5.4 Atlantic cumaceans reach peak diversities at intermediate depths. Productivity correlates inversely with depth. These animals live on the bottom and were sampled with an epibenthic sled in a transect from Gay Head to Bermuda. Only samples with at least 100 individuals appear in the graph. This is one of a number of cases cited by Rex (1981) showing benthic marine invertebrate diversity peaking over intermediate depths. (Data from Jones and Sanders 1972.)

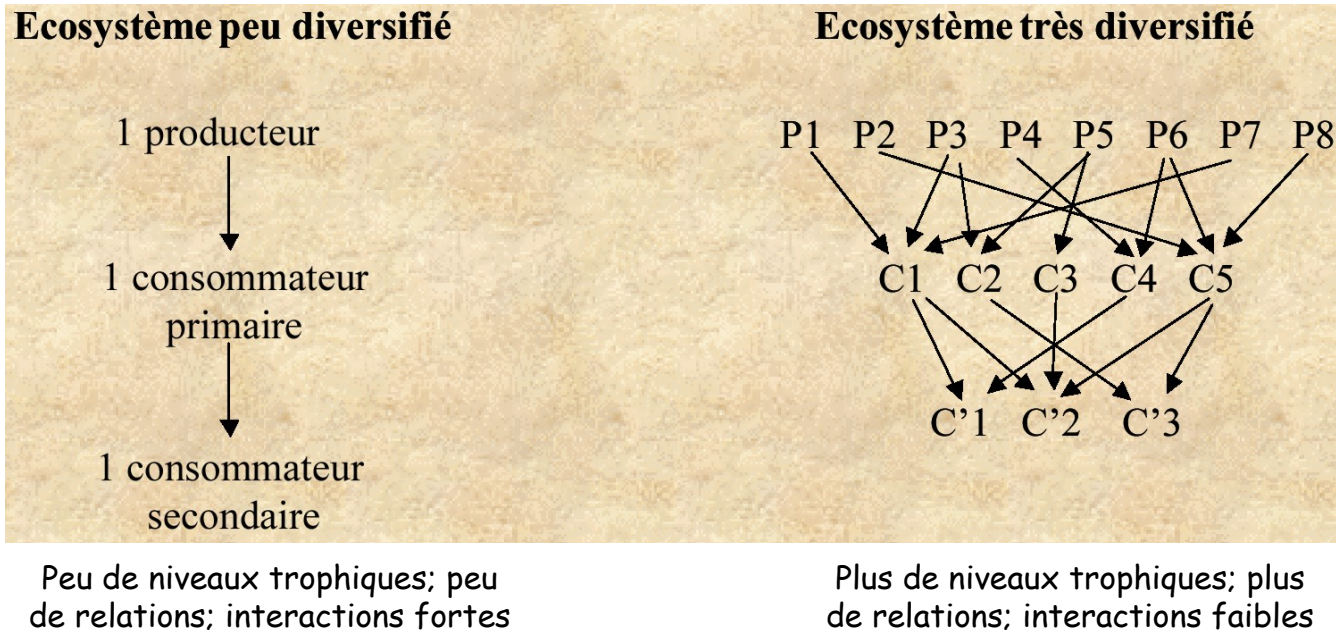
d'après Rosenweig & Abramsky, 1993 (*Species Diversity in Ecological Communities*)



d'après Loreau *et al.* (2001; Nature)

Les points importants à retenir (2)

- la diversité en espèces influence les performances du système
- la diversité en espèces influence les performances du système et est influencée par les conditions abiotiques.
- le type et le nombre de les **relations interspécifiques** influencent le devenir des systèmes (stabilité, résistance, résilience)

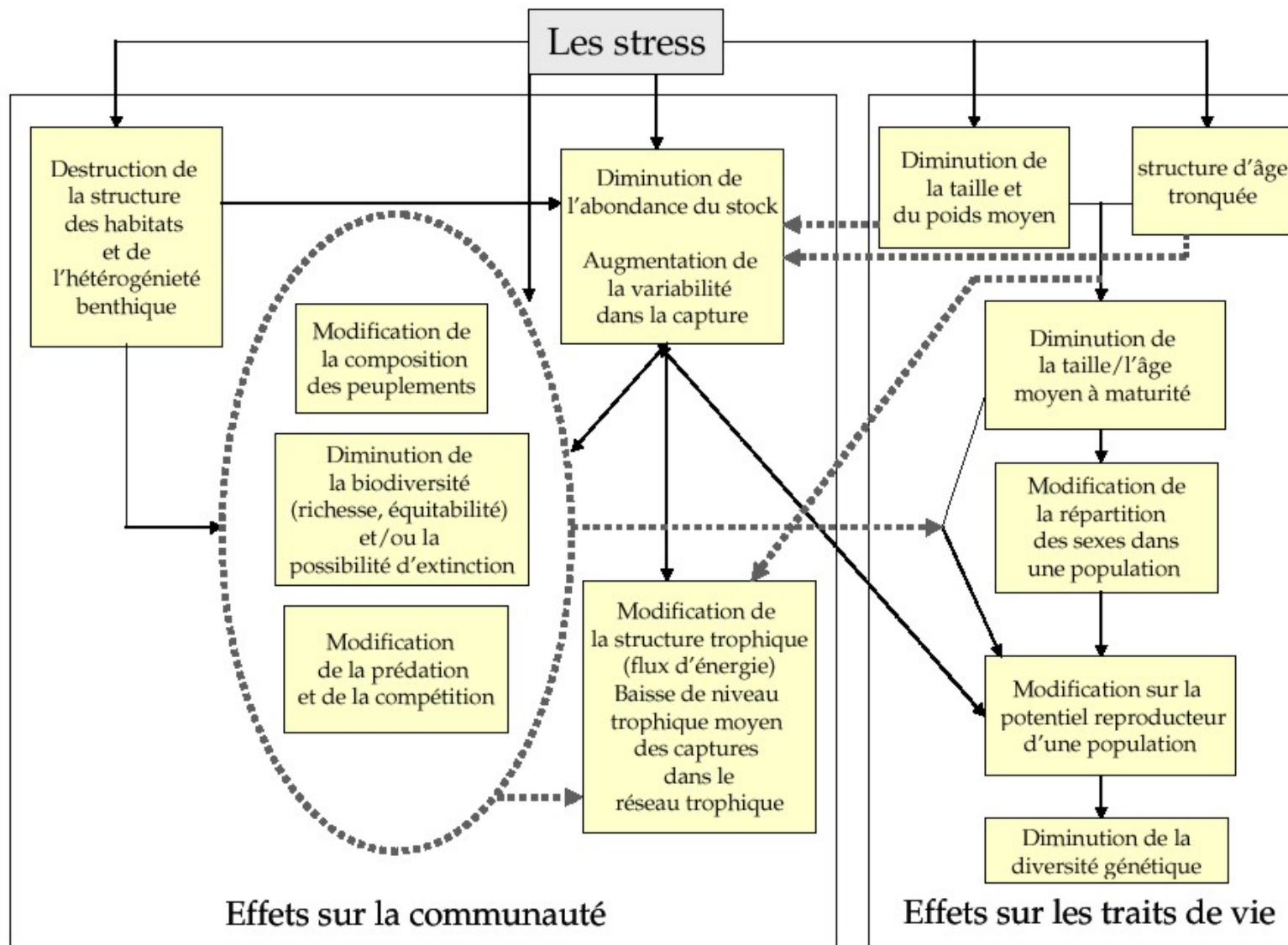


Disparition d'une espèce dans ces systèmes : conséquences différentes (Mc Cann *et al.*, 1998 *Nature*)

- si le réseau trophique est caractérisé par un grand nombre de faibles interactions, les dynamiques chaotiques sont peu probables
- les réseaux dominés par les généralistes ont des dynamiques moins variables que ceux dominés par les spécialistes
- les réseaux trophiques appauvris (relations fortes) sont plus soumis à des oscillations que les systèmes très diversifiés (relations faibles).

Les points importants à retenir (2)

- la diversité en espèces influence les performances du système
- la diversité en espèces influence les performances du système et est influencée par les conditions abiotiques.
- le type et le nombre de les **relations interspécifiques** influencent le devenir des systèmes (stabilité, résistance, résilience)
- le niveau de stress (perturbation) influence-t-il la structure du système (système stable) ?



(d'après Villanueva, 2004)

Tableau 7.1. Quelques critères du développement d'un écosystème, *sensu* Odum (1969). Valeurs estimées par Ecopath indiquant le niveau de maturité des quatre écosystèmes. En gras valeurs traduisant une maturité plus élevée dans ce(s) milieu(x) que dans les autres.

	Critères	Écosystème en développement	Écosystème à maturité	Ecopath	Sine-Saloum	Gambie	Ébrié	Nokoué
<i>Énergétique de la communauté</i>								
1	Production/Respiration (P/R ratio)	Supérieur ou inférieur de 1	Proche de 1	<i>PPT/RT</i>	5,525	1,124	5,155	1,126
2	Production primaire/Biomasse (P/B ratio)	Élevée	Faible	<i>PPT/BT</i>	45,278	13,834	41,596	23,788
3	Biomasse/transferts totaux du système	Faible	Élevée	<i>TB/TTS</i>	0,009	0,021	0,010	0,009
4	Production nette (ou rendement)	Élevée	Faible	<i>PNS</i>	9 677,043	81,547	2 119,768	1 327,430
5	Chaînes trophiques principalement	Linéaires, base de broutage	En réseau, surtout avec des, détritus	<i>IC</i>	0,245	0,192	0,191	0,266
<i>Structure de la communauté</i>								
6	Matière organique totale	Peu abondante	Abondante (proche de 1)	<i>BT/FTDET</i>	0,024	0,101	0,026	0,024
<i>Traits de la vie</i>								
12	Niche écologique	Large	Étroit	<i>IO</i>	0,137	0,152	0,145	0,156
14	Cycles vitaux	Courts, simples	Longs, complexes	<i>PT/BT</i>	37,083	1,527	34,486	2,670
<i>Cycle nutritif</i>								
15	Cycles minéraux	Ouverts	Fermés	<i>IF</i>	2,680	14,990	2,57	34,000
17	Rôle des détritus dans la régénération nutritive	Faible importance	Important	<i>CTD/CT</i>	0,226	0,314	0,244	0,746
<i>Pression de sélection</i>								
18	Type de croissance	« r »	« K »	<i>TB/TTS</i>	0,009	0,021	0,010	0,009
<i>Homéostasie globale</i>								
21	Conservation des éléments minéraux	Faible	Bonne	<i>IF</i>	2,680	14,990	2,57	34,000
22	Stabilité (résistance aux perturbations externes)	Faible	Bonne	\emptyset	62,5	76,9	66,0	79,8
24	Information	Faible	Élevée	<i>A</i>	37,5	23,1	34,0	20,8

PPT/RT: Rapport production primaire totale/respiration du système ; *PPT/BT*: Rapport production primaire totale/biomasse totale ; *TB/TTS*: Rapport biomasse totale/transferts totaux du système ; *PNS*: Production nette du système ; *IC*: Indice de connectance ; *IO*: Indice d'omnivorie ; *PT/BT*: Production totale/Biomasse totale ; *IF*: Indice de Finn (ou recyclage) ; *A*: Ascendance ; \emptyset : Énergie en réserve ; *RT/BT*: Rapport respiration totale/biomasse totale ; *BT/FTDET*: Rapport biomasse totale/flux total vers les détritus ; *CTD/CT*: Rapport consommation totale des détritus/consommation totale.

Villanueva (2004) : l'estuaire du Sine-Saloun (Sénégal) est hyper-salé (stressé) en comparaison de l'estuaire de la Gambie.

Les points importants à retenir (2)

- la diversité en espèces influence les performances du système
- la diversité en espèces influence les performances du système et est influencée par les conditions abiotiques.
- le type et le nombre de les **relations interspécifiques** influencent le devenir des systèmes (stabilité, résistance, résilience)
- le niveau de stress (perturbation) influence-t-il la structure du système (système stable) ?

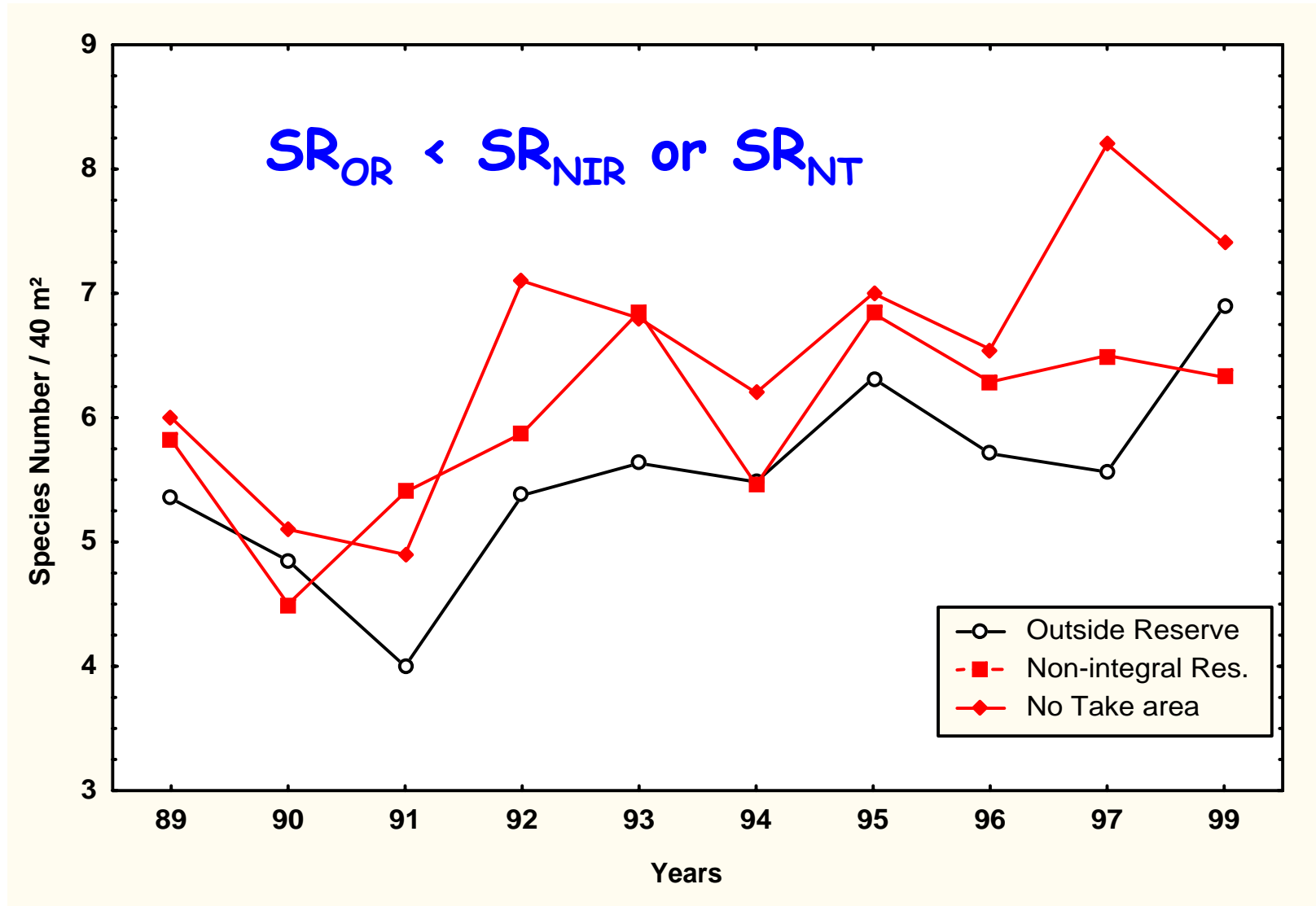
Il semble que les systèmes stressés peuvent être stables avec une richesse spécifique plus faible que les systèmes non-stressés qui nécessitent une diversité plus grande pour être stables.

An application to the fish assemblage of the natural reserve of Scandola (Corsica; north-western Mediterranean)

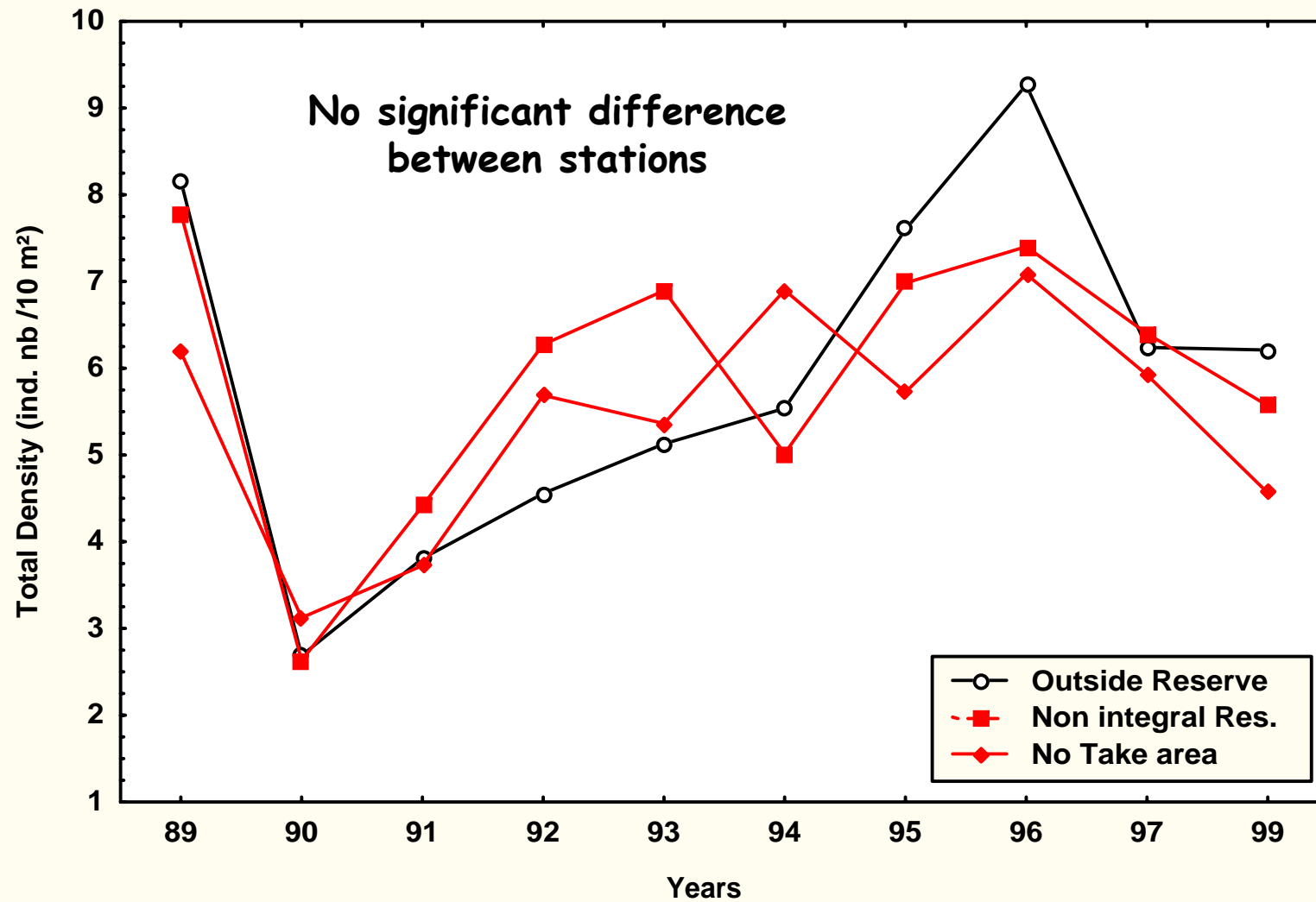


- creation in 1975
- zonation: integral reserve (no take area); non integral reserve (only professional fishermen); outside reserve
- monitoring of *Posidonia oceanica* fish assemblage from 1989 to 1999

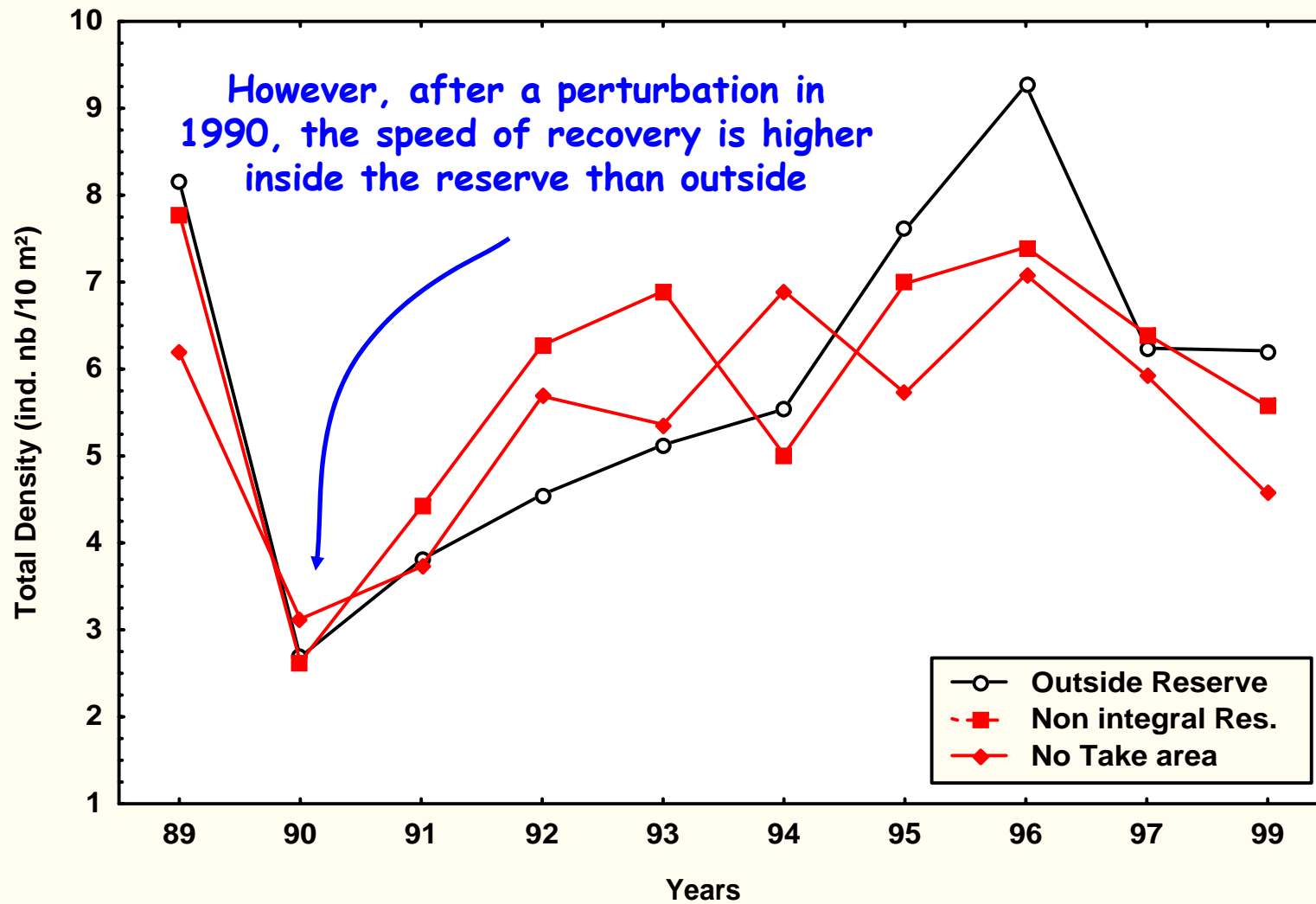
Species Richness



Density



Density



Fluctuations of mean Density between years
(CV: Coefficient of Variation)

CV - 1989-1999	OR (n=34)	NIR (n=33)	NT (n=10)
Labridae	0.57	0.59	0.38
Sparidae	0.47	0.51	0.38
Serranidae	0.33	0.34	0.41
Total	0.41	0.34	0.24

Feltz and Miller test, 1996
p<0.05

$$CV_{NT} < CV_{NIR} = CV_{OR}$$

$$CV_{Total} < CV_{Families}$$

Buffer Effect
and
Stability (Resilience)

Secondary Production (g WW/10m²/y)

Species	North OR	NIR	NT	South OR
<i>Symphodus ocellatus</i>	0.544	0.669	1.049	0.503
<i>Mullus surmuletus</i>	1.720	3.009	3.202	2.330
<i>Symphodus tinca</i>	1.592	2.310	2.241	2.032
<i>Symphodus cinereus</i>	0.007	0.011	0.005	0.077
<i>Diplodus annularis</i>	1.023	1.748	1.220	0.964
<i>Diplodus sargus</i>	0.484	3.371	7.357	2.264
<i>Diplodus vulgaris</i>	0.235	0.322	1.741	0.115
<i>Labrus spp.</i>	1.221	1.719	3.192	0.312
<i>Dentex dentex</i>	0.114	0.072	0.312	0.253
<i>Serranus cabrilla</i>	1.194	0.952	2.371	1.484
<i>Serranus scriba</i>	1.604	1.425	2.307	1.657
<i>Chromis chromis</i>	3.137	2.266	2.208	4.258

Species: target species (professional fishermen; angling; spearfishing)

Production NT > NIR = OR

		Labridae	Sparidae	Serranidae	Mullidae
North OR	D	2.37	0.75	0.21	0.03
	B	30.11	31.25	5.86	2.44
	P	12.43	7.23	2.80	1.72
	P/B	0.41	0.23	0.48	0.70
NIR	D	2.30	1.24	0.22	0.06
	B	39.80	110.62	7.74	5.78
	P	13.11	14.08	2.38	3.00
	P/B	0.33	0.13	0.31	0.52
NT	D	2.67	0.90	0.31	0.07
	B	55.27	64.14	12.59	5.88
	P	15.59	16.27	4.68	3.20
	P/B	0.28	0.25	0.37	0.54
South OR	D	1.92	0.77	0.19	0.04
	B	27.54	35.23	8.23	2.51
	P	10.03	11.40	3.14	2.33
	P/B	0.36	0.32	0.38	0.93

Production: NT > OR and NIR

		Labridae	Sparidae	Serranidae	Mullidae
North OR	D	2.37	0.75	0.21	0.03
	B	30.11	31.25	5.86	2.44
	P	12.43	7.23	2.80	1.72
	P/B	0.41	0.23	0.48	0.70
NIR	D	2.30	1.24	0.22	0.06
	B	39.80	110.62	7.74	5.78
	P	13.11	14.08	2.38	3
	P/B	0.33	0.13	0.31	0.52
NT	D	2.67	0.90	0.31	0.07
	B	55.27	64.14	12.59	5.88
	P	15.59	16.27	4.68	3.2
	P/B	0.28	0.25	0.37	0.54
South OR	D	1.92	0.77	0.19	0.04
	B	27.54	35.23	8.23	2.51
	P	10.03	11.40	3.14	2.33
	P/B	0.36	0.32	0.38	0.93

Production: NT > OR and NIR

P/B: NT and NIR < OR

Synthesis

Species Richness:

- $SR_{NT} \geq SR_{NIR} = SR_{OR}$

Density:

- $D_{NT} = D_{NIR} = D_{OR}$
- Speed of recovery $R > OR$
- $CV_{NT} < CV_{NIR} = CV_{OR}$

Secondary Production:

- Target Species : $P_{NT} > P_{NIR} = P_{OR}$
- Family : $P_{NT} > P_{NIR} = P_{OR}$
- P/B Reserve $\leq P/B_{OR}$

Hypothesis

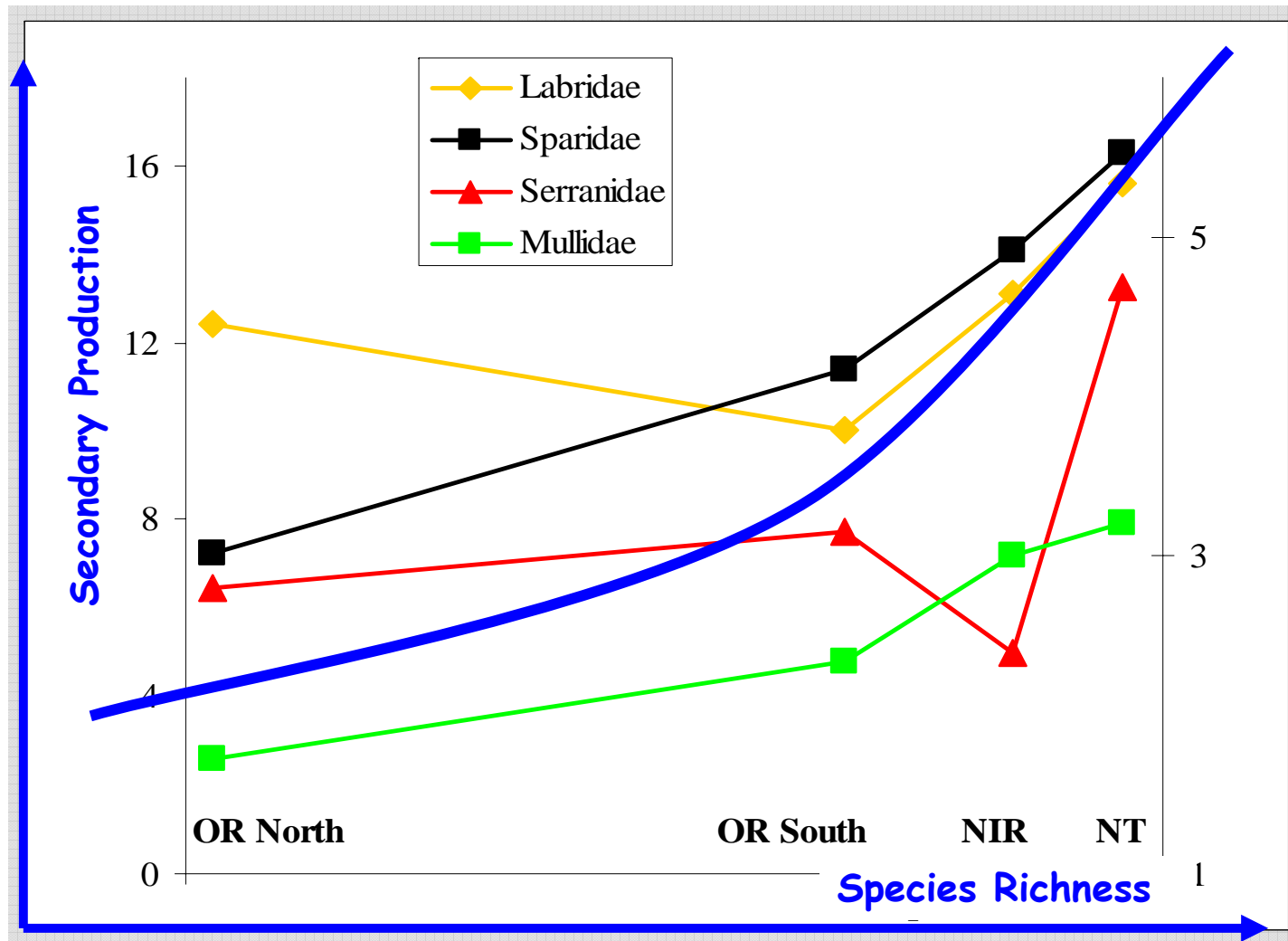
A long term monitoring of fish assemblage (visual census) in a MPA allows to assess the role of the biodiversity in the functioning of the ecosystem

Initial data: • fish number according to size class and species

Calculated data: • density
• biomass
• demographic structure (but no cohort)
• secondary production (Hynes method)

Hypothesis: • as the biodiversity increases, the ecosystem performance increases

Secondary Production and Species Richness relationships for *Posidonia oceanica* fish assemblage fits to theoretical relationship







Conclusion

A long term monitoring of fish assemblage (visual census) in a MPA allows to assess the role of the biodiversity in the functioning of the ecosystem

Initial data: • fish number by size class and by species

Calculated data: • density
• biomass
• demographic structure (but no cohort)
• secondary production (Hynes method)

Issues: • as the biodiversity increases, the characteristics of the ecosystem change

Performance  Stability  Resilience  Maturity 
(secondary production) (buffer effect) (speed of recovery) (P/B)