

Biocontrôle des ravageurs des cultures



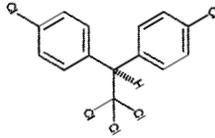
Icerya purchasi, la **Cochenille australienne** qui parasite les agrumes. Introduite d'Australie en Californie en 1872, elle envahit aussitôt les vergers où elle pullule, elle menace ainsi les cultures d'agrumes.

Dans son pays d'origine, la cochenille n'est jamais un ravageur dangereux, certainement du fait de la présence de prédateurs locaux.



Rodolia cardinalis (coccinelle), prédateur d'*Icerya Purchasi* dans son habitat d'origine, a été introduit en Californie pour mettre fin au problème de la cochenille.

Au milieu du XXe siècle, les fumigations au DDT (dichlorodiphényl-trichloroéthane) ont réduit la population de coccinelles, et augmenté la population de cochenilles, jusqu'à ce que les fumigations aient été modifiées.



1

Biocontrôle des mauvaises herbes



Hypericum perforatum (plante toxique) a été introduit en Californie (depuis l'Europe). Elle s'est répandue dans les pâturages.



Le coléoptère *Chrysolina quadrigemina* a été introduit pour la lutte biologique.

2

La lutte biologique n'est pas exempte d'effets négatifs. Les organismes introduits à des fins de contrôle de ravageurs, peuvent **pénétrer dans les écosystèmes naturels** et modifier la structure de leurs réseaux trophiques.

3

Exemple d'effet négatif du biocontrôle en agrosystème, sur le système naturel.



Invasion des Opuntia en Australie avant (ci-dessus) et après (ci-dessous) la lutte biologique par le papillon *Cactoblastis cactorum*.

Ce fut un succès en Australie dans les années 1920 pour le contrôle de plusieurs espèces introduite d'Opuntias.



Après ce succès en Australie, le papillon *Cactoblastis cactorum* fut introduit en Californie, et a **attaqué des espèces endémiques d'*Opuntia***. Ainsi 31 espèces dont 9 endémiques comme *Opuntia corallicola* en Floride sont menacées.



L'insecte s'attaque aux 38 espèces de figuier de Barbarie mexicain qui couvre une superficie de 3 millions d'hectares.

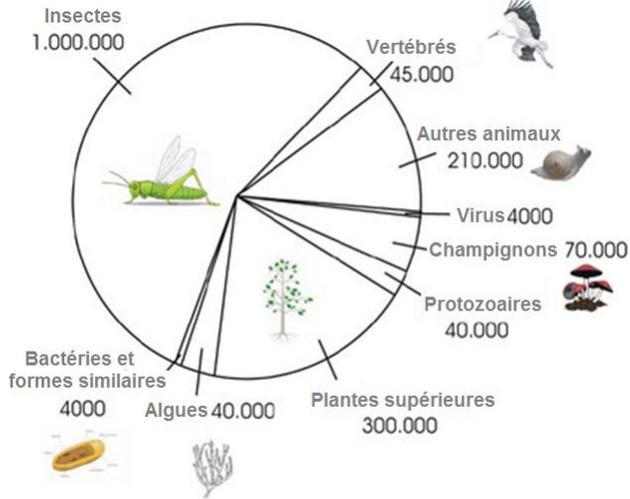
5

Chapitre 5 Diversité et Biodiversité.
 Combien y a-t-il d'espèces? Biodiversité et diversité écologique. Relation entre diversité et biodiversité. Quantifier la diversité écologique dans différents écosystèmes. Facteurs déterminant la diversité dans un écosystème. La diversité en tant qu'indicateur d'impact environnemental. Biodiversité et stabilité dans l'écosystème. Diversité dans les agrosystèmes. La diversité alpha, bêta et gamma.

6

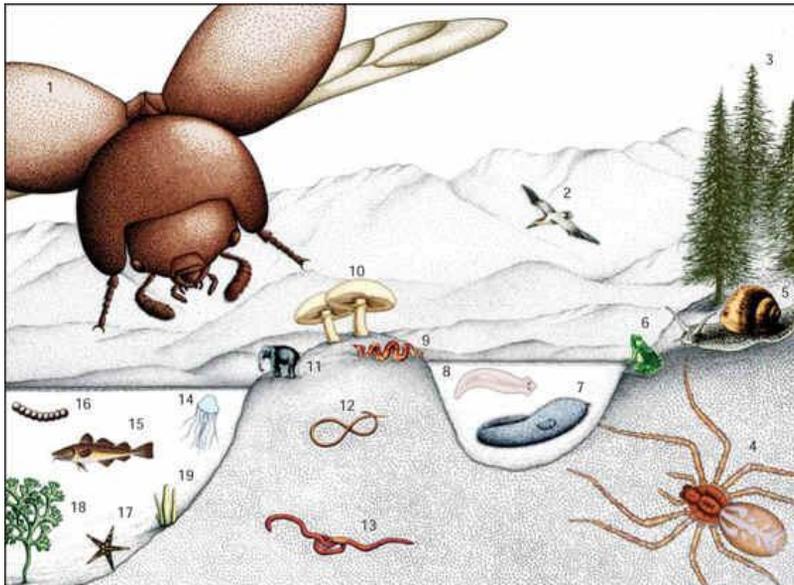
Combien d'espèces y'a-t-il?

Espèces décrites **1 700 000**



1.000.000 insectes.
300.000 plantes supérieures.
210.000 autres invertébrés
70.000 Champignons
45.000 vertébrés.
40.000 algues
40000 protozoaires
8000 bactéries et virus

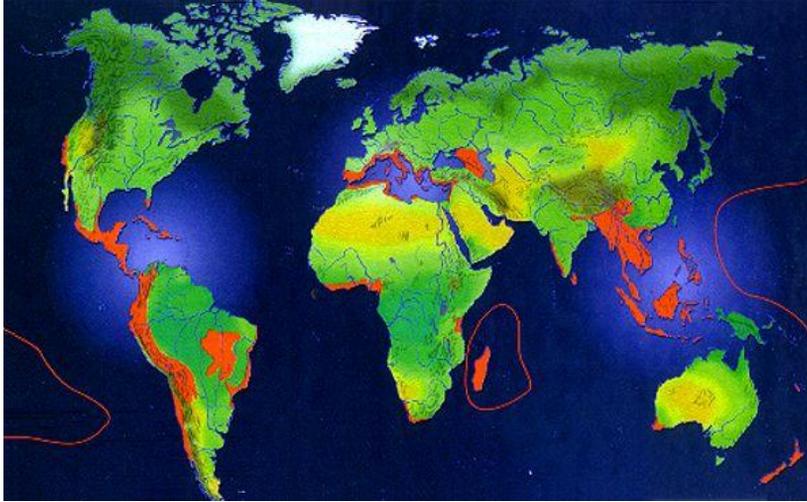
7



Sur l'image, la taille des organismes est proportionnelle au nombre d'espèces du groupe qu'elles représentent. 1. Insectes: **> 1 000 000 d'espèces** • 2. Oiseaux: 9 800 • 3. **Plantes supérieures: 250 000** • 4. **Arthropodes (non insectes): 190 000** • 5. **Mollusques: 50 000** • 6. Amphibiens: 4 200 • 7. Protozoaires: 40 000 • 8. plathelminthes : 12 200 • 9. Reptiles: 6 500 • 10. **Champignons: 69 000** • 11. Mammifères: 4 327 • 12. Nématodes: 12 000 • 13. Annélides: 12 000 • 14. Cnidares et Ctenophores: 9 000 • 15. Poissons: 18 800 • 16. Procaryotes: 4 800 • 17. Étoile de mer: 6 100 • 18. Algues: 40 000 • 19. Éponges: 5 000.

Répartition mondiale de la biodiversité

■ Les « hotspots » constituent des espaces où une biodiversité élevée, associée à un fort pourcentage d'espèces endémiques, sont exposés à de fortes menaces.



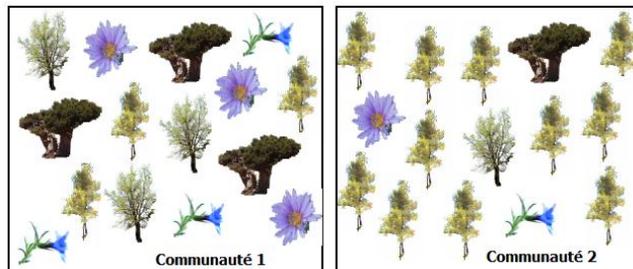
Le Brésil est le pays qui compte le plus grand nombre d'espèces de primates, d'amphibiens, de plantes et de papillons et, par conséquent, le plus méga-divers au monde. On estime que de **15% à 20% de la biodiversité mondiale** est située au Brésil.

Diversité et biodiversité

Caractéristiques structurelles des communautés d'un écosystème

Biodiversité: nombre total d'espèces dans un écosystème ou un catalogue de toutes les espèces vivantes présentes dans un écosystème.

Diversité: abondance relative des différentes espèces d'un écosystème, c'est-à-dire parmi les espèces présentes, lesquelles sont abondantes et lesquelles sont rares? La diversité reflète en quelque sorte, le fonctionnement de l'écosystème.

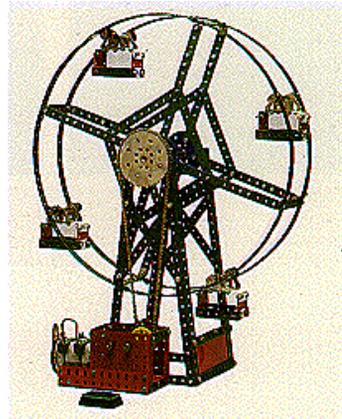
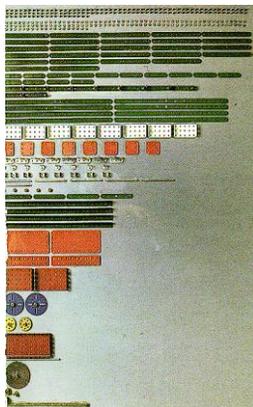


Exemple: Biodiversité et diversité au niveau des plantes, du langage, et en philatélie.

Biodiversité	Diversité
Flore	Végétation
Dictionnaire	Roman
Collection de timbre	Timbres sur une enveloppe

11

Biodiversité et diversité écologique



Diversité de pièces de mécano nécessaires à la fabrication d'un jouet qui fonctionne, une grande roue.

Pour que la roue fonctionne, il est nécessaire que les différentes pièces ne soient pas d'abondance égale: il faut beaucoup de vis et d'écrous et très peu de roues.

Margalef (1989)

12



Ici, comment quantifier la biodiversité et la diversité biologique ?

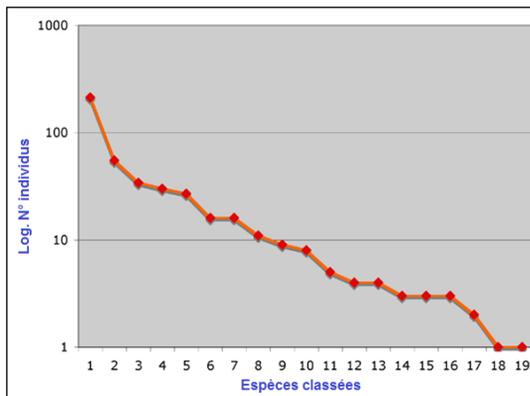
Quantifier la diversité biologique

La diversité biologique est une mesure synthétique des interactions biotiques dans l'écosystème:

Plus la diversité est grande, plus les interactions interspécifiques sont importantes.

Plus la diversité est faible, plus les interactions intraspécifiques sont importantes.

La diversité peut être représentée graphiquement, en classant les espèces par ordre d'abondance, de la plus fréquente à la plus rare.



L'abondance des espèces peut être mesurée en nombre d'individus, en biomasse ou en couverture.

Mesure de la diversité

Peut également être exprimée par une formule mathématique.

Fondamentalement, trois indices sont utilisés :

1. **Indice de Shannon-Weaver (H')**.
2. **Indice de dominance de Simpson (D)**.
3. **Indice de Margalef (H)**.

15

Mesure de la diversité

Indice de Shannon-Weaver (H')

$$H' = -\sum p_i \log p_i$$

p_i = nombre d'individus de l'espèce i / nombre total d'individus

La diversité biologique sera plus grande:

- Plus il y aura d'espèces (plus de chiffres dans la somme).
- Plus les individus seront répartis équitablement entre les espèces.

La diversité (H') est exprimée en bits / individu.

16

Mesure de la diversité

Indice de dominance de Simpson (D)

$$D = \sum p_i^2$$

p_i = nombre d'individus de l'espèce i / nombre total d'individus

-Estime s'il y a des espèces très dominantes dans l'écosystème.

-Du fait de faire la somme des carrés, ceci donne beaucoup d'importance aux espèces très abondantes, la dominance donnera un chiffre élevé, proche de 1, ce qui est la valeur maximale que l'indice puisse prendre.

-Si la dominance est élevée, la diversité sera faible, en soustrayant la dominance du chiffre 1, nous obtenons une estimation de la diversité. Inverse de l'indice de dominance de Simpson:

$$H = 1 - \sum p_i^2$$

17

Mesure de la diversité

Indice de Margalef (H)

$$H = \ln S / \ln N$$

S: nombre d'espèces.

N: nombre total d'individus (de toutes les espèces).

-il est très peu utilisé mais c'est un indice très intuitif.

-La diversité sera maximale (1) lorsque tous les individus appartiennent à des espèces différentes, il sera minimal (0) lorsque tous les individus appartiennent à la même espèce.

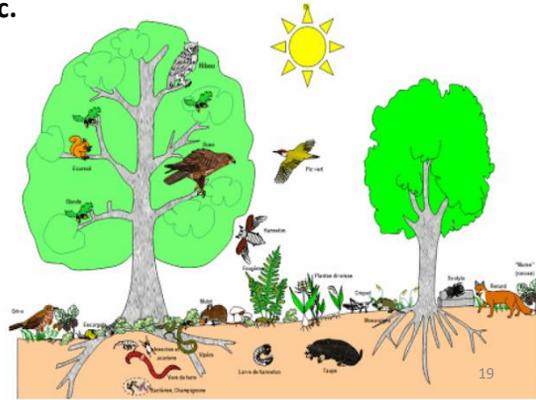
18

Mesure de la diversité

Il n'y a pas d'estimation de la diversité totale des écosystèmes, car il existe un nombre très élevé d'espèces, et il faut beaucoup de spécialistes pour faire l'identification de toutes les espèces et estimer leurs abondances.

Le plus courant est d'estimer la diversité de certains groupes: plantes, insectes, oiseaux, etc.

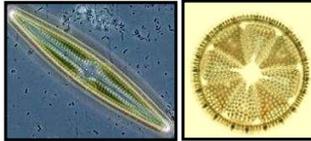
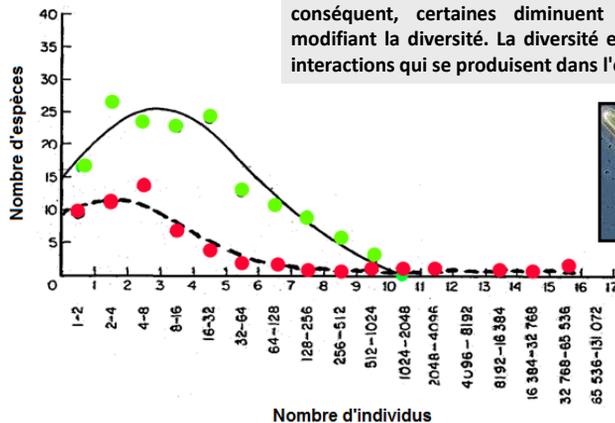
Lorsque la diversité est élevée dans un groupe, elle l'est également dans les autres groupes.



Facteurs qui déterminent la diversité dans un écosystème

1. Interactions entre espèces et perturbations

Les espèces au sein de l'écosystème interagissent constamment. Par conséquent, certaines diminuent et d'autres augmentent, en modifiant la diversité. La diversité est une mesure synthétique des interactions qui se produisent dans l'écosystème.



Répartition des individus de diatomées (algues unicellulaires) dans 2 rivières.

Dans la rivière Ridley (cercles verts), il n'y a pas d'espèce très dominante (plus de 1000 individus)

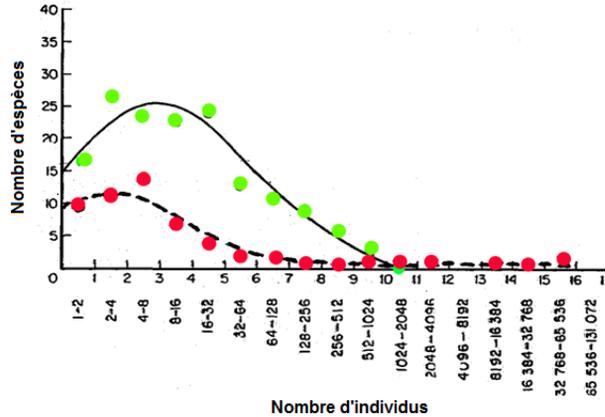
Dans la rivière Back (cercles rouges), il y a plus de 10 espèces très dominantes

La forme des courbes indique les interactions entre les diatomées dans les deux rivières.

Source: Fernández-Alés & Leiva-Morales. Ecología para la agricultura. Pag. 149.

Facteurs qui déterminent la diversité dans un écosystème

1. Interactions entre espèces et perturbations



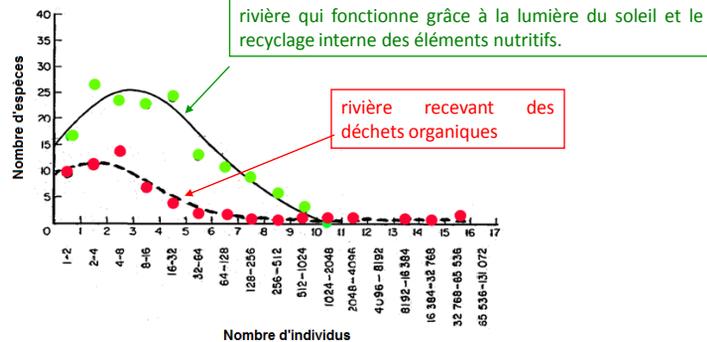
Les cercles verts suivent une **distribution log-normale**: l'abondance de chaque espèce est **indépendante** de celle du reste des espèces. Les diatomées ont peu d'influence l'une sur l'autre, très peu de concurrence vis-à-vis de la lumière et des nutriments.

La courbe des cercles rouges suit une **distribution géométrique**, ce qui signifie qu'il existe de **fortes interactions** entre les diatomées: certaines, très abondantes, utilisent toutes les ressources, les rares exploitent les ressources laissées par les dominantes.

21

Facteurs qui déterminent la diversité dans un écosystème

1. Interactions entre espèces et perturbations



✓ Lorsqu'il y'a peu de nutriments, les espèces ne peuvent pas grandir => **la domination est freinée.**

✓ Lorsqu'il y'a beaucoup de nutriments, les espèces capables de croître plus rapidement deviennent dominantes, monopolisant ainsi l'espace, occultant ainsi les autres et les éliminant par compétition pour la lumière.

L'addition de nutriments ou de matière organique, réduit la diversité

22

Le graphique représente la diversité d'un groupe d'algues unicellulaires, les diatomées, dans deux rivières. Dans la rivière Ridley (cercle vert), la plupart des espèces ont un nombre moyen d'individus (entre 4 et 32). Les espèces rares (1 à 2 individus) sont fréquentes et il n'y a pas d'espèce très dominante (plus de 1000 individus). Au contraire, dans la Back River (cercles rouges), il y a plus de 10 espèces très dominantes (plus de 1000 individus), les espèces avec peu d'individus sont plus rares que dans le Ridley.

L'analyse de la forme des courbes du graphique permet de déduire quelles sont les interactions entre les diatomées dans ces deux rivières.

La courbe à ligne continue suit une distribution log-normale, ce qui signifie que l'abondance de chaque espèce est indépendante du reste des espèces. Les différentes espèces de diatomées ont peu d'influence les unes sur les autres, car elles ne rivalisent pas pour la lumière et les nutriments du milieu.

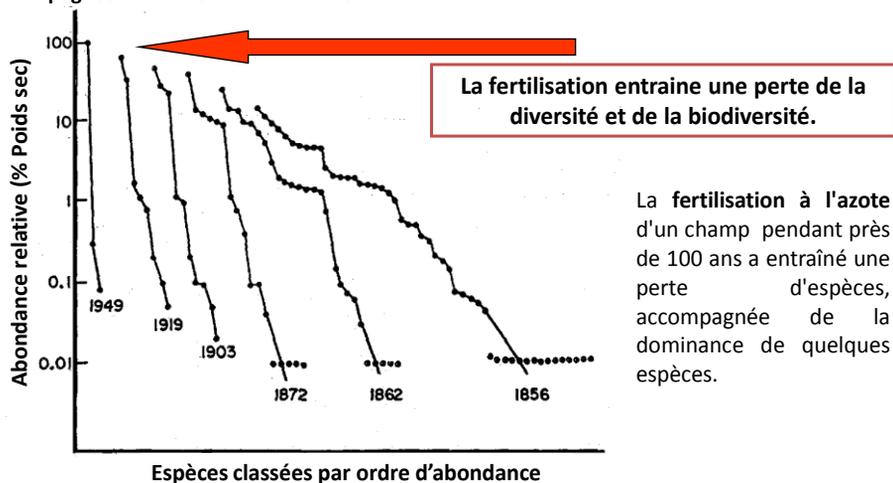
La courbe en pointillés suit une distribution géométrique, ce qui signifie qu'il existe de fortes interactions entre les diatomées: certaines, très abondantes, utilisent toutes les ressources, d'autres, très rares, exploitent les ressources laissées par les diatomées dominantes. La courbe en trait continu correspond à une rivière qui utilise la lumière du soleil et le recyclage des nutriments. La courbe en pointillés correspond à une rivière qui reçoit des déchets organiques. Quand il y a peu de nutriments dans l'environnement, les espèces se développent lentement, ce qui empêche la dominance. Mais quand il y a beaucoup d'éléments nutritifs, les espèces capables de croître plus rapidement dominent, à tel point qu'elles monopolisent tout l'espace, et éliminent ainsi les autres espèces par compétition vis à vis de la lumière.

23

Facteurs qui déterminent la diversité dans un écosystème

1. Interactions entre espèces et perturbations

Il a été prouvé expérimentalement que la fertilisation entraîne une perte d'espèces, accompagnée d'une croissance de la dominance.



Changements au niveau de l'abondance relative des espèces dans une parcelle expérimentale d'un champ une station soumise à une fertilisation continue en azote depuis 1856.

24

Source: Fernández-Alés & Leiva-Morales. Ecología para la agricultura. Pag. 150.

Facteurs qui déterminent la diversité dans un écosystème

1. Interactions entre espèces et perturbations

Estimation de la diversité d'un ensemble d'écosystèmes très différents, par l'indice de Simpson (*Odum 1980*) de 0 à 1:

$$D = \sum p_i^2$$

Résultats: distribution bimodale

Dans les écosystèmes à **diversité élevée** (0,7-0,85), les éléments nutritifs sont recyclés de manière interne: forêts, prés, déserts, océans et mers.

Dans les groupes à **faible diversité** (0.05-0.2), les écosystèmes sont fertilisés soit de manière naturelle (rivières, marécage, ou estuaires), ou par l'activité humaine (cultures, décharges, lacs et rivières qui reçoivent des déchets).

25

Facteurs qui déterminent la diversité dans un écosystème

1. Interactions entre espèces et perturbations

Odum (1980) a inclus des écosystèmes **très perturbés**, des cultures et des sites contaminés par des toxines, où les quelques espèces qui réussissent à survivre poussent de manière disproportionnée en l'absence de concurrents.



Non seulement les fertilisants, mais les fortes perturbations tuent également de nombreux êtres vivants, et par conséquent diminuent la diversité et la biodiversité des écosystèmes.

26

Facteurs qui déterminent la diversité dans un écosystème

1. Interactions entre espèces et perturbations

Les facteurs qui entravent les interactions entre les espèces contribueront au maintien de la diversité des écosystèmes.

a. Hétérogénéité de l'environnement

b. Perturbations de faible intensité

27

Facteurs qui déterminent la diversité dans un écosystème

1. Interactions entre espèces et perturbations

a. Hétérogénéité de l'environnement

Homogénéité / hétérogénéité
de l'environnement physique

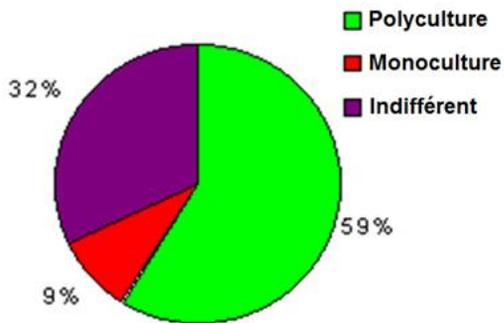


Facteurs qui déterminent la diversité dans un écosystème

1. Interactions entre espèces et perturbations

a. Hétérogénéité de l'environnement

Dans les polycultures, plus hétérogènes, il y a plus de prédateurs de parasites que dans les monocultures



Pourcentage d'espèces d'arthropodes prédateurs de ravageurs dans les monocultures, les polycultures, ou d'égale abondance dans les deux (indifférents). De Powers et Mac Sorley (2001)

Ce graphique montre que dans les polycultures, on trouve un nombre plus élevé de prédateurs de ravageurs, que dans les monocultures, probablement en raison de la présence de différents micro-habitats, et de la présence de plus d'espèces herbivores pouvant constituer une ressource pour les prédateurs en absence de ravageurs.

29

Facteurs qui déterminent la diversité dans un écosystème

1. Interactions entre espèces et perturbations

b. Perturbations de faible intensité. Si une perturbation n'élimine qu'une partie de la biomasse, soit parce qu'elle ne concerne qu'une zone réduite, soit parce qu'elle n'affecte qu'une partie de la structure des organismes (piétinement, feu, froid, pâturage), **elle évitera la dominance si elle détruit l'espèce dominante**, car elle l'empêche de se développer suffisamment pour éliminer ses concurrents.



Perturbation de faible intensité, chute d'arbres: hétérogénéité environnementale

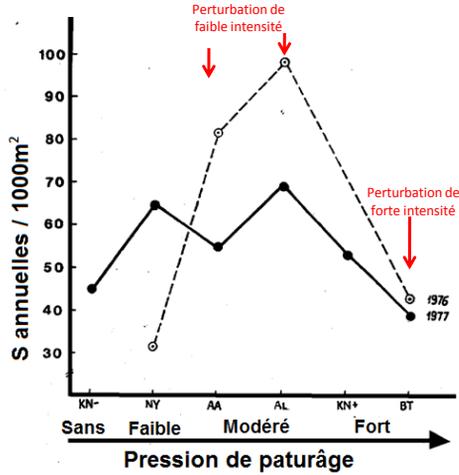


30

Facteurs qui déterminent la diversité dans un écosystème

1. Interactions entre espèces et perturbations

b. Perturbations de faible intensité



Là où il n'y a pas de pâturage, il y a peu d'espèces car les graminées deviennent dominantes et éliminent les autres par compétition.

Avec des pressions élevées, il y a peu d'espèces, car peu sont capables de supporter une perturbation aussi forte.

La plus grande richesse en espèces se situe au niveau des pressions intermédiaires.

Nombre d'espèces annuelles (S) dans des parcelles de 1 000 m² dans des pâturages méditerranéens sous une pression de pâturage croissante.

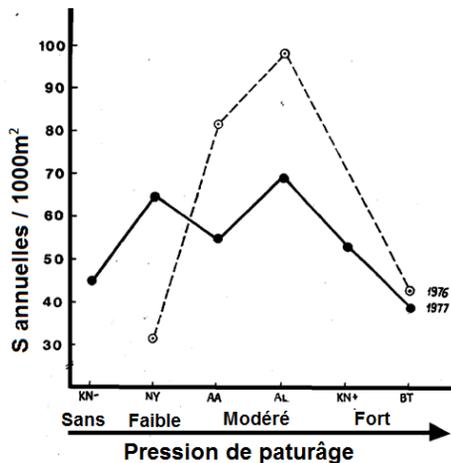
De Naveh & Wittaker (1979)

31

Facteurs qui déterminent la diversité dans un écosystème

1. Interactions entre espèces et perturbations

b. Perturbations de faible intensité



✓ Le pâturage maintient la diversité de la végétation si la pression herbivore est adéquate.

✓ Cette pression est différente pour chaque écosystème en fonction de sa productivité et de son histoire.

✓ La végétation qui a toujours été soumise au pâturage (savane africaine, pâturages du bassin méditerranéen), atteint sa diversité maximale sous une pression herbivore supérieure à celle des écosystèmes qui ont une histoire de pâturage relativement récente (savane sud-américaine et Californie).

Nombre d'espèces annuelles (S) dans des parcelles de 1 000 m² dans les pâturages méditerranéens sous une pression de pâturage croissante. De Naveh & Wittaker (1979)

Source: Fernández-Alés & Leiva-Morales. Ecologie pour l'agriculture. Pag. 152.

32

Facteurs qui déterminent la diversité dans un écosystème

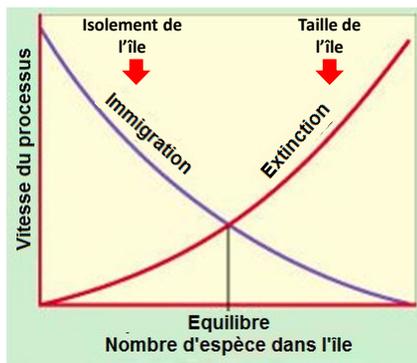
2. Facteurs externes à l'écosystème: taille et distance



33

Théorie de la biogéographie insulaire (Mc Arthur & Wilson 1967)

Le nombre d'espèces sur une île représente un équilibre dynamique entre des taux de migration et d'extinction opposés.



La taille de l'île aura un effet sur le taux d'extinction (sur une petite île, les populations plus petites seront davantage sujettes à l'extinction). Les taux d'immigration seront influencés par l'isolement de l'île. Plus l'île sera éloignée de la source des espèces, moins elles seront susceptibles de l'atteindre.

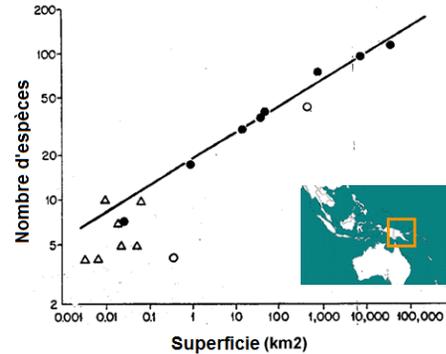
En résumé: le nombre d'espèces augmente avec la superficie de l'île et diminue avec son isolement, il n'y a pas d'événements d'immigration et d'extinction isolés, mais un remplacement constant.

34

Facteurs qui déterminent la diversité dans un écosystème

2. Facteurs externes à l'écosystème: **taille** et distance

Le nombre d'espèces sur une île **dépend de la taille de l'île**: plus elle sera grande, plus il y'aura d'espèces.



Relation entre le nombre d'espèces d'oiseaux installés non marins, et la taille des îles de l'archipel de Bismarck.

De Diamond & May (1981).

35

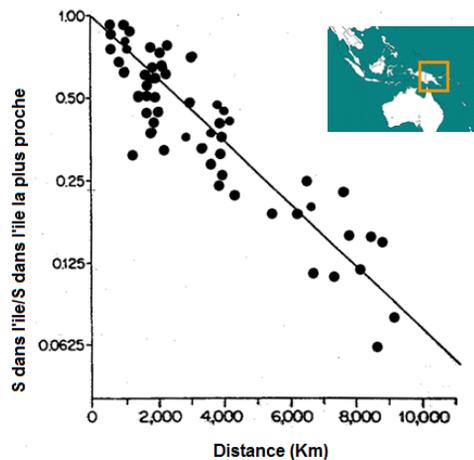
Facteurs qui déterminent la diversité dans un écosystème

2. Facteurs externes à l'écosystème: taille et **distance**

Le nombre d'espèces **dépend de la distance** entre l'île et d'autres îles similaires. Plus elle sera éloignée, moins il y'aura d'espèces.

Dans les cas isolés, le nombre d'espèces peut augmenter grâce à l'évolution et la diversification des espèces présentes. Il s'agit d'un processus très lent qui contribue difficilement à l'augmentation du nombre d'espèces.

La diversité est fortement influencée par les problèmes biogéographiques.



Relation entre S: le nombre d'espèces d'oiseaux (non marins) installés dans les îles du Pacifique Sud-Ouest, et la distance qui sépare l'île de la Nouvelle-Guinée.

36

