

université PARIS-SACLAY | FACULTÉ DES SCIENCES D'ORSAY

Biodiversité et activités humaines

MARC GIRONDOT, UNIVERSITÉ PARIS SACLAY
MARC.GIRONDOT@UNIVERSITE-PARIS-SACLAY.FR

1

Plan du cours

1. Qu'est-ce que la biodiversité ?
2. La biodiversité est-elle menacée ?
3. Pourquoi protéger la biodiversité ?
4. Quelles sont les menaces ?
5. Qu'est-ce que la biologie de la conservation

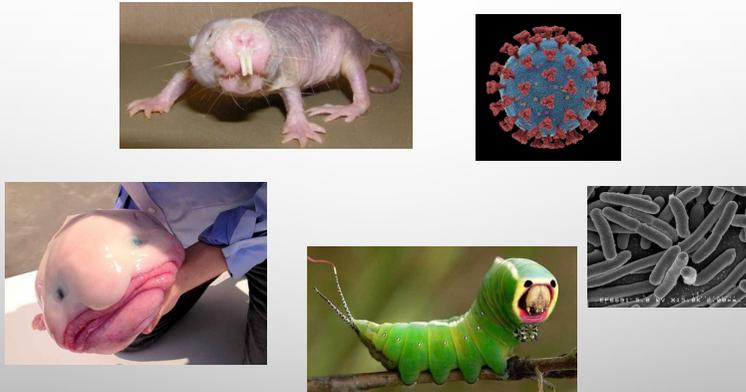
2

1- Qu'est-ce que la biodiversité ?

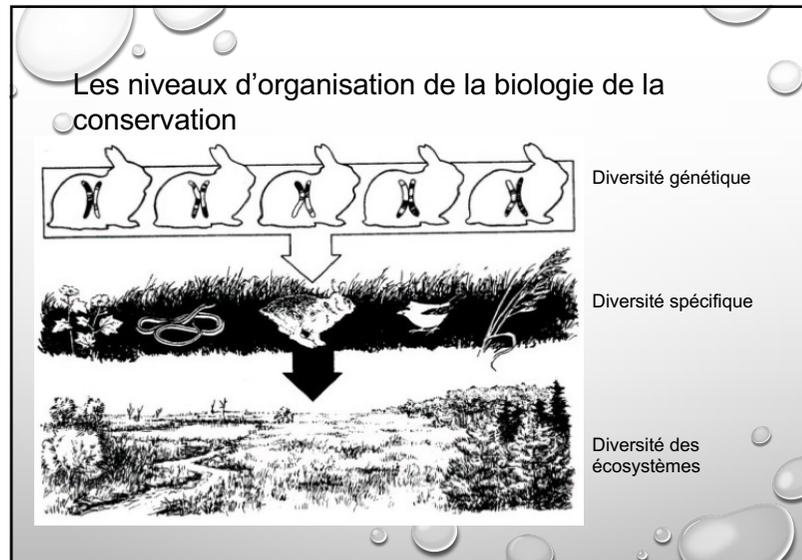


3

1- Qu'est-ce que la biodiversité ?



4



5

Diversité génétique

- La diversité génétique désigne le degré de variétés des gènes au sein d'une même espèce, correspondant au nombre total de caractéristiques génétiques dans la constitution génétique de l'espèce (voire de la sous-espèce). Elle décrit le niveau de la diversité intraspécifique.
- Rappel : Dogme central de la biologie moléculaire
 - ADN → ARN → Protéines
 - Génotype → phénotype

6

Diversité génétique

- Rappel : Dogme central de la biologie moléculaire
 - ADN → ARN → Protéines
 - Génotype → phénotype
- Lorsque Francis Crick formula cette théorie en 1958, il utilisa l'expression « *central dogma of molecular biology* ». Le mot dogme prête ici à confusion, car il s'agit plutôt d'une hypothèse scientifique et non pas d'une doctrine établie comme une vérité incontestable.
 - Le dogme est ce qui distingue une science d'une religion

Crick FH (1958). "On Protein Synthesis". In F. K. Sanders (ed.). Symposia of the Society for Experimental Biology, Number XII: The Biological Replication of Macromolecules. Cambridge University Press. pp. 138–163.

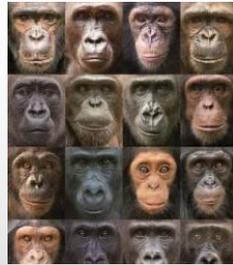
7

Diversité génétique



8

Diversité génétique



9

Buts de la biologie de la conservation au niveau génétique

- Maintenir une variation génétique au sein et entre populations
- S'assurer que les processus, en particulier évolutifs, puisse continuer



10

La théorie de l'évolution de Darwin est basée sur plusieurs observations et inférences



1. La reproduction est un phénomène quasi-universel

Charles Darwin
1809-1882



11

La théorie de l'évolution de Darwin est basée sur plusieurs observations et inférences

2. Il existe de grandes différences entre individus au sein de la même espèce



12

La théorie de l'évolution de Darwin est basée sur plusieurs observations et inférences

- Certaines caractéristiques sont héréditaires, c'est à dire peuvent être transmises d'une génération à l'autre



Darwin avait reçu un tiré-à-part de Mendel décrivant ses travaux... mais il semble qu'il ne l'a pas lu !

Gregor Mendel (1866). "Versuche über Pflanzenhybriden". Verhandlungen des naturforschenden Vereines in Brünn, Bd. IV für das Jahr 1865, Abhandlungen, 3-47.

13

La théorie de l'évolution de Darwin est basée sur plusieurs observations et inférences

- Certaines caractéristiques sont plus avantageuses que d'autres



Darwin était colombophile et savait que certaines variétés de pigeons étaient très fragiles.

14

La théorie de l'évolution de Darwin est basée sur plusieurs observations et inférences

- Les organismes qui ont les variations les plus avantageuses ont plus de chances de survivre et de se reproduire
- La répétition du point 5 sur de nombreuses générations conduit à l'évolution biologique

15

Diversité génétique

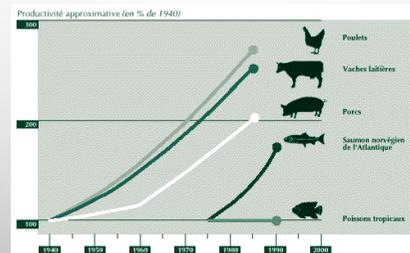
Les céréales utilisées aujourd'hui résultent d'une sélection rigoureuse et efficace, qui a permis d'assurer des rendements considérables. Cela a permis la révolution verte des années 1970.



16

La révolution verte

- Ensemble de techniques qui ont permis d'augmenter de façon impressionnante la productivité.



17

Exemple du blé et du maïs

En revanche, cette sélection a conduit à une forte diminution de la diversité génétique des nouvelles variétés. Les 136 variétés de blé tendre créées en France entre 1959 et 1982 étaient toutes issues d'une même souche et tous les maïs cultivés au nord de la Loire sont issus de la même lignée (INRA 258).



18

Ravageurs du maïs

- Or, du fait de cette trop grande homogénéité génétique, les cultures sont devenues très vulnérables à des agents pathogènes et autres ravageurs à capacité d'évolution rapide. Ainsi, aux Etats-Unis, la rouille refit une apparition en 1970 et l'épidémie provoque des dégâts considérables dans le maïs, devenu trop fragile.
 - Provoquée par le développement d'un champignon
 - Pustules brun rouille à la surface des feuilles.
 - Forme ronde à allongée
 - 1 à 3 mm de longueur.



Common rust symptoms on sweet corn. Courtesy Harold Kaufman, TAEX, 1996.

19

Et alors ?

- Photosynthèse
- Ressources détournées
- Évapotranspiration
- Nutrition minérale
- Port d'entrée (*Helminthosporium*, *Cercospora*, etc.)



20

Les dégâts agronomiques...

- Apparence de l'épi
- Grosseur des épis
- Grains secs



21

Épidémiologie

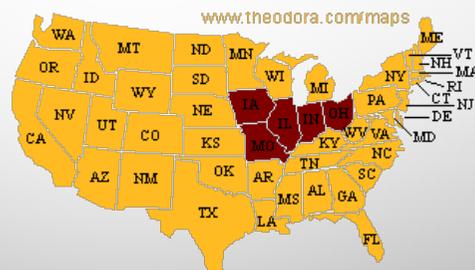
- Habituellement = processus « lent »
 - Apparition = Juillet-août
 - Épidémie tardive
- Année 2000...
 - Apparition en juin dans de nombreux États
 - Épidémie hâtive et plus grave



22

Répartition aux USA

- Problème important (2000)
 - Missouri
 - Iowa
 - Illinois
 - Indiana
 - Ohio
 - Ontario



23

Lutte chimique

- Dépistage précoce et fréquent
 - stade 6 à 8 feuilles
 - Exclure feuilles du bas
 - Hebdomadaire si nécessaire
 - Traitements si météo favorable seulement

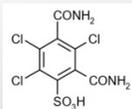


24

Fongicide de contact

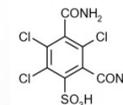
• Chlorothalonil

- Protection, prévention
- N'empêche pas la sortie des symptômes
- 14 jours avant récolte max. (étiquette)
- 2 applications max. (étiquette)
- Application de 7 jours à 10 jours maximum
 - (Selon étiquette = 14 jours!)
- 3.2 L/ha



25

Actualité de l'eau: le R471811



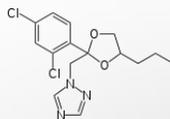
- « L'Agence nationale de sécurité sanitaire (Anses) a révélé, dans un rapport, la présence importante dans l'eau potable de résidus d'un pesticide, le Chlorothalonil. Tout le Bassin parisien est concerné, y compris Paris. »
- Une étude de l'Anses montre en 2023 qu'un de ses métabolites (le R471811) contamine notablement les eaux françaises; celui-ci a été retrouvé à une concentration supérieure à 0,1 µg/L dans 34 % des échantillons d'eau analysés.
- C'est plus que le seuil réglementaire (0,1 µg/L) mais on ne connaît pas encore le seuil sanitaire, celui où un effet sur la santé est observé; le seuil sanitaire a été fixé à 3 µg/L pour le R471811 en référence à la molécule mère dans l'attente d'une valeur produite par l'ANSES.

26

Fongicide absorbé

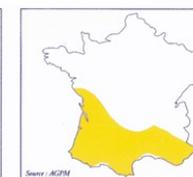
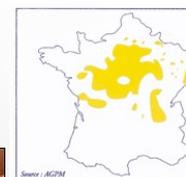
• Propiconazole

- Été 2000
- action systémique
- « curatif » = pré-symptômes
- 14 jours avant récolte
- 2 applications ou plus si nécessaire
- Application aux 7 jours à 10 jours maximum
- L'Anses a procédé au retrait de 23 autorisations de mise sur le marché et 9 permis de commerce parallèle de produits phytopharmaceutiques à base de la substance active propiconazole le 19 juin 2019.



27

Ravageurs du maïs en France



Larve de pyrale
(*Ostrinia
nubilalis*) grossie
environ 2 fois



Larve de
sésamie (*Sesamia
nonagrioides*) grossie
e environ 3 fois

28

Diversité du maïs

- Originaire d'Amérique centrale

29

Origine du maïs

- Transition très mal connue

Syndrome de domestication

30

Diversité du maïs

- Très grande diversité génétique même entre vallées

31

Banques de diversité génétique

- Eviter de perdre la diversité génétique naturelle

32

Réserve mondiale de semence du Svalbard

- la réserve mondiale de semences du Svalbard, réputée la plus sûre, tant d'un point de vue géologique, qu'environnemental et géopolitique. Creusée dans le flanc d'une montagne de l'île du Spitzberg, cette réserve abrite depuis plus de dix ans des graines de cultures vivrières venues d'un peu partout dans le monde. Un record de plus d'un million de variétés différentes a même été atteint courant 2018.
- Malgré toutes les précautions prises pour offrir une arche inviolable aux précieuses graines, la réserve mondiale de semences du Svalbard a montré une faiblesse en 2017. Le changement climatique a provoqué une fonte inattendue du permafrost.



33

Buts de la biologie de la conservation à l'échelle de l'espèce

- Maintenir des populations viables de toutes les espèces natives avec une répartition et une abondance naturelle
- Prévenir l'extinction des espèces ou des populations locales



34

Espèces phares ou emblématiques (flagship)

- Une espèce phare est une espèce sélectionnée pour agir en tant qu'ambassadeur, icône ou symbole pour un habitat, un problème, une campagne ou une cause environnementale définis.
- En se concentrant sur cette espèce et en assurant sa conservation, le statut de nombreuses autres espèces qui partagent son habitat - ou sont vulnérables aux mêmes menaces - peut également être amélioré.
- Les espèces phares sont généralement relativement grandes et considérées comme « charismatiques » dans les cultures occidentales.



35

Les espèces « peluches »



- La connaissance des espèces peluches profite-elle aux autres espèces ? (Ballouard et al., 2011)
- Questionnaire pour 251 enfants leur demandant de reconnaître la biodiversité locale ou exotique:
 - « The identification rate of local animals by schoolchildren was meager, suggesting a worrying disconnection from their local environment. Schoolchildren were more prone to protect "virtual" (unseen, exotic) rather than local animal species. »

Ballouard, J. M., Brischoux, F. & Bonnet, X. 2011. Children prioritize virtual exotic biodiversity over local biodiversity. *PLoS One*, 6, e23152.

36

Espèces-clés



- Une espèce clé de voûte est une espèce qui joue un rôle essentiel dans la structure, le fonctionnement ou la productivité d'un habitat ou d'un écosystème à un niveau défini (habitat, sol, dispersion des graines, etc.).
- La disparition de ces espèces peut entraîner des changements ou des dysfonctionnements importants de l'écosystème qui peuvent avoir des effets à plus grande échelle. Les exemples incluent le rôle de l'éléphant dans le maintien de la structure de l'habitat et les chauves-souris et les insectes dans la pollinisation.
- En se concentrant sur les espèces clés de voûte, les actions de conservation pour cette espèce peuvent aider à préserver la structure et la fonction d'un large éventail d'habitats qui sont liés à cette espèce au cours de son cycle de vie.

37

Espèces-parapluies ou ombrelles

- Une espèce parapluie ou espèce paravent (umbrella species, en Anglais) désigne, en écologie une espèce dont l'étendue du territoire permet la protection d'un grand nombre d'autres espèces si celle-ci est protégée
- Il s'agit donc d'une espèce dont l'espace vital est très grand, comme la loutre par exemple : pour protéger la loutre, la restauration de son habitat est essentielle, ce qui par voie de conséquence améliorera l'habitat d'un grand nombre d'espèces aquatiques.
- On peut étendre la définition à un concept plus général: une espèce parapluie est une espèce dont les besoins écologiques incluent ceux de nombreuses autres espèces; en la protégeant, on étend la protection à toutes les espèces qui partagent son habitat. Les espèces parapluies sont souvent de grands mammifères, mais peuvent aussi être plus petites, comme certains papillons par exemple.

38

Espèce indicatrice de l'état d'un écosystème

- Une espèce indicatrice ou un groupe d'espèces choisi comme indicateur, sont indicateurs de l'état d'un écosystème ou d'un processus au sein de cet écosystème.
- Par exemple, les écrevisses comme des indicateurs de qualité de l'eau douce; les coraux marins comme indicateurs de processus tels que l'envasement et l'augmentation de la température de l'eau de mer; les faucons pèlerins comme un indicateur de charge de pesticides ou des plantes comme indicateurs de la présence et de l'impact d'espèces exotiques.



39

La liste rouge de l'UICN

Comité français
UICN
Union mondiale pour la nature

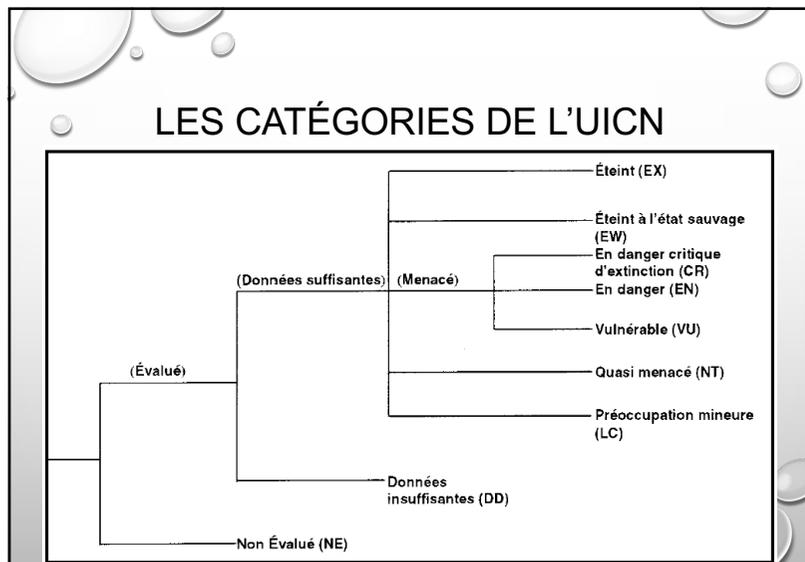
Les buts de la liste rouge de l'UICN sont:

- Identifier les espèces qui sont le plus en danger

Et

- Produire un indice global décrivant la crise de la biodiversité.

40



41

COMMENT LES STATUTS SONT ATTRIBUÉS

- Aire de répartition
- Taille de la population
- Tendence observée de la taille des populations ou de l'aire de répartition
- Modèle mathématique d'évolution de la population

42

Espèces menacées

- *Espèces au niveau trophique supérieur: sont souvent grosses et ont des taux de croissance de la population faibles. Ex: Sand cat*
- *Espèces endémiques: ont une distribution limitée et sont rapidement menacées par la destruction ou la dégradation de leur habitat (Ex: Golden Toad)*




43

Espèces menacées

- *Espèces migratrices: leur survie dépend d'un habitat de qualité sur les aires d'hivernage et d'estivage (Ex:*

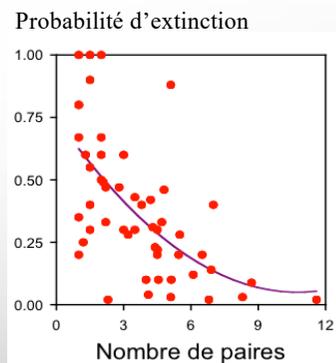



Le Monarque (*Danaus plexippus*) est un insecte lépidoptère de la famille des Nymphalidae.

44

Espèces menacées

- *Espèces ayant des populations chroniquement petites (Ex: plusieurs espèces d'oiseaux tropicaux)*
- *Populations d'oiseaux étudiées sur une série d'îles pendant une quinzaine d'années*
- *Petites îles de 0.1 à 5 km²*
- *Extinctions fréquentes, populations de 1 à 12 paires de géniteurs*



45

Espèces menacées

- *Espèces ayant une faible capacité à se disperser (Ex: Lamantin de Floride)*



46

Exemple des amphibiens

- Amphibie: 2 milieux de vie



47

Exemple des amphibiens

- Amphibie: 2 milieux de vie



48

Exemple des amphibiens

- Transition entre les deux milieux pendant la reproduction



Mise en place de crapaud duc



49

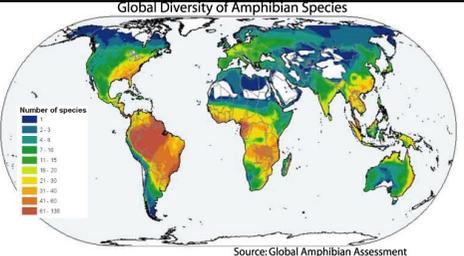
Exemple des amphibiens

- Transition entre les deux milieux pendant la reproduction: les crapauds-duc

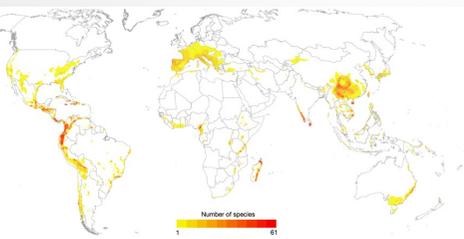


50

Déclin global des amphibiens



Source: Global Amphibian Assessment



Number of species

1 61

Luedtke, J.A.; Chanson, J.; Neam, K.; Hobin, L.; Maciel, A.O.; Catenazzi, A.; Borzee, A.; Hamidy, A.; Aowphol, A.; Jean, A.; et al. Ongoing declines for the world's amphibians in the face of emerging threats. *Nature* **2023**, 622, 308-314, doi:10.1038/s41586-023-06578-4.

Fig. 1 | The distribution of 2,873 globally threatened amphibian species. The darker colours correspond to higher species richness. The colour scale is based on 10 quantile classes. Maximum richness equals 61 species. The cell area is 1661 km². One species was excluded because no spatial data were available.

51

Déclin global des amphibiens

La chytridiomycose est une maladie infectieuse des amphibiens, causée par les champignons chytrides *Batrachochytrium dendrobatidis* et *Batrachochytrium salamandrivorans*.



52

Buts de la biologie de la conservation à l'échelle des écosystèmes

- Maintenir des écosystèmes naturels et des gradients à travers d'assez grands secteurs pour assurer des processus écologiques normaux
- Prévenir la fragmentation d'écosystèmes naturels et leur remplacement par des écosystèmes artificiels



53

Qu'est ce qu'un écosystème?

- **Définition** : Un écosystème est l'ensemble formé par une association d'une communauté d'êtres vivants (ou biocénose) et son environnement géologique, édaphique (sol), hydrologique, climatique, etc. (le biotope).
- Les éléments constituant un écosystème développent un réseau d'échange d'énergie et de matière.
- Le terme fut forgé par Arthur George Tansley en 1935.



Arthur George Tansley 1871-1955

54

Exemple d'un écosystème sous pression

- Une **mangrove** est un écosystème côtier tropical caractérisé par la présence de forêts de palétuviers, des arbres capables de vivre dans des environnements salins où l'eau douce et l'eau de mer se mélangent. Ces forêts se développent principalement dans les zones intertidales (entre la marée haute et la marée basse) des littoraux, des estuaires et des deltas.



55

Biodiversité

On peut distinguer au niveau mondial deux aires de répartition aux compositions floristiques différentes. L'aire orientale s'étend de l'Afrique orientale au Pacifique Ouest en passant par l'Inde, l'Asie du Sud Est, et l'Australie. Les littoraux de Malaisie, d'Indonésie et de Nouvelle-Guinée possèdent le plus grand nombre d'espèces, près de 60. L'aire occidentale s'étend de la côte occidentale de l'Afrique à la côte orientale du continent américain en passant par les Caraïbes. Cette aire ne comprend que 8 espèces majeures

La différence de richesse taxonomique entre les deux zones est à l'origine de l'hypothèse suggérant que les premières mangroves se soient développées dans l'aire orientale puis se seraient propagées à travers le monde.



56

Importance des mangroves

Les mangroves servent de nurseries pour les crevettes et les pêcheries, d'exportateurs de matière organique vers les chaînes alimentaires côtières adjacentes, et de sources énormes de nutriments.

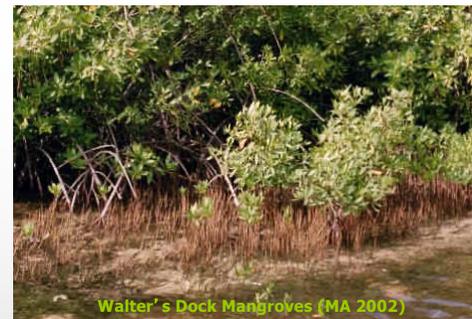


- La pêche commerciale dépend également des mangroves pour la reproduction d'espèces telles que le homard, la crevette et le vivaneau.
- Les débris de mangrove (feuilles et brindilles mortes) présents dans l'eau permettent le développement des micro-organismes qui fournissent de la nourriture aux juvéniles de nombreuses espèces.

57

Protection contre l'érosion

Les mangroves protègent le littoral en jouant le rôle de brise-vagues.



- La stabilité physique des mangroves aide à prévenir l'érosion du littoral, protégeant ainsi les zones intérieures des dommages importants causés par les ouragans et les raz-de-marée.
- Les mangroves peuvent être endommagées par les tempêtes ou le froid, mais elles se rétablissent généralement.

58

Réduction des pollutions



- Les mangroves des estuaires atténuent les effets néfastes et destructeurs du développement et de la pollution qui en découle, tout en contribuant à la protection du littoral et à un environnement marin sain.

59

Réduction des pollutions



- Les mangroves contribuent à améliorer la qualité de l'eau en filtrant et en assimilant les polluants, en stabilisant les sédiments du fond et en protégeant les rivages de l'érosion.



60

Perte des mangroves

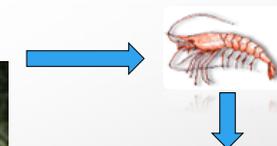
Les zones de mangroves côtières se réduisent en raison

- Construction d'infrastructures
- Stations balnéaires
- Aquaculture



61

Aquaculture de crevettes/ Gestion des mangroves



62

Perte des mangroves



- Les forêts de mangroves sont défrichées pour faire place à des étangs à crevettes.
- Les élevages de crevettes remplacent un environnement diversifié aux ressources multiples par une monoculture.
- Des centaines de milliers d'hectares de forêts de mangroves disparaissent au profit de l'élevage de crevettes.
- La salinisation et la pollution des terres et des cours d'eau ruinent les pêcheries et les cultures.

63

Perte des mangroves pour l'aquaculture

- La déforestation des mangroves contribue au déclin de la pêche
- Dégradation des réserves d'eau potable,
- Salinisation des sols côtiers
- Érosion
- Affaissement du sol
- Sols acides ; $\text{pH} < 4,2$
- Libération de CO_2 dans l'atmosphère
- Les forêts de mangroves fixent plus de CO_2 que le phytoplancton dans les océans.



64

Autres facteurs contribuant à la disparition des mangroves

- Industrie du charbon de bois et du bois d'œuvre
 - Pression de la croissance urbaine
 - Problèmes de pollution
- Tourisme et méga stations balnéaires



65

Solutions

- **Solutions écologiques**
 - Réduction de l'intensité de l'aquaculture et de la densité des étangs
 - Créer de grandes zones tampons
 - Systèmes intégrés de traitement des effluents et de gestion des ressources
 - Maintenir l'aquaculture dans les limites de la capacité de charge de l'environnement local
- **Approche technologique**
 - Isoler la ferme de l'environnement
 - Traiter et remettre en circulation l'eau de l'étang
 - Stériliser l'environnement de l'étang
 - Utilisation d'antibiotiques et de médicaments
 - Sélection génétique pour la résistance aux maladies

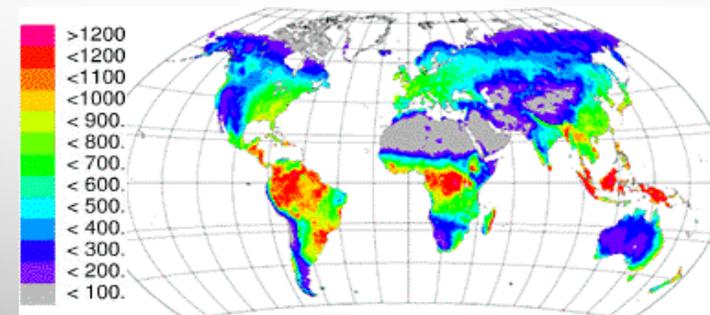
66

2- La biodiversité est-elle menacée ?

67

Distribution globale de la biodiversité

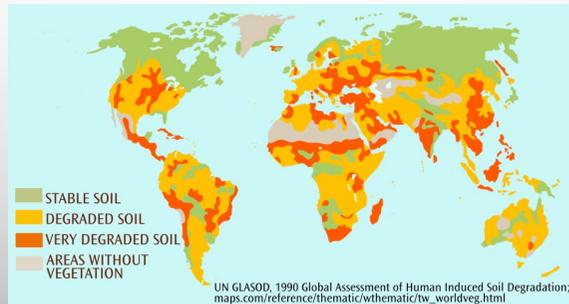
Indice de biodiversité



68

Impact anthropique

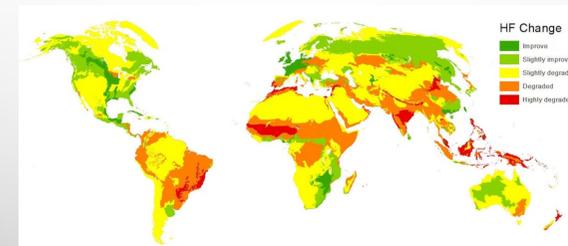
- Une grande partie de la terre est perturbée par les activités humaines.



69

Impact anthropique

- Cette carte montre où l'impact de l'homme sur l'environnement a augmenté ou diminué entre 1993 et 2009.



Venter, O.; Sanderson, E.W.; Magrath, A.; Allan, J.R.; Beher, J.; Jones, K.R.; Possingham, H.P.; Laurance, W.F.; Wood, P.; Fekete, B.M.; et al. Sixteen years of change in the global terrestrial human footprint and implications for biodiversity conservation. *Nature Communications* **2016**, *7*, 12558. doi:10.1038/ncomms12558.

70

Les extinctions d'espèces...

- Les humains pré-industriels ont provoqué l'extinction de nombreuses espèces de vertébrés
 - par exemple. Colons polynésiens des îles du Pacifique
- Des fouilles archéologiques suggèrent que ~ 60 espèces d'oiseaux ont été perdues à Hawaï, 44 espèces de Nouvelle-Zélande
- En raison de la chasse, des espèces introduites (rats) et de la destruction des habitats pour l'agriculture
- Mythe des humains préindustriels en «harmonie avec la nature»



TARZAN communique naturellement avec les animaux qui lui obéissent.
Edgar RICE BURROUGHS-Burne HOGARTH, *Tarzan of the Apes* (Pan Books Ltd.).

Jean-Jacques Rousseau, né le 28 juin 1712 à Genève et mort le 2 juillet 1778 à Ermenonville



71

Mythe rousseauiste de L'homme primitif en harmonie avec la nature

En 1854, le président américain propose aux Indiens de la tribu Suquamish, au Nord-Est des Etats-Unis, de céder leurs terres en échange d'une vie parquée dans une « réserve » .

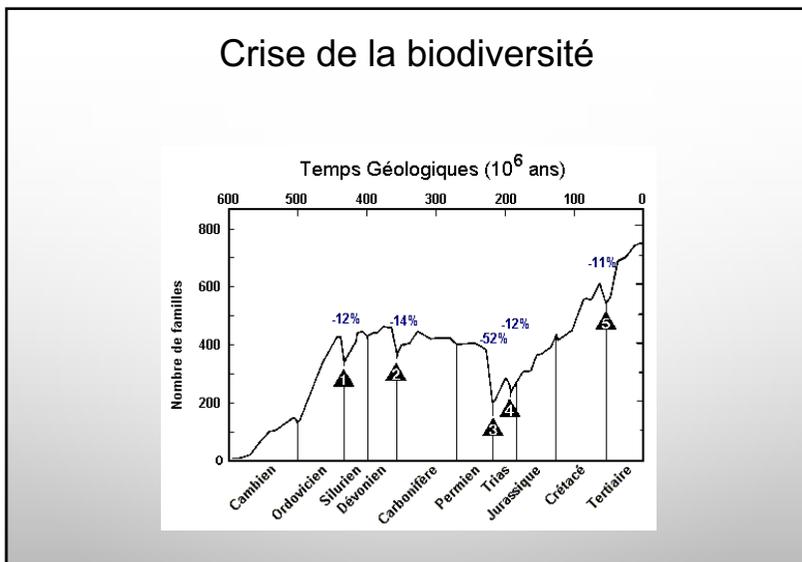
La réponse du chef Seattle (1786-1866) (disponible sur Internet)

« Comment pouvez-vous acheter ou vendre le ciel, la chaleur de la terre ? L'idée nous paraît étrange. Si nous ne possédons pas la fraîcheur de l'air et le miroitement de l'eau, comment est-ce que vous pouvez les acheter ? »

En réalité ce texte a été rédigé par le scénariste Ted Perry pour des besoins filmographiques en 1974 ! Personne ne sait quelle a été la vraie réponse du chef Seattle.



72

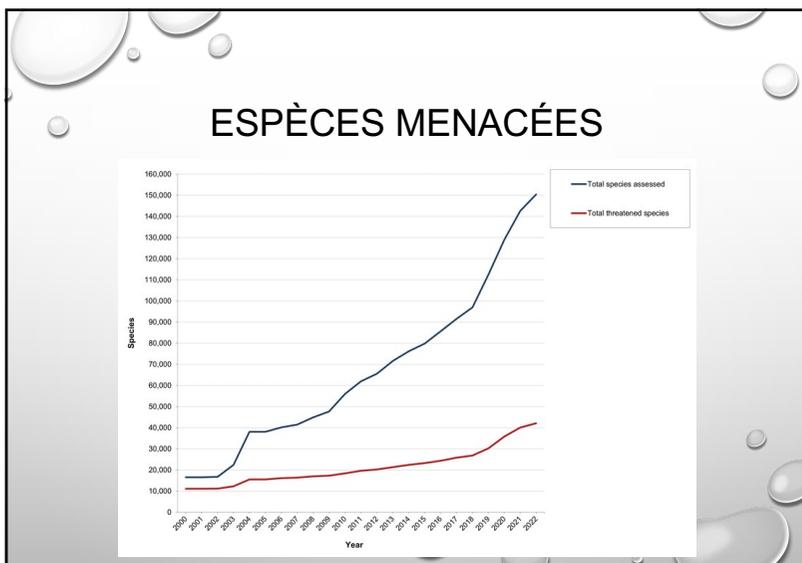


73

	Estimated Number of described species ¹	Number of species evaluated by 2022 (IUCN Red List version 2022-2)	% of described species evaluated by 2022 (IUCN Red List version 2022-2)	Number of threatened species ² by 2022 (IUCN Red List version 2022-2)	(IUCN Red List version 2022-2) ^{3,4}		
					Lower estimate (threatened spp. as % of extant evaluated species)	Best estimate (threatened spp. as % of extant data sufficient evaluated species)	Upper estimate (threatened and DD spp. as % of extant evaluated species)
VERTEBRATES							
Mammals ⁵	6,596	5,973	91%	1,340	23%	27%	37%
Birds	11,188	11,188	100%	1,400	13%	13%	13%
Reptiles	11,733	10,222	87%	1,842	18%	21%	33%
Amphibians	8,536	7,486	88%	2,606	35%	41%	50%
Fishes	36,367	25,351	70%	3,551	Insufficient coverage		
Subtotal	74,420	60,220	81%	10,739			
INVERTEBRATES							
Insects	1,053,578	12,441	1.2%	2,345	Insufficient coverage		
Molluscs	113,813	9,032	8%	2,399	Insufficient coverage		
Crustaceans ⁶	80,122	3,197	4%	745	Insufficient coverage		
Corals	5,574	831	15%	253	Insufficient coverage		
Arachnids	110,615	441	0.40%	251	Insufficient coverage		
Velvet Worms	210	11	5%	9	Insufficient coverage		
Horseshoe Crabs	4	4	100%	2	50%	100%	100%
Others	157,543	905	0.57%	157	Insufficient coverage		
Subtotal	1,521,459	26,862	2%	6,161			

Source: IUCN, 2023

74



75

TAUX D'EXTINCTION

Le taux de fond est de 2 extinctions de mammifères pour 10 000 espèces par 100 ans (c'est-à-dire 2 E/MSY)
 Augmentation des taux d'extinction des vertébrés au-dessus du taux de fond.

Animal group	Elevation of modern rates with respect to expected rates			
	Highly conservative		Conservative	
	Since 1500	Since 1900	Since 1500	Since 1900
Vertebrates	8	22	15	53
Mammals	14	28	20	55
Birds	13	24	15	34
Reptiles	5	8	8	24
Amphibians	5	22	22	100
Fishes	5	23	12	56

Ceballos, G.; Ehrlich, P.R.; Barnosky, A.D.; Andrés García; Pringle, R.M.; Palmer, T.M. Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Science Advances* 2015, 1, e1400253.

76

Les taux d'extinction actuels suggèrent qu'un événement d'extinction de masse se produit

- Le taux projeté signifie l'élimination de 50% des ~ 45000 vertébrés en 7000 ans
- D'autres estimations basées sur les taux projetés de perte d'habitat et le changement de l'état des espèces suggèrent que les taux d'extinction actuels sont 100 à 1000 fois plus élevés que le taux «normal»
- Extinction de masse se produisant en raison d'un taux d'extinction accru

77



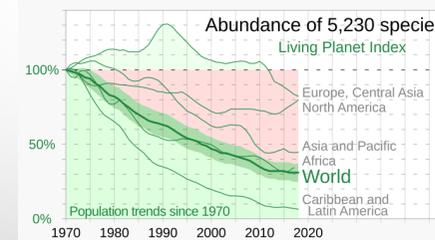
World Wide Fund for Nature



Zoological Society of London

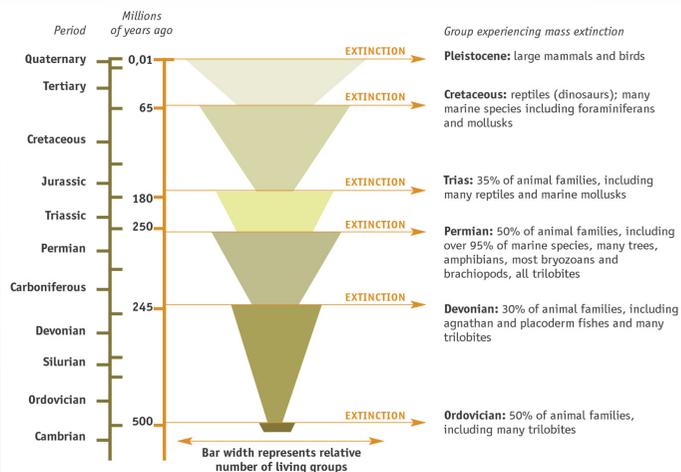
Indice « planète vivante »

- C'est un indice construit sur les tendances observées chez un grand nombre de populations d'espèces de vertébrés du monde entier (les vertébrés sont parmi les mieux connus des taxons animaux) ;
- il vise à mesurer les changements temporels d'état de la biodiversité dans le monde. Il consiste dans la moyenne des taux de croissance de la population de nombreuses espèces de vertébrés, par rapport à celle de l'année 1970.



78

6^{ème} extinction



79

3- LES MENACES

80

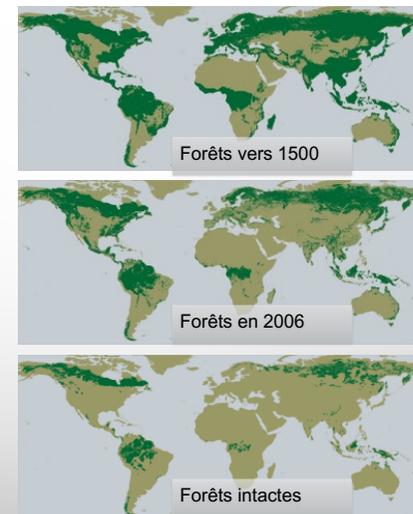
MODIFICATIONS DE L' HABITAT

- Plus grande menace pour la biodiversité
 - Approx. 50% des extinctions d'espèces sont associées à des modifications de l'habitat
- Perte d'habitat
- Altération de l'habitat
- Fragmentation
- Augmentation de la présence humaine
- Introduction d'espèces

81

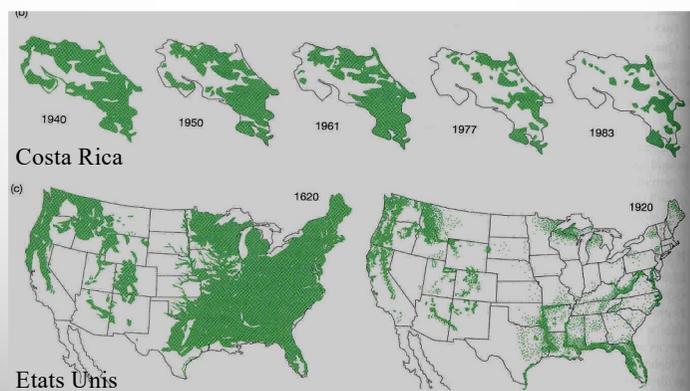
Impact anthropique

- Une grande partie de la terre est perturbée par les activités humaines.



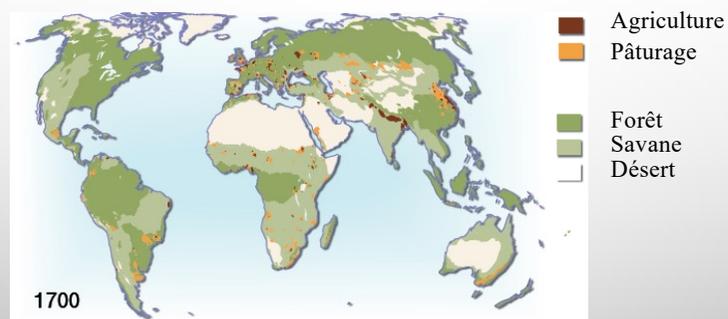
82

Perte d'habitat

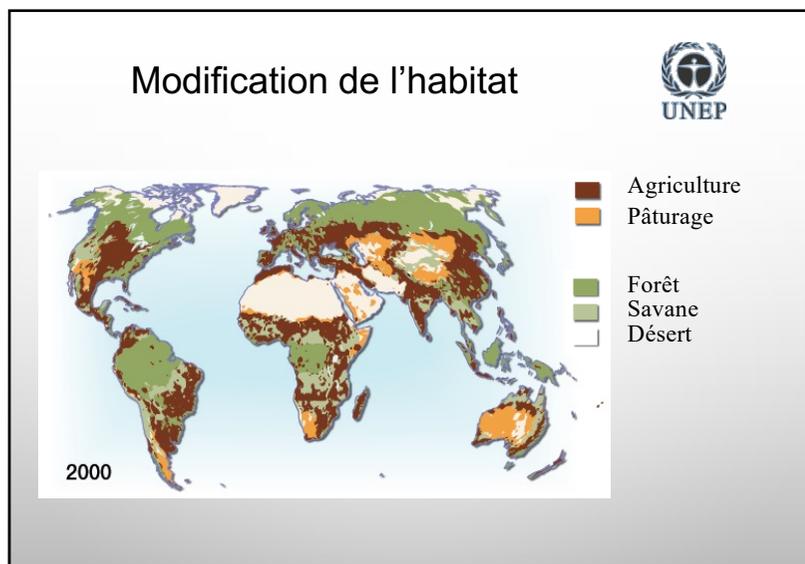


83

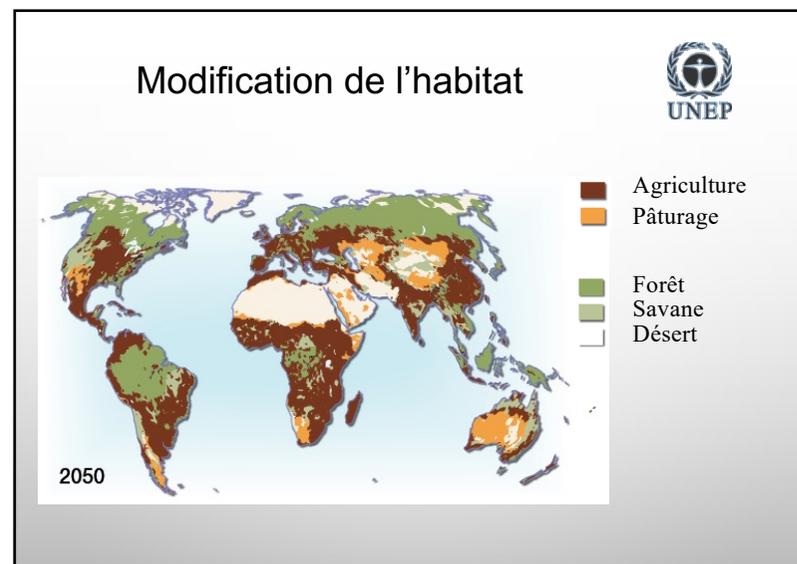
Modification de l'habitat



84



85



86



87

Modification de l'habitat

- **Fragmentation**
 - Composant majeur: **Effet de bord**
 - Impacts de la fragmentation percole vers l'intérieur
 - ↑ sécheresse, ↑ vent, ↑ ouverture, ↑ chaleur, changement dans la disponibilité en eau, ↑ bruit, etc.
 - Ces impacts peuvent se faire ressentir à plusieurs centaines de mètres
 - La distance est spécifique de l'espèce
 - Oiseaux en Australie: +200 m
 - *Les PLUi prévoient en général une zone tampon de 10 m autour des habitations.*

88

Modification de l'habitat

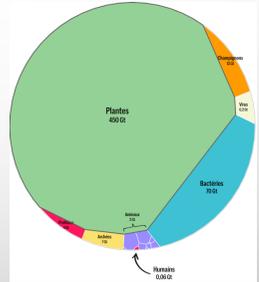
- **Augmentation de la présence humaine**
 - L'altération entraîne plus d'altération
 - Lorsque des communautés humaines s'installent, cela entraîne l'installation d'autres...




89

LA PART DE L'HOMME

- LA POPULATION HUMAINE A ATTEINT 8 MILLIARDS D'INDIVIDUS EN NOVEMBRE 2022. SELON LES PROJECTIONS, LA POPULATION MONDIALE DEVRAIT AUGMENTER DE 2 MILLIARDS DE PERSONNES AU COURS DES TRENTE PROCHAINES ANNÉES, PASSANT DE 8 MILLIARDS ACTUELLEMENT À 9,7 MILLIARDS EN 2050.

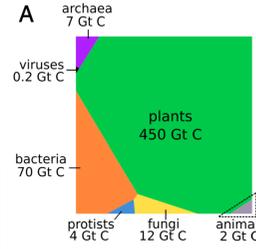


Bar-On, Y. M., Phillips, R. & Milo, R. 2018. The biomass distribution on Earth. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 115, 6506-6511.

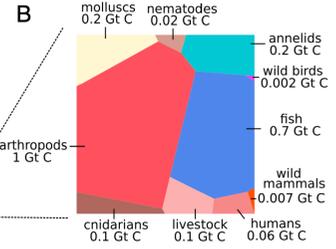
90

CHEZ LES ANIMAUX

A



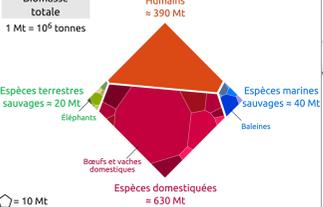
B



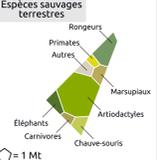
91

CHEZ LES MAMMIFÈRES

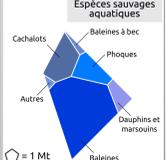
Biomasse totale
1 Mt = 10⁶ tonnes



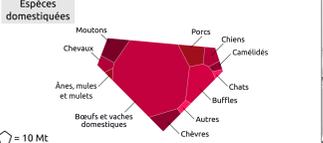
Espèces sauvages terrestres



Espèces sauvages aquatiques



Espèces domestiquées



92

Modification de l'habitat

• Introduction d'espèces

- D'autres espèces nous suivent lorsque nous colonisons des régions...
- Intentionnellement ou non...
- On pense que c'est la seconde cause de mise en danger de la biodiversité



93

Les espèces invasives

• Introductions intentionnelles

- Cultures, animaux de compagnie, plantes d'ornements, élevage, etc.

• Introductions non intentionnelles

- Les autres (rats, souris, fourmis...)
- La majorité est dans cette catégorie



94

Les espèces invasives

- L'impact sur les autres espèces peut être via différentes voies
 - Compétition, prédation, parasitisme
 - Les espèces ont besoin de ressources pour survivre et se propager
 - Conséquences variées de l'introduction d'espèces.

95

Règle empirique des dixièmes

Williamson et Brown (1986) et Williamson et Fitter (1996)

- Toutes les espèces introduites ne réussissent pas à s'implanter
- Stades de l'invasion
 1. Introduction
 2. Etablissement ou naturalisation
 3. Intégration ou expansion
 4. Invasion ou dominance

96

Règle empirique des dixièmes

- Seulement 10% passent au stade suivant
- 1 000 introductions
- 100 établis
- 10 intégrés
- 1 invasif
- Observations empiriques



97

L'introduction

- Une introduction d'espèce est **liée à l'action de l'homme**. C'est l'homme qui a été, directement (transport) ou indirectement (par exemple l'ouverture du canal de Suez), volontairement ou involontairement, le vecteur qui a permis à une espèce de coloniser une région d'où elle était absente.
- **Il existe une discontinuité géographique entre l'aire d'origine et la nouvelle aire.**

98

L'introduction

- L'arrivée est la phase dans laquelle le hasard tient la plus grande place. Une simple diaspore (= propagule), un couple, une femelle enceinte, peuvent servir de base à une invasion biologique.

- L'introduction peut-être volontaire, par exemple dans les jardins



99

La naturalisation ou établissement

- On considère parfois que pour être considérée comme introduite, une espèce doit être aussi naturalisée.
- Une espèce naturalisée doit capable de survivre et de donner naissance à de nouvelles générations, dans le milieu naturel, sans l'aide de l'homme

- Les plantes cultivées ne sont donc, en général, pas établies.



100

L'intégration ou expansion

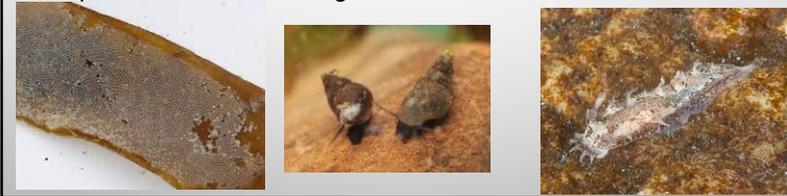
- L'espèce occupe tous les biotopes et toute l'aire géographique qui lui sont accessibles.
- La vitesse de colonisation varie en fonction de l'espèce :
- 12 km/an pour le crabe asiatique *Hemigrapsus sanguineus* sur les côtes Atlantiques d'Amérique du Nord,



101

L'intégration ou expansion

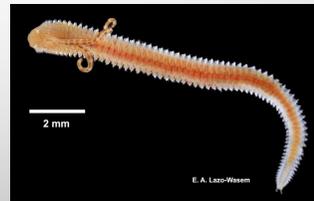
- 20 km/an pour le Bryzoaire *Membranipora membranacea* en Nouvelle Angleterre,
- 20-50 km/an pour le Gastéropode *Potamopyrgus antipodarum* en Mer Baltique,
- 50 km/an pour le Mollusque Opisthobranch *Tritonia plebeia* en Nouvelle Angleterre,



102

L'intégration ou expansion

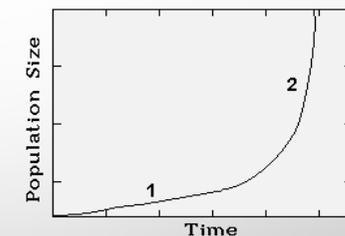
- Jusqu'à 115 km/an pour la moule Méditerranéenne *Mytilus galloprovincialis* en Afrique du Sud,
- Jusqu'à 480 km/an pour le Polychète *Marenzelleria viridis* en Mer Baltique.



103

Espèces invasives

- Pourquoi la taille des populations d'espèces invasives augmente très rapidement ?
- **Relâche écologique**
 - Des limitations dans la croissance des populations sont absentes dans le nouveau milieu.



104

Ecologie des maladies - *disease ecology*

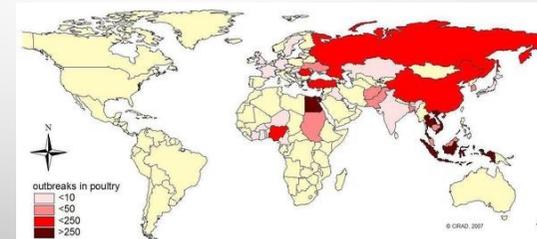
- Par rapport aux espèces introduites
 - Nécessité d'avoir un vecteur
 - Mais aussi d'hôtes
- Il semble plus difficile d'introduire une maladie qu'une espèce

105

Ecologie des maladies - *disease ecology*

- Sous-discipline de l'écologie des invasions
 - Le pathogène est souvent une espèce introduite
 - Bactérie, virus, champignon, protozoaire.

Nombre d'élevage de volailles infectés par le virus H5N1 au 17/8/2007



106

Fièvre du nil

- Le virus West Nile est un arbovirus, de la famille des flaviviridae, transporté par des oiseaux migrateurs. Son cycle de vie implique un insecte vecteur le moustique, un réservoir animal, l'oiseau, et des hôtes accidentels, le cheval et l'homme, qui sont des impasses pour son développement. Depuis 1960 en Camargue.



107

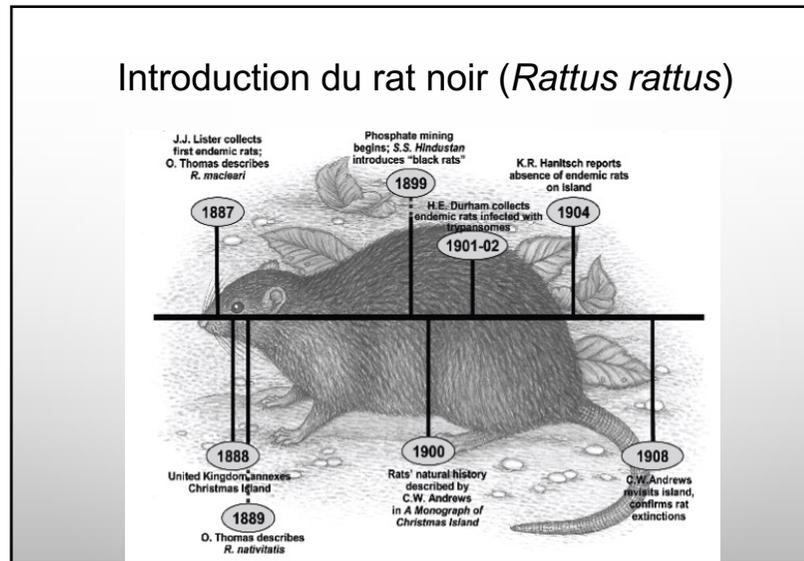
EXEMPLE D'INTRODUCTION DE PATHOGÈNE

Deux espèces endémiques de rats étaient présentes sur l'île:
Rattus macleari
R. nativitatis



Wyatt KB, Campos PF, Gilbert MTP, Kolokotronis S-O, Hynes WH, et al. (2008) Historical Mammal Extinction on Christmas Island (Indian Ocean) Correlates with Introduced Infectious Disease. PLoS ONE 3(11): e3602. doi:10.1371/journal.pone.0003602

108



109

Les trypanosomes

- Trypanosoma* est un genre notable de l'ordre des Trypanosomatida, un groupe de protistes parasites. Il existe une vingtaine d'espèces infectant divers vertébrés, parmi lesquels l'Homme, provoquant des maladies, les trypanosomiasis.

La plupart des espèces est transmise par des invertébrés hématophages comme les insectes ou les sangsues. Par exemple, *Trypanosoma brucei* est transmis à l'Homme par la mouche tsé-tsé (ou glossine) et entraîne la maladie du sommeil.

110

Analyses des rats conservés en collection

Détection de trypanosomes chez tous les rats capturés après 1899 mais absence auparavant.

Les rats endémiques auraient été particulièrement sensibles à un nouveau pathogène.

Phylogenetic tree showing relationships between various *Trypanosoma* species and strains:

- TRYP1
- TRYP2
- AJ223566 *Trypanosoma lewisi*
- AJ223568 *Trypanosoma muscilli*
- M31432 *Trypanosoma cruzi*
- AJ223565 *Trypanosoma grayi*
- AJ223562 *Trypanosoma benetti*
- AJ223571 *Trypanosoma theileri*
- AJ223567 *Trypanosoma mega*
- AJ223572 *Trypanosoma varani*
- AJ223569 *Trypanosoma simiae*
- AJ223563 *Trypanosoma congolense*
- AJ223564 *Trypanosoma equiperdum*
- AF208889 *Bodo saltans*
- AF174379 *Bodo saliens*

111

Exemple du diable de Tasmanie

- C'est un animal emblématique de la province australienne de Tasmanie.
- C'est devenu le plus grand marsupial carnivore en Australie après la disparition du tigre de Tasmanie (1936).

Sarcophilus harrisii

112

Les diables de Tasmanie

- Pendant presque un siècle les diables de Tasmanie, espèce carnivore autrefois considérées comme nuisible étaient tués par l'homme. Ils devinrent rares jusqu'à ce qu'une loi votée en juin 1941 les protégèrent; à ce moment leur nombre est reparti à la hausse.

113

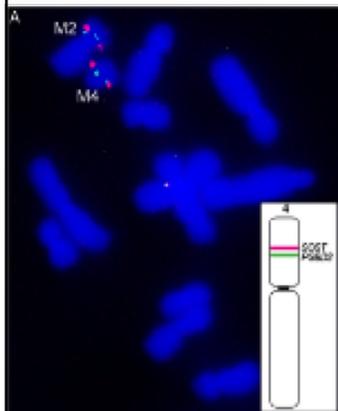
Une maladie apparaît en 1996 Devil facial tumour disease

- Mais depuis 1996 une grave maladie affecte cette espèce. Il s'agit d'une tumeur faciale qui se caractérise par un cancer autour de la bouche ou de la tête. La maladie, contagieuse se transmet par morsure. Une des conséquences que cette tumeur engendre est que les diables se retrouvent dans l'incapacité de se nourrir.



114

Analyse des tumeurs



- Les chercheurs ont identifié le cancer comme une tumeur neuroendocrine, et ont trouvé des réarrangements chromosomiques identiques dans toutes les cellules cancéreuses.

Résultats d'hybridation *in situ* sur des chromosomes issus de cellules de la tumeur. Le schéma représente l'emplacement des gènes SOST et PGBD2 sur le chromosome diable normal. Deux signaux sont détectés sur un jeu de chromosomes haploïdes issu d'une tumeur.

Janine E. Deakin et al. Plos Genetic 2012

115

Transmission

- En 2006, Pearse et Swift ont analysé des cellules DFTD de plusieurs diables dans des endroits différents, et ont déterminé que toutes les cellules DFTD étaient non seulement génétiquement identiques l'une à l'autre, mais aussi génétiquement distinctes de leurs hôtes, et de tous les diables de Tasmanie connus.
- Les cellules cancéreuses seraient elles-mêmes un agent infectieux (la théorie allogreffe). Ainsi, le cancer doit être originaire d'un seul individu.
- Plus tard, les chercheurs ont montré qu'un diable précédemment non infecté développe des tumeurs à la suite de lésions causées par les morsures d'un diable infecté, ce qui confirme que la maladie se propage par allogreffe. Les méthodes normales de transmission sont: se mordre, se gratter et l'activité sexuelle agressive entre les individus.

116

La survie du diable

- Apparu en 1996 dans le nord-est de la Tasmanie, le DFTD aurait aujourd'hui tué plus des trois quarts de la population – laquelle était estimée à 150 000 individus au début des années 1990. A ce rythme, l'espèce aurait disparu dans moins de vingt ans.

117

Rôle écologique du diable

- Or, le diable de Tasmanie, autrefois considéré comme une nuisance, est désormais reconnu pour son rôle écologique. Il élimine les carcasses d'animaux morts, et exerce par sa présence une pression sur les populations de renards, ce qui explique qu'il soit devenu l'emblème des parcs nationaux de l'île. En Australie, sa sauvegarde est donc devenue un enjeu national.



118

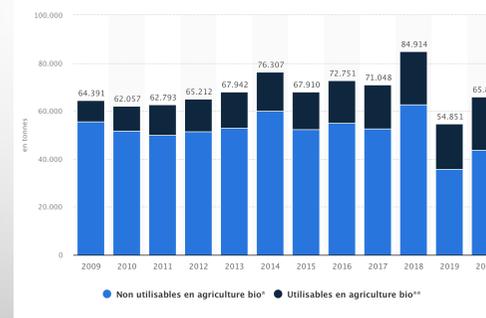
La survie du diable



- Quatorze diables soigneusement sélectionnés par des programmes de reproduction, quatorze diables en parfaite santé ont été relâchés jeudi 15 novembre 2012 sur l'île Maria, au large de la côte est de la Tasmanie.
- La précédente tentative en 2005 avait échoué car une des femelles relâchées était porteuse de la maladie.
- Le diable de Tasmanie fait aussi l'objet d'un programme de conservation ex situ supervisé par la ville de Canberra en Australie et piloté à l'échelle européenne par le zoo de Copenhague (Danemark).
 - Seules quatre institutions zoologiques en Europe hébergent des diables de Tasmanie. L'objectif du programme est de capturer des individus sains et de les placer dans une zone protégée de la Tasmanie, ainsi que dans des zoos pour multiplier les viviers sains en attendant de travailler sur un vaccin.
- En 2020, pour la première fois, des diables de Tasmanie ont été réintroduits sur le continent australien. Les dernières populations australiennes pourraient avoir succombé il y a environ 3 000 ans.

119

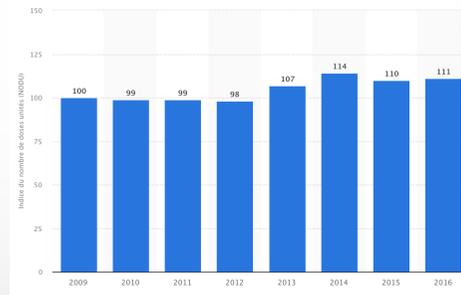
Les pesticides à l'assaut de la biodiversité



Vente totale de pesticides en volume en France de 2009 à 2020 par type d'usages

120

Les pesticides à l'assaut de la biodiversité



Produits phytosanitaires : indice du nombre de doses unités en France 2009-2016

Cette statistique représente l'évolution de l'indice du nombre de doses unités (NODU) de produits phytosanitaires en France de 2009 en 2016. Le NODU correspond au total du nombre de doses appliquées pour l'ensemble des substances actives.

121

Toxicologie

La toxicologie est une discipline scientifique qui étudie les effets néfastes d'une source — molécule, radiation, nanomatériaux, etc. — sur des organismes ou des systèmes biologiques.



122

Toxicologie

Elle est à l'interface entre plusieurs disciplines — chimie, physiopathologie, pharmacocinétique, pharmacologie, médecine, etc. —, la toxicologie s'applique à un toxique ou une association comme un produit fini qui contient plusieurs constituants.

- Étiologie (origine) des toxiques et des intoxications
- Propriétés physiques et chimiques des toxiques
- Circonstances de contact avec l'organisme,
- Devenir du toxique dans l'organisme (administration, distribution, métabolisme, élimination)
- Effets néfastes sur un organisme et à leurs mécanismes
- Détection des toxiques (moyen, qualité, quantité)
- Moyens pour combattre les toxiques (voies d'élimination, antidotes, traitement)
- Méthodes de prévention, au diagnostic, au pronostic, à la surveillance médicale, etc.

123

Toxicologie de l'environnement

La toxicologie de l'environnement se concentre sur l'impact des contaminants sur la santé humaine en lien avec l'exposition à l'environnement.

L'environnement est vu comme un organisme à part entière ce qui rejoint l'hypothèse Gaïa développée par Lovelock ou le concept OneHealth.

124

Environnement

L'environnement est « l'ensemble des éléments (biotiques ou abiotiques) qui entourent un individu ou une espèce et dont certains contribuent directement à subvenir à ses besoins », ou encore comme « l'ensemble des conditions naturelles (physiques, chimiques, biologiques) et culturelles (sociologiques) susceptibles d'agir sur les organismes vivants et les activités humaines »



air



eau



sol

125

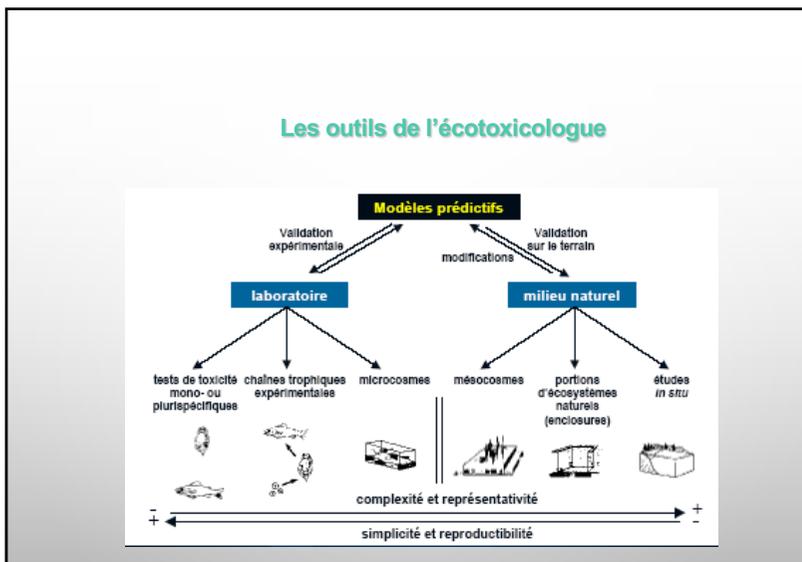
Ecotoxicologie

Le terme inventé par Truhaut (1969) qui la considère comme une extension naturelle de la toxicologie appliquée aux effets sur les écosystèmes.

Plus récemment Newman a défini l'écotoxicologie comme *la science des contaminants dans la biosphère et leurs effets* sur les constituants de la biosphère en y incluant l'homme

Par définition, c'est une science pluridisciplinaire. Elle étudie au sein des écosystèmes les interactions entre les espèces et le milieu et fait appel à l'écologie. Elle étudie les effets des polluants sur les organismes vivants et fait appel à la toxicologie. Enfin, elle étudie les polluants et leur dispersion dans le milieu et fait appel à la chimie.

126



127

Pollution

« La pollution est une **modification défavorable du milieu naturel** qui apparaît en totalité ou en partie comme un sous-produit de **l'action humaine**, au travers des effets directs ou indirects altérant les critères de répartition des flux de l'énergie, des niveaux de radiation, de la constitution physicochimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivantes. Ces modifications peuvent affecter l'homme directement ou au travers des ressources agricoles, en eau et en produits biologiques. Elles peuvent aussi l'affecter en altérant les objets physiques qu'il possède ou les possibilités récréatives du milieu »

Conseil sur la Qualité de l'Environnement de la Maison blanche, 1965

128

« constitue une pollution toute modification du flux de l'énergie, de l'intensité des rayonnements, de la concentration des constituants chimiques naturels ou encore l'introduction dans la biosphère de substances chimiques artificielles produites par l'homme »

Dictionnaire encyclopédique des pollutions (Ramade, 1992)





129

- Selon Bang (1980), la pollution est essentiellement un jugement de valeur sur ce que chacun souhaite trouver dans l'environnement ; ce jugement étant ou non étayé par des données scientifiques et implique toujours un choix.

130

La Convention de Stockholm de 2001 sur les polluants organiques persistants (POP) entrée en vigueur en 2004:

12 prioritaires (« dirty dozen »):

- 1) l'aldrine
- 2) Le chlordane
- 3) le dichlorodiphényltrichloréthane (DDT)
- 4) La dieldrine
- 5) l'endrine
- 6) le heptachlore
- 7) le mirex
- 8) toxaphène
- 9) l'hexachlorobenzène
- 10) les polychlorobiphényles (PCB)
- 11) les dioxines
- 12) les furanes



Elle compte 184 membres signataires dont 152 pays l'ont signée et ratifiée.

L'institution de la ratification donne aux États le délai dont ils ont besoin pour obtenir l'approbation du traité, nécessaire sur le plan interne, et pour adopter la législation permettant au traité de produire ses effets en droit interne.

131

Polluants organiques persistants (POPs)

Définition : Les POPs sont des molécules complexes qui ne sont pas définies à partir de leur nature chimique mais à partir de 4 propriétés :

- Toxicité
- Persistance dans l'environnement
- Bioaccumulation
- Transport longue distance

132

Un rapide historique de l'utilisation des pesticides ...

- La plupart des POPs de la « dirty dozen » sont des pesticides:
 - L'aldrine est un insecticide chloré, non biodégradable.
 - Le chlordane est un insecticide organochloré non systémique
 - Le DDT est un puissant insecticide
 - La dieldrine est un insecticide organochloré.
 - L'endrine est un insecticide et rodenticide.
 - L'heptachlore est un insecticide organochloré non systémique.
 - Le mirex est un composé organochloré qui a été commercialisé comme retardateur de feu et comme insecticide.
 - Le Toxaphène est un pesticide.
 - L'hexachlorobenzène est un fongicide.
- Les polychlorobiphényles (PCB) ont des applications industrielles.
- Les dioxines sont des produits de dégradation d'autres POPs.
- Les furanes se forment lors de la cuisson des aliments.

133

Les différentes classes de pesticides

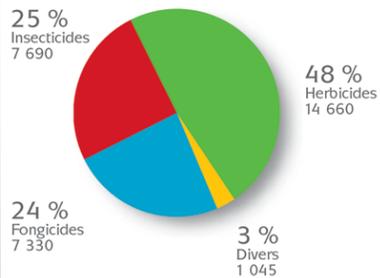
Classe des pesticides	Cibles
Action sur les invertébrés Insecticides Nématocides	Insectes Nématodes
Action sur les vertébrés Rodenticides Avicides	Rongeurs Oiseaux
Action sur les plantes Herbicides	herbes
Action sur les micro-organismes Fongicides	(levures-moisissures)

Remarque : « pest » vient de l'anglais qui veut dire « nuisible »

134

D'après l'Union des Industries de la Protection des Plantes _

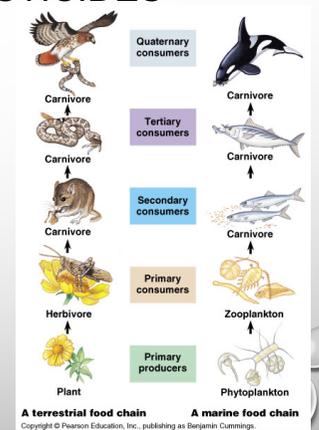
Utilisation de pesticides en France



135

EFFETS DES PESTICIDES

- EFFET DIRECT... UN INSECTICIDE EST FAIT POUR TUER DES INSECTES QUI SONT À LA BASE DES RÉSEAUX TROPHIQUES
- EFFET INDIRECT...



136

Écotoxicologie Exemple

- Féminisation des Alligators en Floride
- Décrite pour la première fois au début des années 1990
- Pourrait être due à la présence de composés mimant l'action des œstrogènes provenant des effluents des cultures
 - DDT, DDE
- Effet sur l'homme peu compris...



137

Changement climatique



138

Introduction: climat vs. météo

- Il est important de différencier **météorologie & climat** :
 - La **météorologie** permet de prévoir les pressions atmosphériques, températures, les précipitations sur une dizaine de jours

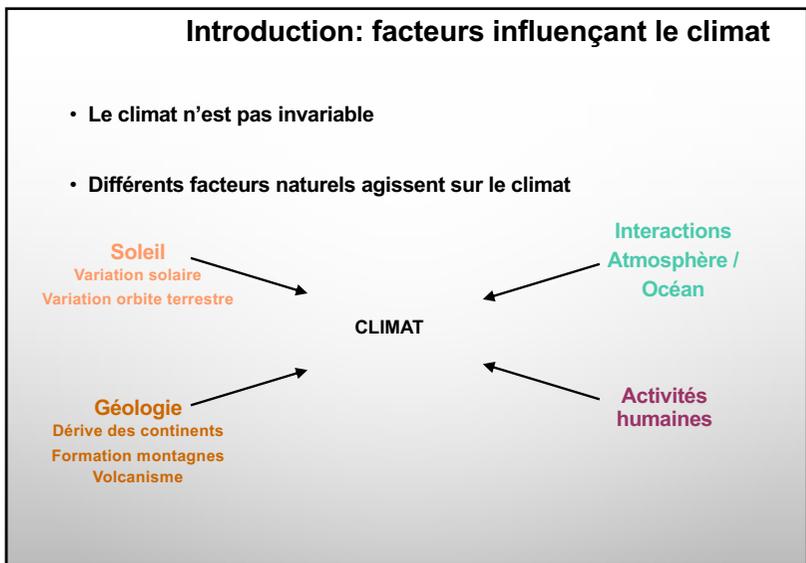


139

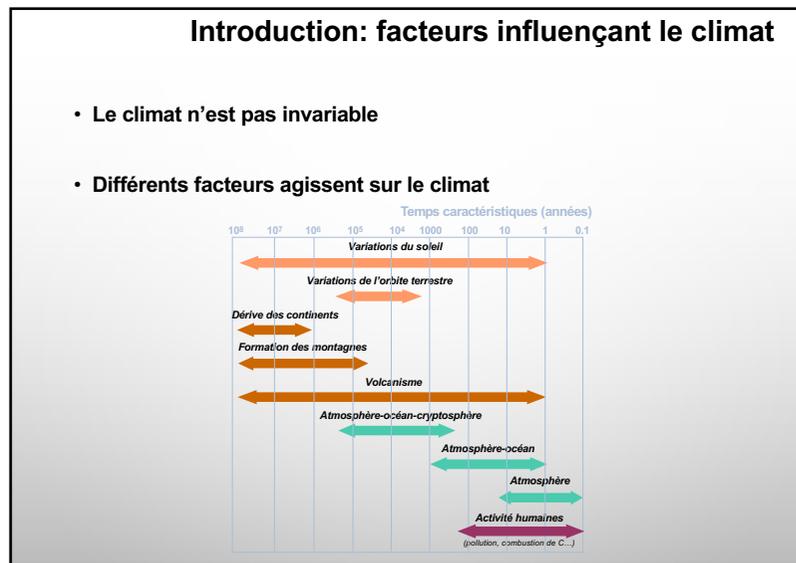
Introduction: climat vs. météo

- Il est important de différencier **météorologie & climat** :
 - La **météorologie** permet de prévoir les pressions atmosphériques, températures, les précipitations sur une dizaine de jours
 - À l'inverse, le **Climat** = ce sont des études statistiques qui permettent par exemple d'établir les saisons, de donner des "tendances"

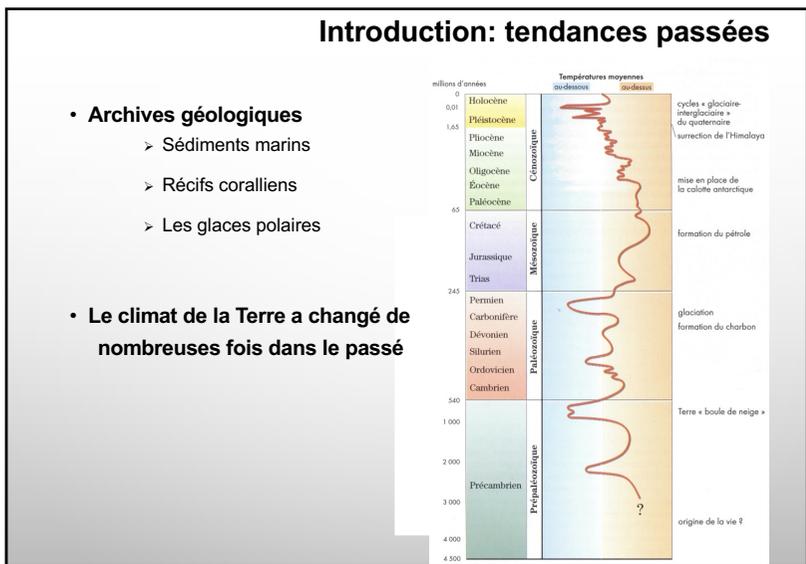
140



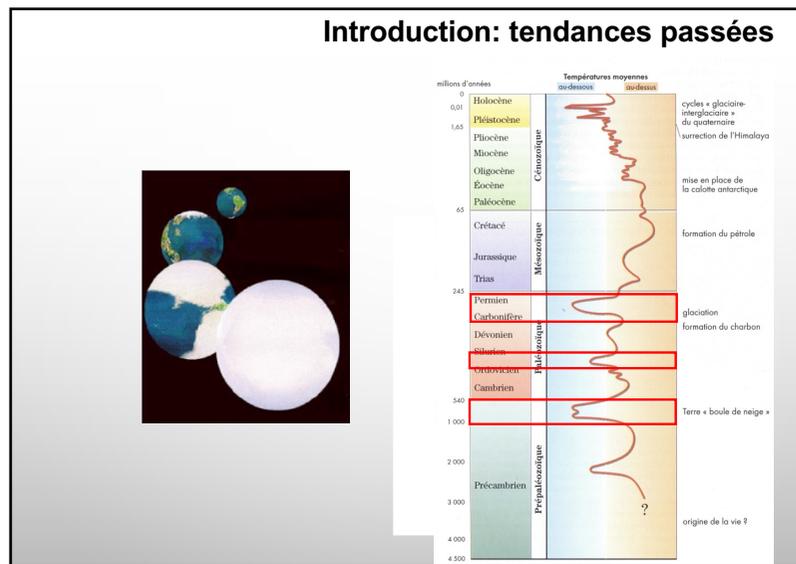
141



142



143



144

Introduction: tendances passées

- Glaciations quaternaires**
 - Accélération des cycles glaciaires
 - 17 cycles glaciaires
 - 80 000 ans glaciation
 - + 20 000 ans déglaciation
 - Cycle = 100 000 ans
 - Dernière glaciation = Würm (- 70 000 ans / - 12 000 ans)
- A chaque fois la température de la Terre n'a baissé que de 5 à 6°C, ce qui est suffisant pour déclencher un refroidissement général

145

Introduction: tendances passées

- Un nombre croissant d'observations nous donne aujourd'hui une image d'ensemble d'une planète qui se réchauffe et de plusieurs autres changements dans le système climatique

146

Introduction: tendances passées*

Les températures

Données / thermomètres ou anneaux ligneux, corail, carottage glaciaire

- Le réchauffement observé au XX^{ème} siècle ait été le plus important des 1000 dernières années

*IPCC, Climate Change 2001: The Scientific Basis

147

Introduction: tendances passées

Les températures

Données / thermomètres

- Au XX^{ème} siècle, cette augmentation a été de 0,6 °C (± 0,2 °C)
- Amplification moyenne de 0.17°C / 10 ans (± 0,05 °C)
- Cela paraît si faible...

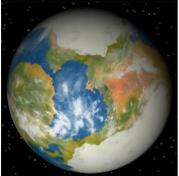
*IPCC, Climate Change 2001: The Scientific Basis

148

Introduction: tendances passées

Les températures

- Et pourtant, cela fait **5°C en 3 siècles**



5°C = ce qui différencie
une période glaciaire d'un
« optimum interglaciaire »

→

comme celui que nous
vivons actuellement

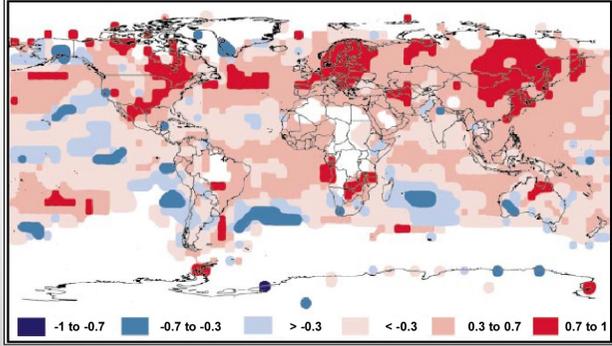


149

Introduction: tendances passées

Les températures

Tendance des températures depuis 1976



- Les changements de températures sont spatialement hétérogènes
- Il fait par ex. de + en + chaud dans les hautes latitudes de l'hémisphères nord

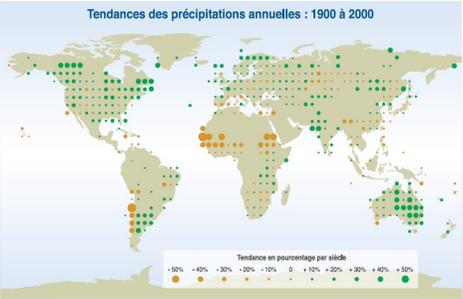
Walther et al., Nature, 416, p389-395

150

Introduction: tendances passées

Les précipitations

- Au XX^{ème} siècle les précipitations ont augmenté de ~ 1% tous les 10 ans sous la plupart des latitudes moyennes et élevées des continents de l'hémisphère Nord



Tendances des précipitations annuelles : 1900 à 2000

Tendance en pourcentage par siècle

- Les pluies ont diminué dans la plupart des zones terrestres sub-tropicales de l'hémisphère Nord (10° Nord à 30° Nord)
- Contrairement à ce qui s'est passé dans l'hémisphère Nord, aucun changement systématique comparable n'a été détecté dans les moyennes générales, pour les différentes latitudes dans l'hémisphère Sud

* IPCC, Climate Change 2001: The Scientific Basis

151

Introduction: tendances passées

La couverture neigeuse & étendues glaciaires

Diminution ~ 10 % depuis la fin des années 1960

- Depuis 1950, la surface de glace de mer au printemps et en été, dans l'hémisphère Nord, a diminué ~10-15%

Observed sea ice September 1979

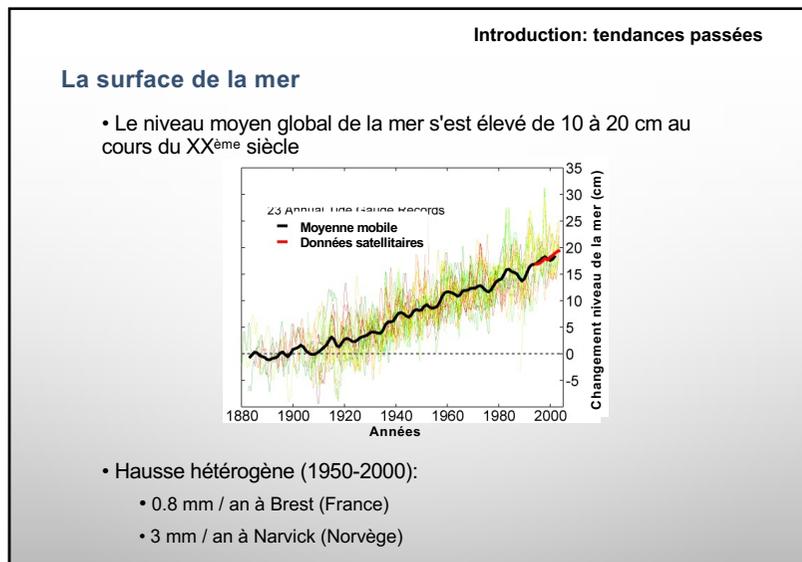


NASA

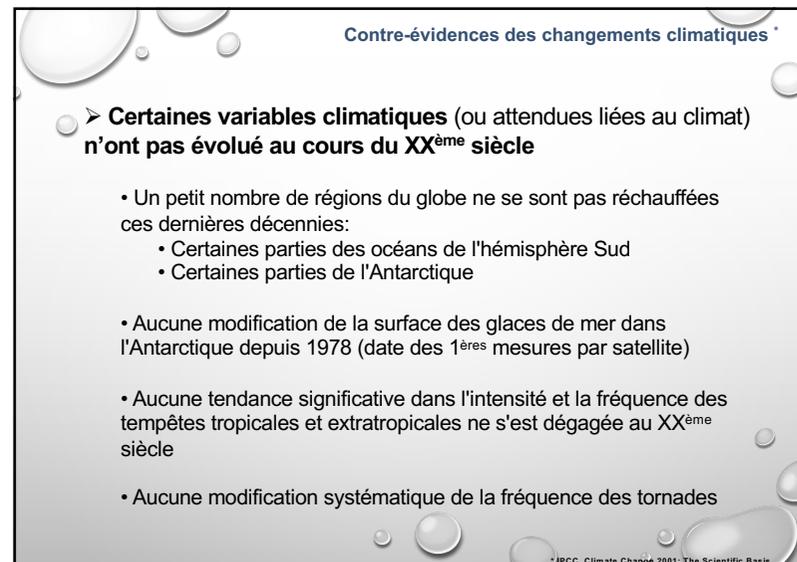
Observed sea ice September 2003



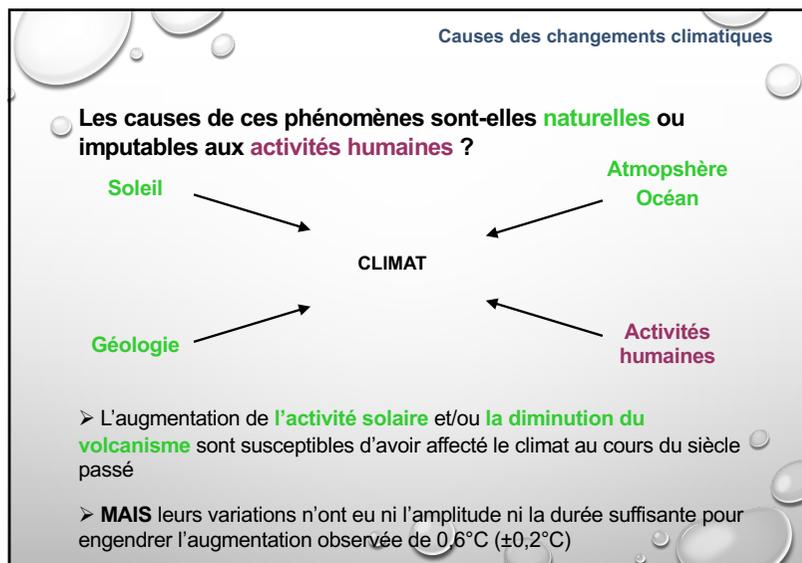
152



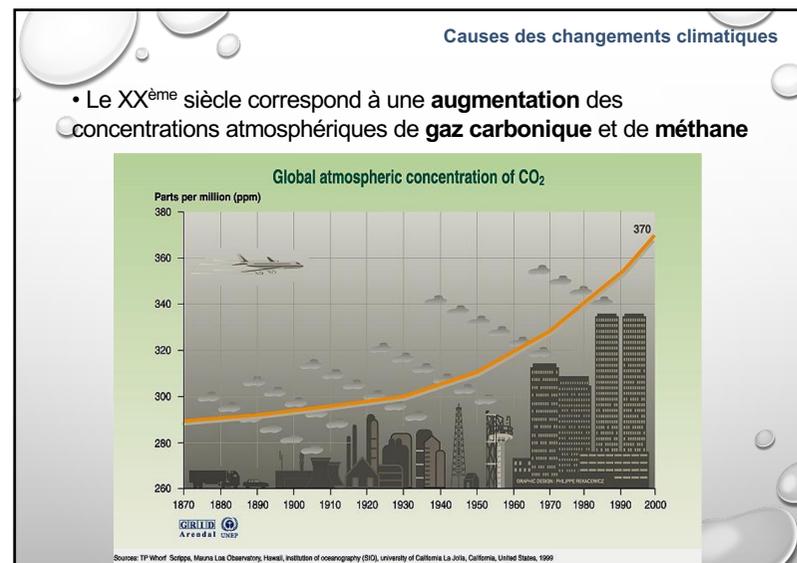
153



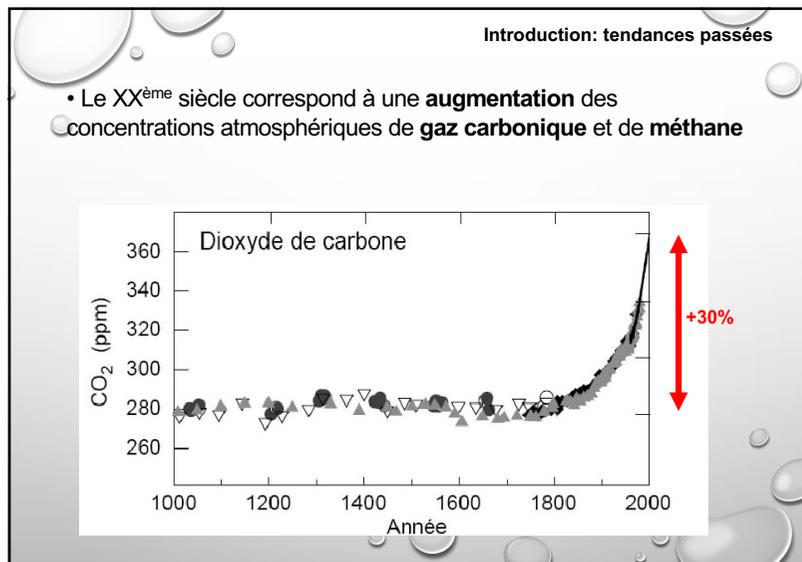
154



155



156



157

Introduction: L'effet de serre

- Le CO₂ & le CH₄ représentent **1% des gaz atmosphériques**
- Ils font partie des **Gaz à effet de serre** (avec l'Oxyde d'azote; l'Ozone & les ChloroFluoroCarbone)
- Sources d'émission**
 - Utilisation des combustibles fossiles (charbon, pétrole et gaz naturels)
 - Activités industrielles
 - Activités minières
 - Combustion de biomasse (forêts)
 - Changement de l'utilisation des sols
 - Gestion des déchets

158

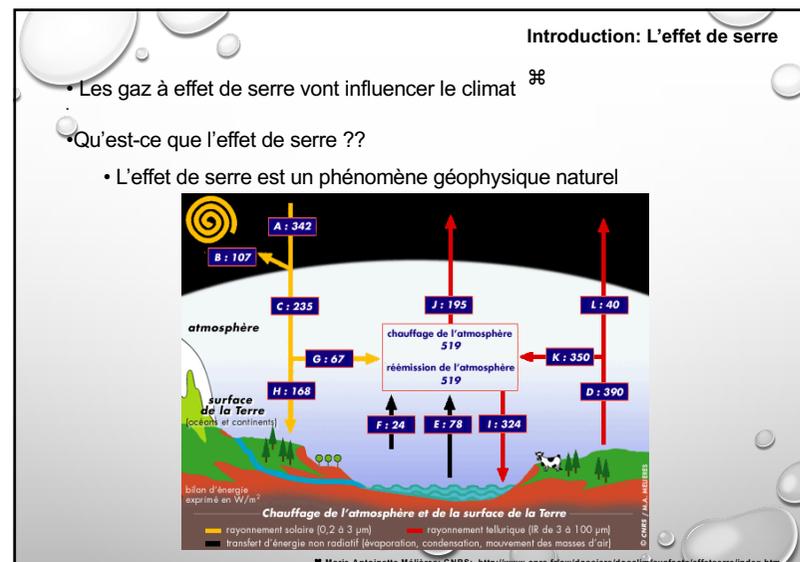
Introduction: L'effet de serre

- Naturellement, les **écosystèmes terrestres absorbent le CO₂ atmosphériques**
- Les puits de CO₂ sont** (par ordre d'importance)
 - Océans
 - Végétation, sols et litière terrestres
 - Atmosphère

Bilan moyen annuel du CO₂ (Gt C / an)

	1980-1989	1989-1998
Emissions dues à l'utilisation des combustibles fossiles	+ 5.5 ± 0.5	+ 6.3 ± 0.6
Emission dues au changement d'affectation des terres	+ 1.7 ± 0.8	+ 1.6 ± 0.8
Fixation par l'océan	- 2.0 ± 0.8	- 2.3 ± 0.8
Fixation terrestre	- 1.9 ± 1.3	- 2.3 ± 1.3
BILAN : Augmentation dans l'atmosphère	+ 3.3 ± 0.2	+ 3.3 ± 0.2

159



160

Introduction: L'effet de serre

- L'effet de serre en résumé:

- La surface de la Terre se refroidit en émettant un rayonnement IR
- L'atmosphère est capable d'absorber une partie de ce rayonnement par l'intermédiaire de ses gaz à effet de serre (CO_2 , CH_4)
- L'atmosphère en réémet une partie vers la surface de la Terre
- La surface s'en trouve donc réchauffée... Sans ES, la température de la terre serait de -18°C

161

Introduction: L'effet de serre

- Comment agissent les GES ?
 - Les GES absorbent les rayonnement IR émis par la surface

- Avec la $[\text{CO}_2]$ atmosphérique préindustrielle (i.e. 280 ppm), l'atmosphère absorbe $450 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$
- L'atmosphère ré-émet toute cette énergie par rayonnement IR:
 - $195 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ vers extérieur de la planète
 - $324 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ vers la surface

162

Causes des changements climatiques

- Comment agissent les GES ?
 - Les GES absorbent les rayonnement IR émis par la surface

- Avec $[\text{CO}_2]$, l'atmosphère emmagasine plus d'énergie
- Par conséquent elle en ré-émet plus vers la surface et réchauffe ainsi la température terrestre

163

Conséquences des changements climatiques

Potential climate changes impact

Impacts on...

Health	Agriculture	Forest	Water resources	coastal areas	Species and natural areas
Weather-related mortality Infectious diseases Air-quality respiratory illnesses	Crop yields Irrigation demands	Forest composition Geographic range of forest Forest health and productivity	Water supply Water quality Competition for water	Erosion of beaches Inundation of coastal lands additional costs to protect coastal communities	Loss of habitat and species Cryosphere: diminishing glaciers

Source: United States environmental protection agency (EPA). GRAPHIC DESIGN: PHILIPPE BEKAERDZ

164

Conséquences des changements climatiques sur la biodiversité

1. Changement d'aire de répartition géographique
 - Changement d'altitude
 - Changement de latitude
2. Changement dans la survie
3. Changement dans la phénologie
4. Extinction d'espèce

165

Changement d'aire de répartition géographique

- **Changement d'altitude**
 - ↗ Température → les températures deviennent + clémentes en altitude



Pin de Macédoine (*Pinus peuce*) en Bulgarie

↗ altitude



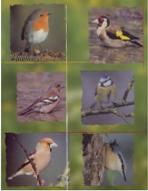
Plantes alpines

↗ altitude de 1 à 4 mètres / décade

166

Changement d'aire de répartition géographique

- **Changement de latitude**
 - ↗ Température → les températures septentrionales + clémentes



▪ 12 espèces d'oiseaux en Angleterre ont vu leur zone de répartition s'étendre de 20 km au nord en 20 ans

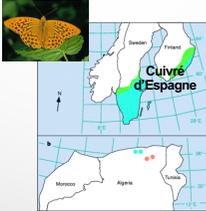


▪ Le renard roux au Canada a vu sa zone de répartition s'étendre au nord entraînant le recul du renard arctique

167

Changement d'aire de répartition géographique

- **Changement de latitude**
 - ↗ Température → les températures septentrionales + clémentes



Cuviers d'Espagne



1997
1970

Limite de répartition sud stable mais limite nord augmente

- En Europe, sur 35 espèces non-migratrices
 - 63% ont progressé vers le nord de 35-240 km / 100 ans
 - 3% ont progressé vers le sud.

Parmesan et al., Nature 399, 579 - 583

168

4- Qu'est-ce que la biologie de la conservation ?



1670, extinction du Dodo
Raphus cucullatus
(L. 1758) à l'île Maurice



169



Une réponse à une vague de changements de l'environnement qui menacent une partie importante de la biodiversité.



170

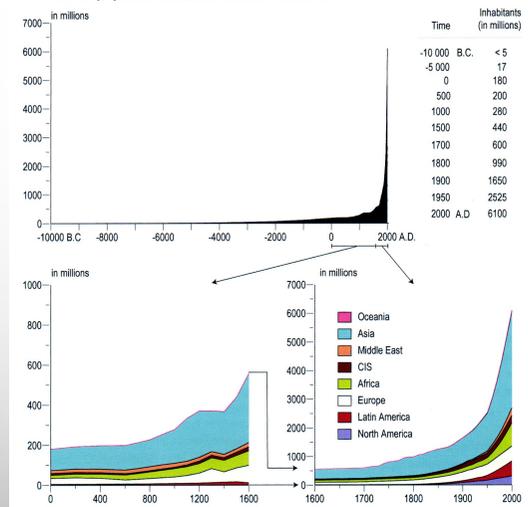
Pourquoi maintenir la biodiversité ?

- Maintenir le fonctionnement des écosystèmes
- Intérêt économique direct
- Intérêt économique indirect
- Raisons éthiques
- Raisons esthétiques

171

POURQUOI MAINTENANT ?

Global population estimate of the Holocene



172

BIOLOGIE DE LA CONSERVATION

- Les biologistes de la conservation anticipent, préviennent, minimisent et réparent les dommages sur l'environnement.



173

La biologie de la conservation diffère des autres sciences biologiques

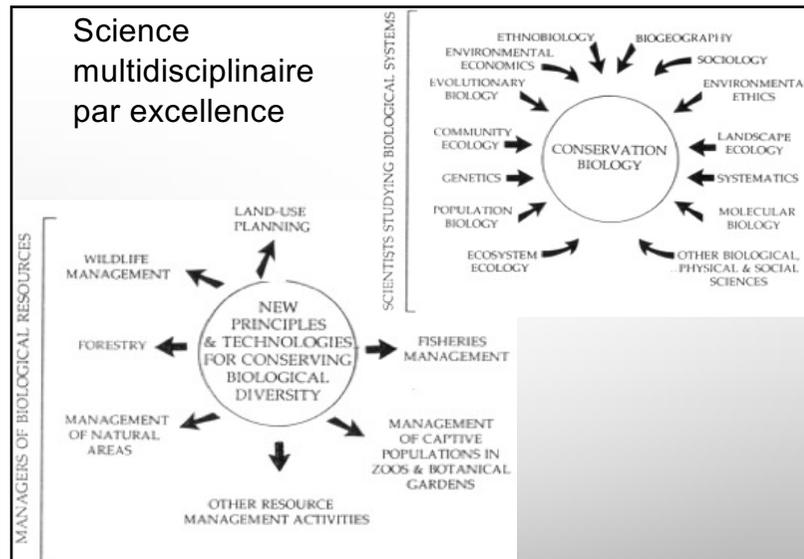
C'est souvent une discipline de crise



i.e., il est parfois nécessaire d'agir avant de connaître tous les faits
Souvent les réplifications n'existent pas, on ne peut pas refaire l'expérience,
On change beaucoup de paramètres en une fois...

174

Science multidisciplinaire par excellence



175

QU'EST-CE QUI EST FAIT OU PEUT ÊTRE FAIT ?

- Définir des zones géographiques prioritaires
- Restaurer des zones endommagées
 - Ecologie de la restauration
- Programmes de réintroduction, reproduction en captivité, translocation...
- Quantifier la valeur intrinsèque d'un écosystème
- Réduire l'impact humain (*footprint* ou empreinte écologique)



176

Objectifs des réserves

- Préservation d'écosystèmes intacts (Ex: bassins versants)
- préservation de la biodiversité (Ex: régions avec beaucoup d'endémisme)
- préservation d'espèces étendard (Ex: grands carnivores)
- conservation pour une exploitation soutenable (Ex: forêts, marais)

177

177

Enjeux du design des réserves

- *Enjeux biologiques*, et leurs implications pour la taille, l'emplacement, la configuration, etc.
- *enjeux socioculturels*, implications face aux utilisations traditionnelles du territoire
- *enjeux économiques*, implications pour l'économie locale et régionale

178

178

Aspects critiques dans le design des réserves

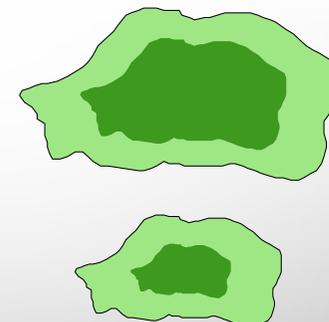
- taille
- forme
- zones tampon
- corridors et réseaux de réserves
- contexte du territoire
- hétérogénéité spatiale et aggrégation

179

179

Taille des réserves et effets de bordure

- Rapport bordure/superficie diminue lorsque la taille de la réserve augmente
- donc, pour une largeur de zone d'influence donnée, les petites réserves seront plus affectées que les grosses



180

180

Pourquoi privilégier les grandes réserves?

- Richesse spécifique est plus grande
- populations protégées sont plus grandes (particulièrement important pour les grands mammifères)
- Effets de bordure sont minimisés

181

181

Restauration de la diversité génétique

- La Vipère péliade, *Vipera berus*, est une espèce de serpent venimeux de la famille des Viperidae, que l'on trouve dans la plupart des pays d'Europe.



182

Site d'étude

- Une population isolée de vipères est étudiée à Smygehuk, à environ 50 km au sud de Lund en Suède. La zone est bordée au sud par la mer Baltique, au nord par des terres arables, à l'ouest par un village et à l'est par un port.
- Les vipères sont confinées à une bande côtière de prairie herbeuse de 1 km de long et 50–200 m de large. Elles ont été isolées des autres populations de vipères pendant au moins un siècle, et la population connue la plus proche se trouve à 20 km au nord à travers des champs agricoles impropres aux vipères.

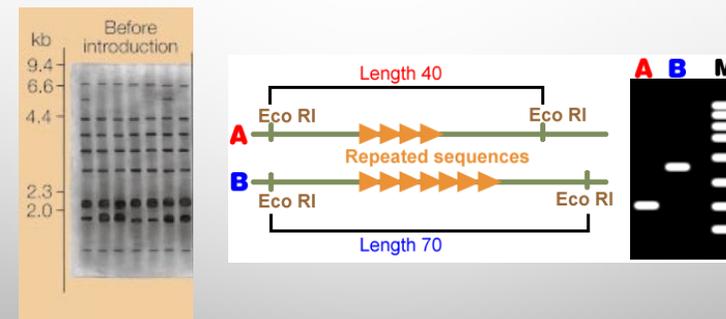


Madsen T, Shine R, Olsson M, Wittzell Hk (1999) Restoration of an inbred adder population. Nature 402:34-35

183

Diversité génétique

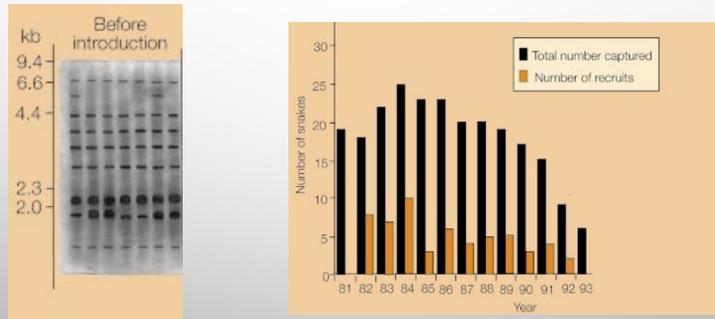
- Mesure de la diversité par empreintes génétiques



184

Diversité génétique

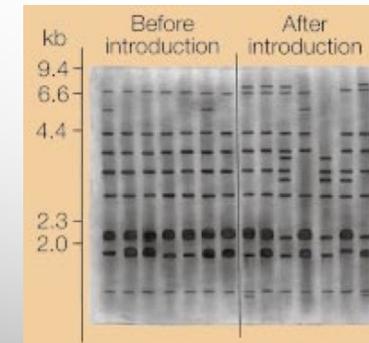
- Mesure de la diversité par empreintes génétiques



185

Diversité génétique

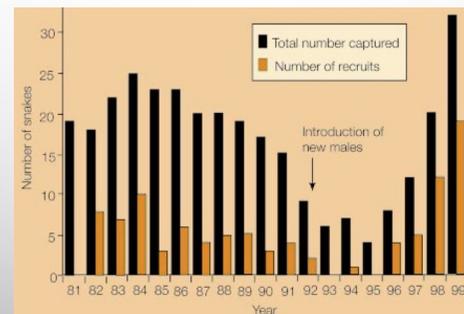
- Introduction de 20 mâles d'une autre population



186

Diversité génétique

- Introduction de 20 mâles d'une autre population



187

1 ha=100 m x 100 m= 10 000 m²

L'empreinte écologique

- L'empreinte écologique quantifie pour un individu ou une population la surface nécessaire pour produire les principales ressources consommées par cette population et pour absorber ses déchets.
- La moyenne mondiale de l'empreinte écologique est de 2,5 ha par personne.
 - Un Européen a besoin de 5 ha pour maintenir son niveau de vie. Si tout le monde consommait autant qu'un Européen, il faudrait l'équivalent de deux planètes supplémentaires.
 - Un Américain du Nord a besoin du double d'un Européen pour maintenir son niveau de vie. Si tout le monde consommait comme un Américain, il faudrait cinq planètes supplémentaires.

188

L'empreinte écologique en 2008

• Émirats arabes unis	9,6 hectares
• USA	9,5 hectares
• France	5,2 hectares
• Pays-Bas	4,1 hectares
• Hongrie	3,8 hectares
• Turquie	2,8 hectares
• Brésil	2,4 hectares
• Chine	2 hectares
• Empreinte écologique disponible	1,8 hectares
• Algérie	1,8 hectares
• Kenya	1,1 hectares
• Inde	0,9 hectare

189

Développement durable



- Le « développement durable » (ou développement soutenable) est, selon la définition proposée en 1987 par la Commission mondiale sur l'environnement et le développement dans le Rapport Brundtland (du nom de la présidente de la commission la norvégienne Gro Harlem Brundtland) :
- « *un développement qui répond aux besoins des générations du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs. Deux concepts sont inhérents à cette notion : le concept de " besoins ", et plus particulièrement des besoins essentiels des plus démunis, à qui il convient d'accorder la plus grande priorité, et l'idée des limitations que l'état de nos techniques et de notre organisation sociale impose sur la capacité de l'environnement à répondre aux besoins actuels et à venir.* »



190