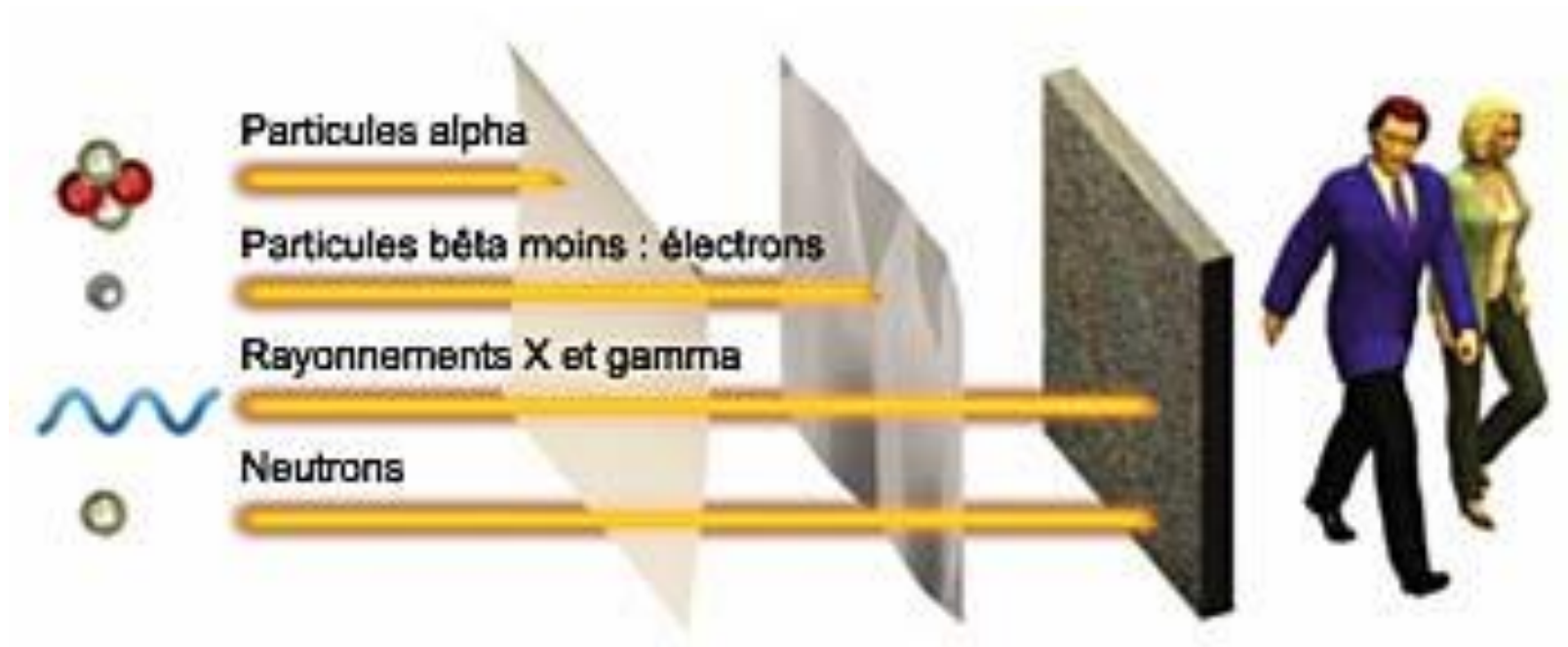


Ecosystèmes et altérations

Pollutions « physiques »
(radionucléides)(radioécologie)

Ecosystèmes et altérations

1) Rayonnements radioactifs



Ecosystèmes et altérations

2) Notions de décroissance radioactive

- $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$

Cette formule signifie qu'à un temps (t), le nombre d'atomes (N) est égal au nombre d'atomes initialement présents (N_0) multiplié par l'exponentielle du facteur temps multiplié par la constante radioactive (λ).

Ecosystèmes et altérations

La période radioactive

Le temps nécessaire à ce que cette activité diminue de moitié est appelé la période. Elle peut s'étendre de quelques fractions de seconde à plusieurs milliards d'années.

Elle exprime le temps au bout duquel la moitié des atomes d'une source donnée de radioisotopes a disparu.

$$T = 0.693 / \lambda$$

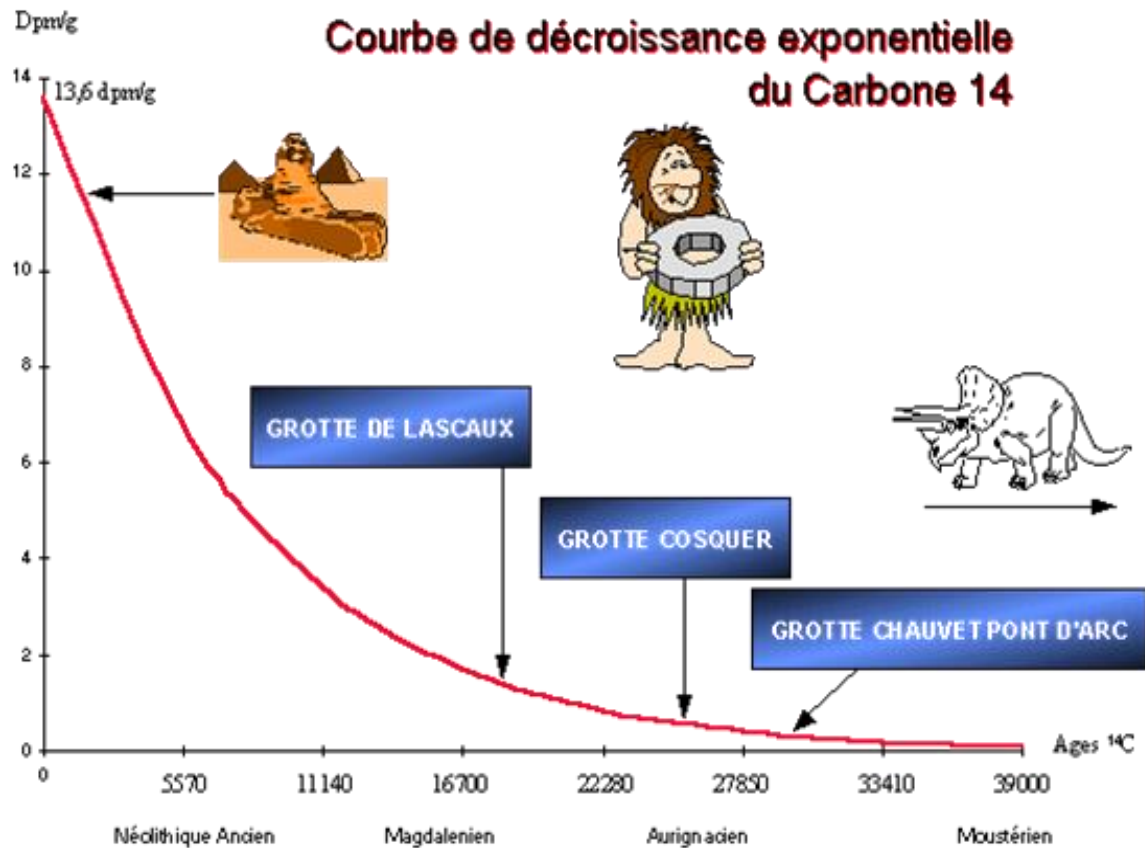
Cette formule, déduite de la précédente, montre que la période radioactive (T) dépend de la constante radioactive. Elle lui est inversement proportionnelle selon un facteur égal au *ln 2 soit 0.693*.

Ecosystèmes et altérations

Quelques périodes

- le strontium 90 (^{90}Sr) a une période de 28 ans, ce qui signifie qu'il faut 28 ans pour voir la radioactivité d'une source de strontium diminuer de moitié.
- le technétium 99 métastable ($^{99\text{m}}\text{Tc}$) a une période de 6 heures
- l'uranium 238 (^{238}U) a une période de 4.5 milliards d'années
- le carbone 14 (^{14}C) possède une période de 5370 ans
- le tritium (^3H) possède une période de 26,5 ans
- le césium 137 (^{137}Cs) > 30 ans (polluants de Tchernobyl par exemple)

Ecosystèmes et altérations



Ecosystèmes et altérations

Cas d'espèce : Tchernobyl (1986)



Ecosystèmes et altérations

- Cas d'espèce : Tchernobyl (1986)



Ecosystèmes et altérations

Unités

- a) Becquerel : une désintégration /s (S.I) (Bq)
- b) Curie : 3×10^7 désintégrations /s > mCi et μ Ci
- c) Sievert : J/kg

Ecosystèmes et altérations

Les coefficients de doses par ingestion de l'iode ^{131}I et du ^{137}Cs (isotopes de Tchernobyl) sont tels qu'il faut ingérer 45 ou 70 mille becquerels (Bq) de ces éléments pour s'exposer à une dose de 1 (mSv).

Ecosystèmes et altérations

- **20 Sv** - Pour une dose supérieure à 40 Sv : On observe un syndrome nerveux avec convulsions, coma et mort instantanée. Toutefois, ces accidents étant extrêmement rares, les descriptions cliniques ne peuvent être établies totalement par l'épidémiologie.
- **10 Sv** - Pour une dose supérieure à 8 Sv : On observe un syndrome gastrointestinal avec diarrhées aiguës, hémorragie digestive menant à la mort. La mort est pratiquement certaine pour des doses supérieures à 10 Sv.
- **5 Sv** - On définit l'irradiation aiguë globale comme étant la dose tuant 50 % des sujets exposés au rayonnement ionisant. Cette valeur admet un intervalle de 3 à 4,5 Sv. Elle est accompagnée d'un syndrome hématologique s'étalant sur une trentaine de jours. Aucun traitement n'est administré.
- **2 Sv** - Pour une dose de 2 à 4 Sv : on observe en pratique clinique un syndrome hématopoïétique. Les populations de lymphocytes et globules blancs diminuent considérablement. On parle de lymphopénie, leucopénie et l'irradiation peut mener à une anémie (carence en globules rouges).
- **1 Sv** - L'homme présente des signes cliniques dus aux irradiations à partir d'une dose unique équivalente à 1000 mSv (soit 1 Sv), dénommé le « mal des rayons ». L'individu est alors systématiquement hospitalisé.
- **0.5 Sv** - L'observation des nettoyeurs **de Tchernobyl** a révélé une morbidité (mortalité?) anormalement élevée sans signe clinique spécifiquement liés à l'irradiation, suggérant un syndrome immunodéficitaire radioinduit. Le risque de mortalité s'élève de 14% par sievert dans les 30 années suivant la radio-exposition avec un seuil de 0,5 Sv.
- **0.1 Sv** : l'étude des victimes de Hiroshima et Nagasaki n'a pas révélé de risque statistiquement significatif de cancers pour des doses aux organes inférieures à 100 mSv.^[5] Au-dessus, on estime que le risque de développer un cancer mortel pour ce type d'irradiation (en une exposition uniforme de très courte durée) est de 5×10^{-2} par Sv.^[1]

Ecosystèmes et altérations

Problématique des déchets

Types de déchets

- 1) Déchets faible activité de courte durée de vie : solides liquides ou gaz faiblement radioactifs (radionucléides de période inférieure à 30 ans) (cat.A)
- 2) Déchets de faible ou moyenne activité à longue durée de vie : solides, liquides ou gaz moyennent radioactifs de longue durée de vie > gestion adéquate (cat.B)
- 3) Déchets de haute activité à vie longue (s), (l) ou (g) contenant une proportion importante de radionucléides à vie longue (cat. C)

Ecosystèmes et altérations

Aucun de ces déchets ne doit se retrouver dans l'écosystème > confinement et gestion nécessaire (voir cours sur les déchets)

Ecosystèmes et altérations

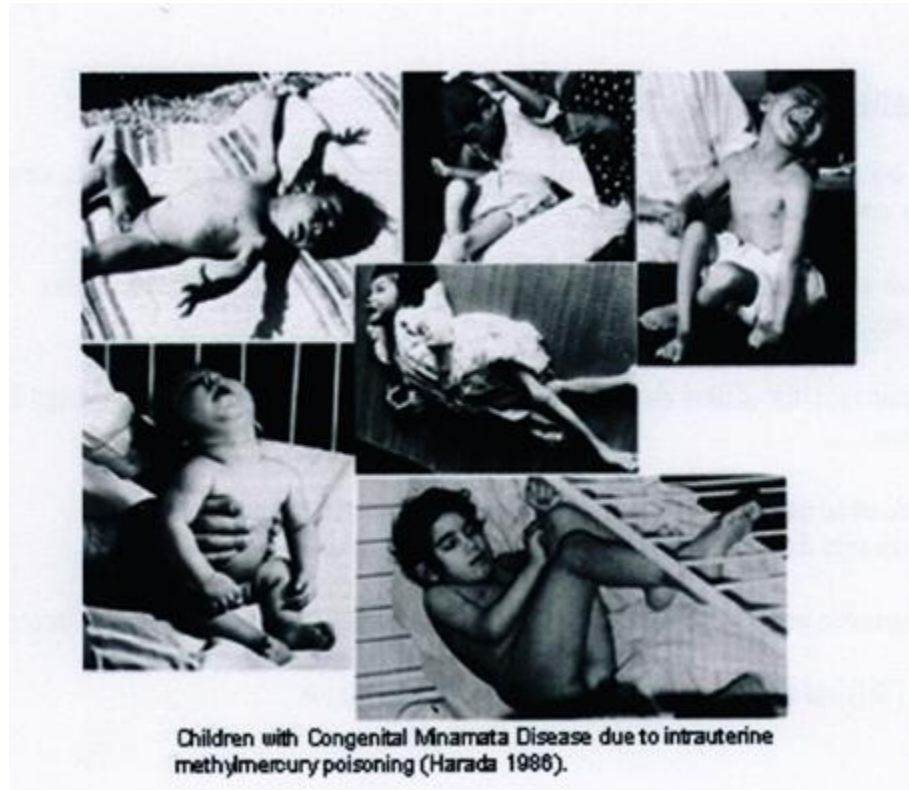
- Pollutions « chimiques »
- Métaux lourds

Ecosystèmes et altérations

- Intoxication au Méthyl mercure



Ecosystèmes et altérations



Ecosystèmes et altérations

Dans la convention de Genève, le protocole relatif aux métaux lourds désigne par le terme "métaux lourds" les métaux qui ont une masse volumique supérieure à 4,5 g/cm³.

L'expression "métaux toxiques" convient mieux que celle utilisée habituellement de "métaux lourds". (voir cours effluents)

Ecosystèmes et altérations

Usages des métaux lourds

- Le Pb est/fut utilisé : comme canalisations d'eau, sur les toitures , dans l'imprimerie,
- Le Hg est/fut utilisé dans les plombages dentaires avec le plomb, dans les thermomètres,....
- As et Cd sont rejetés par la sidérurgie
- Le Ni sert dans certains alliages notamment pour les monnaies
- Le Mn et le V sont utilisés en sidérurgie pour faire des aciers spéciaux,
- L'étain (Sn) est utilisé pour la fabrication de récipients
-

Ecosystèmes et altérations

Effets sur l'homme

- **Les métaux s'accumulent dans l'organisme et provoquent des effets toxiques à court et/ou à long terme.** Ils peuvent affecter
 - le système nerveux (SNC et périphériques)
 - les fonctions rénales,
 - hépatiques,
 - respiratoires, ...

(v.cours effluents pour plus de détails)

Ecosystèmes et altérations

Effets sur l'écosystème

- Certains lichens ou mousses sont couramment utilisés pour surveiller les métaux dans l'environnement et servent de "bio-indicateurs". Ces lichens sont mangés par les rennes et les esquimaux mangent les rennes , résultat : le lait maternel est particulièrement riche en métaux lourds
- Les rapaces dont le nid était proche des autoroutes avaient des oeufs dont les coquilles étaient fragiles .
- Les habitants autour des usines sidérurgiques ont des taux sanguins en métaux lourds plus élevés que ceux des habitants à la campagne

Ecosystèmes et altérations



La photo ci –après montre la lande de Streupas , près de Liège, les usines à Cuivre et à Zinc de la vallée de la Vesdre toute proche ont contaminé le sol durant le XIX et XX e S . Au fond , les arbres poussent , la terre n'est pas contaminée, en avant-plan , le sol a été contaminé par les rejets , résultat , il n'y a plus qu'une flore herbacée qui peut pousser , les arbres ne savent plus coloniser le terrain , des plantes dites **calaminaires** (poussant sur des sols riches en plomb) se développent

Ecosystèmes et altérations

Flore calaminaire flore cuprifère

1) Viola calaminaria



2) Cette formation est présente sur l'arc cuprifère du Katanga méridional. Elle est localisée sur et en périphérie des gisements cupro-cobaltifères. Sa structure et sa composition floristique contrastent nettement avec celles de la forêt claire environnante. Elle possède notamment des espèces métalloles caractéristiques comme *Haumaniastrum robertii*, *Monadenium cupricola* et *Faroea malaissei*.

Ecosystèmes et altérations

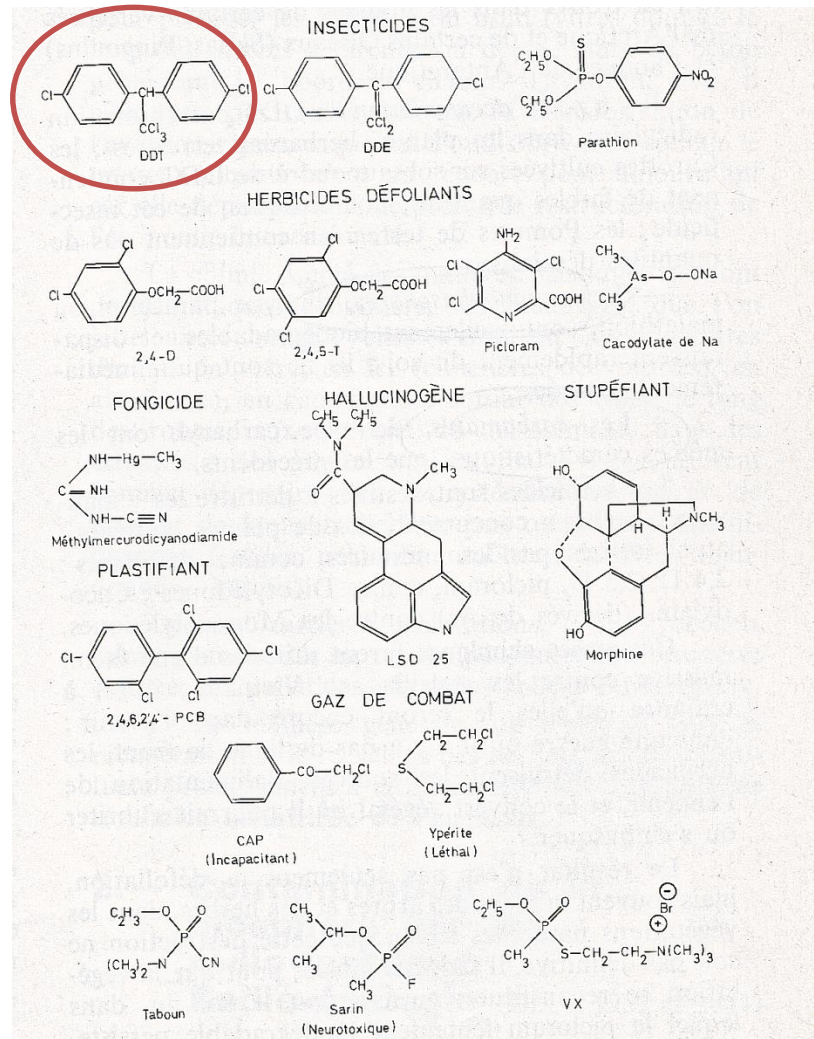
Monadenium cupricola



Ecosystèmes et altérations

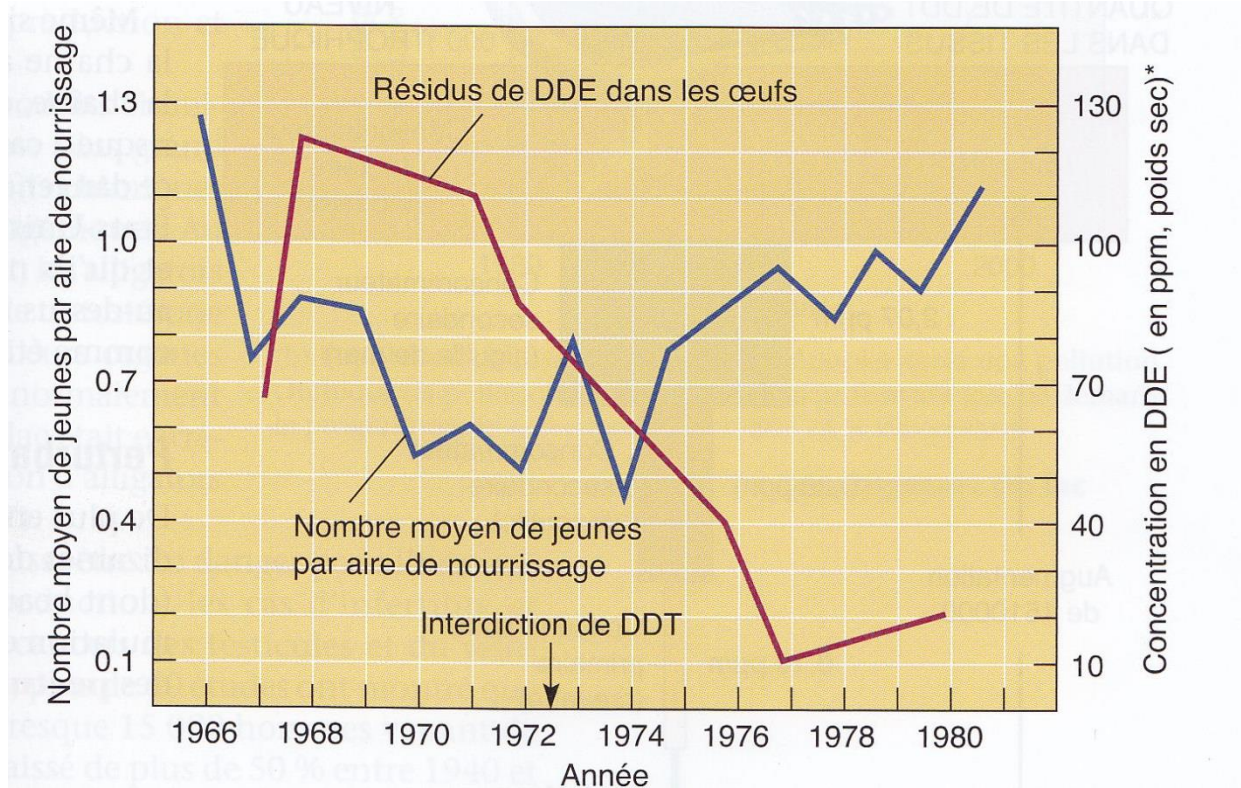
- Pollutions « chimiques »
- Pesticides

Ecosystèmes et altérations



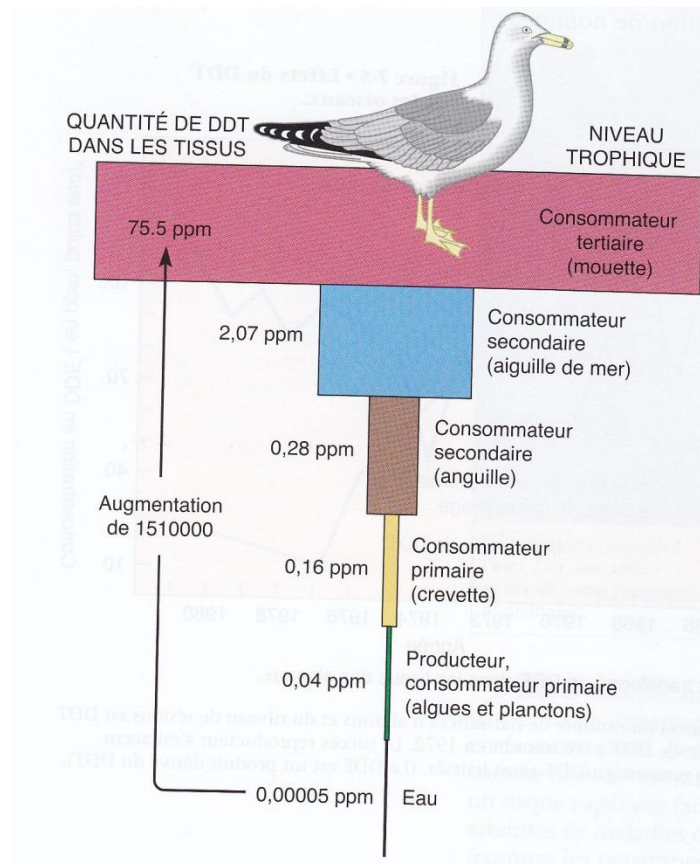
Ecosystèmes et altérations

Effets du DDT sur les aiglons (DDT > DDE ds les œufs)



Ecosystèmes et altérations

Pyramide d'accumulation des toxiques



Ecosystèmes et altérations

Quelques définitions

- 1) Produit toxique : produit chimique ,biologique dont les effets sont néfastes pour la santé.
- 2) Toxicité aiguë : effets négatifs qui se produisent sur une période courte à la suite d'une exposition à un produit toxique.
- 3) Toxicité chronique : effets négatifs qui se produisent quelque temps après l'exposition à a produit toxique ou après une longue exposition à celui-ci.
- 4) Dose de produit : quantité qui pénètre dans le corps d'un organisme exposé.
- 5) Réactions : type et quantité de dommages produits par l'exposition à une dose particulière

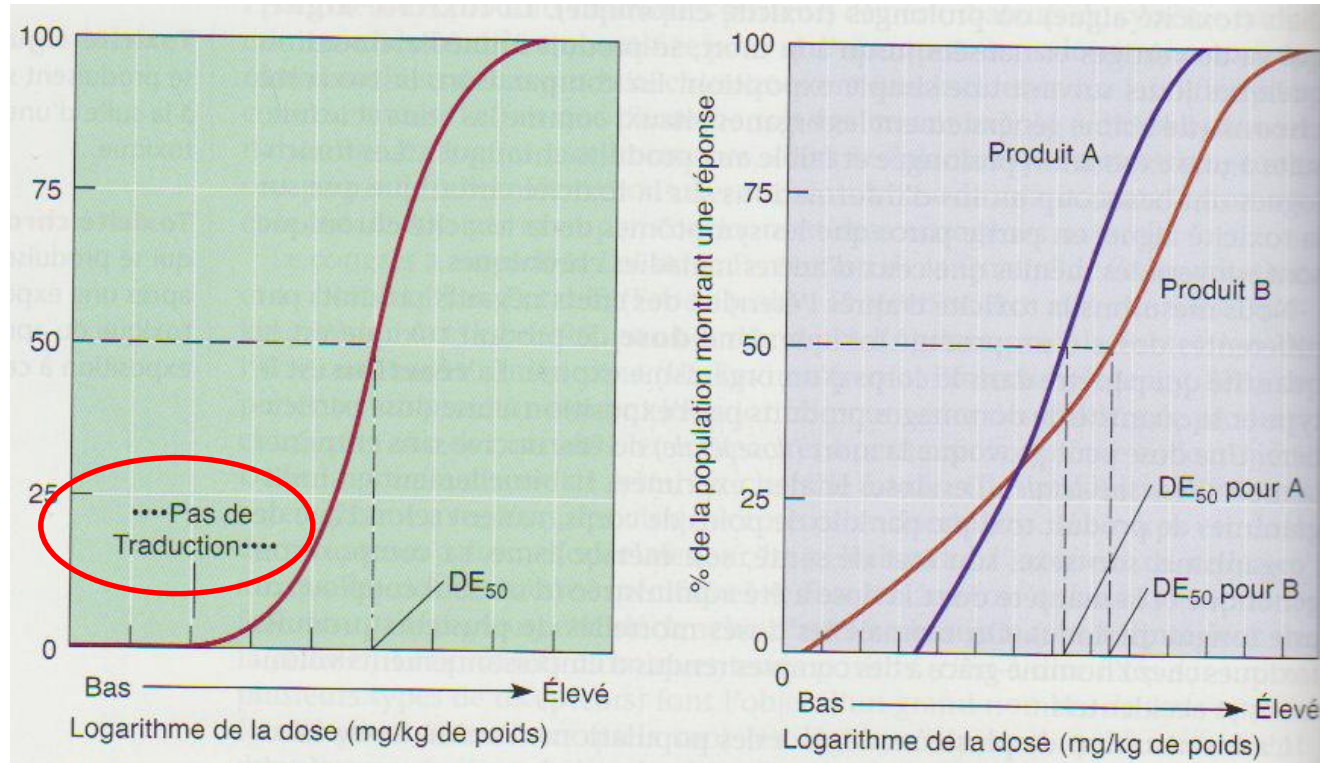
Ecosystèmes et altérations

Quelques définitions(suite)

6) Dose létale : dose entraînant la mort (dose sub-létale: dose nocive d'entraînement par la mort). Elles sont exprimées en milligrammes par kilo de poids corporel (fonction de l'âge, du sexe, de l'état de santé, du métabolisme, sa composition génétique et la manière dont la dose a été administrée).

Pour une population d'animaux testés, la dose létale est de -50 % ou DL_{50}
Plus la DL_{50} est petite, plus le produit chimique est toxique, au contraire, plus elle est grande, moins le produit chimique est toxique.

Ecosystèmes et altérations



Le produit B est plus toxique à faible dose que le produit A, par contre la dose létale du produit B est plus faible

Ecosystèmes et altérations

Exemple de DL 50 pour certains produits

Produits	DL50 (mg/kg)
Aspirine	1750
Éthanol	1000
Morphine	500
Caféine	200
Héroïne	150
Nicotine	2
Strychnine	0,8

Ecosystèmes et altérations

Identification des substances responsables du cancer

La toxicologie étudie les effets de produits chimiques toxiques sur la santé humaine , alors que l'épidémiologie étudie les effets des produits toxiques et des maladies sur les populations humaines.

L'épidémiologie est peut-être plus représentative que la toxicologie mais la toxicologie peut être plus précise.(tableau ci-après)

Ecosystèmes et altérations

Épidémiologie	Toxicologie	Le plus efficace
Sujets humains	Sujets animaux	épidémiologie
Exposition à de multiples produits chimiques	Exposition à un seul produit chimique	toxicologie
Étude rétrospective	prospective	toxicologie
Dosages imprécis	Dosages contrôlés	toxicologie
Groupes exposés génétiquement variés	Groupes exposés génétiquement homogènes	épidémiologie
Échantillon de 100 à 10.000 individus	Échantillon de 10 à 100 individus	épidémiologie

Ecosystèmes et altérations

Auparavant on croyait que le paradigme de la dilution pouvait permettre de se débarrasser de la pollution. (Paradigme : compréhension généralement acceptée de la manière dont un aspect du monde fonctionne.)

Ce paradigme à la vie dure. Maintenant on parle, d'un effet boomerang: ce qui veut dire : ce que vous jetez peut revenir et vous blessez.

Le DDT est un exemple d'effet boomerang , et a permis le développement de l'écotoxicologie (étude des agents de contamination dans la biosphère, y compris leurs effets nocifs sur les écosystèmes)

Ecosystèmes et altérations

L'effet de serre (v . Les effluents gazeux)

Ecosystèmes et altérations

Modèles mathématiques pour le réchauffement climatique

Ecosystèmes et altérations

- Pollutions « biologiques »
 - Eutrophisation

Ecosystèmes et altérations



Ecosystèmes et altérations

Causes de l'eutrophisation

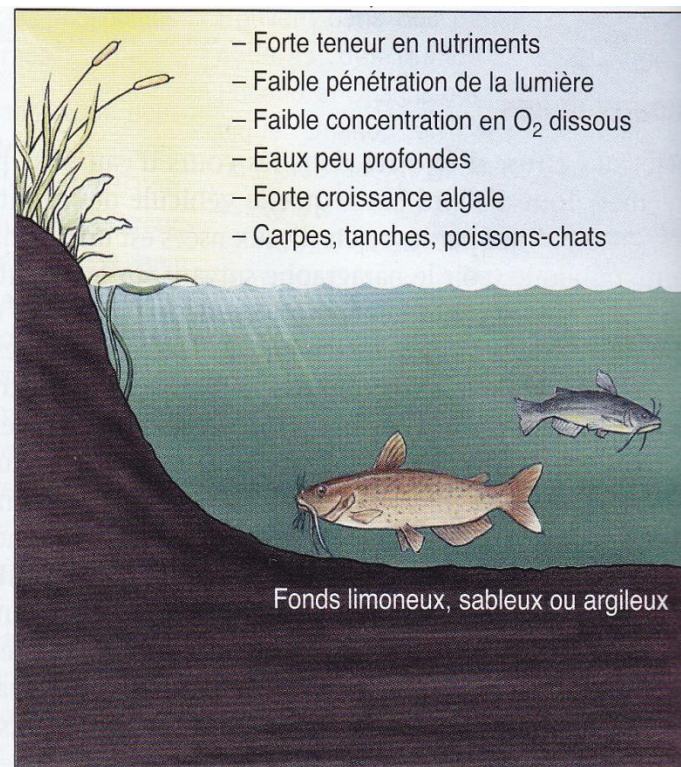
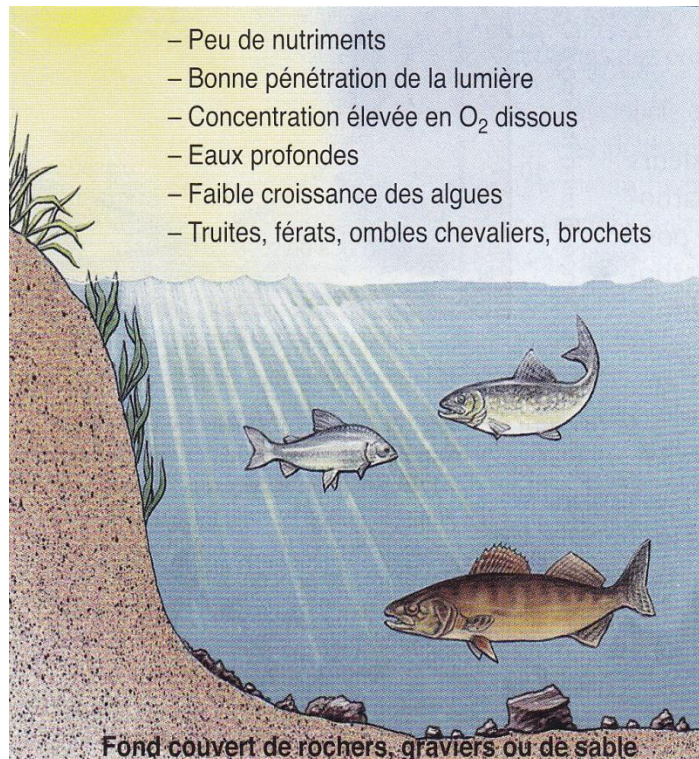
- Apport excessif de nutriments dans un écosystème : carbone (carbonates, hydrogénocarbonates, matière organique,..) , azote (NO_3^- ,...), phosphore (orthophosphates, polyphosphates,...) (le P est un élément limitant , à faible dose il peut induire l'eutrophisation)

Ecosystèmes et altérations

Le processus

- des nutriments, notamment les phosphates et les nitrates issus de l'agriculture, sont déversés en grande quantité dans le milieu aquatique ;
- les eaux ainsi enrichies permettent la multiplication rapide des végétaux aquatiques, en particulier la prolifération d'algues, (efflorescence algale, ou *bloom*) ;
- le stock de oxygène étant très limité dans l'eau (environ 30 fois moins que dans le même volume d'air), celui-ci est rapidement épuisé lors des périodes pendant lesquelles la respiration des organismes et la décomposition des matières produites excède la production par photosynthèse et les échanges possibles avec l'oxygène atmosphérique.
- développement éventuel de plantes flottantes — telles les lentilles d'eau (*Lemna sp.*), empêche le passage de la lumière donc la photosynthèse dans les couches d'eau inférieures, et gêne également les échanges avec l'atmosphère ;
- le milieu devient alors facilement hypoxique puis anoxique, favorable à l'apparition de composés réducteurs et de gaz délétères (mercaptans, méthane).
- il peut en résulter la mort d'organismes aquatiques aérobies — insectes, crustacés, poissons, mais aussi végétaux —, dont la décomposition, consommatrice d'oxygène, amplifie le déséquilibre

Ecosystèmes et altérations



Ecosystèmes et altérations

Effets de l'eutrophisation

- augmentation de la biomasse algale ;
- augmentation de la biomasse du zooplancton mucilagineux ;
- dégradation des qualités organoleptiques de l'eau (aspect, couleur, odeur, saveur) ;
- envasement plus rapide, et apparition de vase putride, sombre et malodorante.
- développement de phytoplancton toxique (cyanobactéries toxiques) ;
- diminution de l'indice biotique ;
- diminution de la biodiversité (animale et végétale) ;
- diminution du rendement de la pêche ;
- mort des organismes supérieurs (macrophytes , insectes, crustacés, mollusques, poissons, etc).

Ecosystèmes et altérations

Lutte contre l'eutrophisation

- utilisation rationnelle d'engrais en agriculture : analyse de la valeur agronomique des sols ;
- remplacement des phosphates des lessives par des agents anti-calcaire sans impact sur l'environnement (zéolites) ;
- élimination des matières organiques ainsi que de l'azote et du phosphore par traitement des rejets dans des stations d'épuration (v. les effluents)
- formation et sensibilisation

Ecosystèmes et altérations

- Pollutions « biologiques »
 - La population (surpopulation)

Ecosystèmes et altérations

Quelques définitions

- Population : groupe d'individus d'une même espèce qui vivent dans la même zone géographique au même moment.
- Densité de population : nombre d'individus d'une même espèce par unité de surface ou de volume à un temps déterminé.
- Taux de natalité : nombre de naissances pour 1000 individus par an.
- Taux de mortalité (m): nombre de décès pour 1000 individus par an.
- Taux de croissance (c) : est égal au taux de natalité moins le taux de mortalité $c = n - m$

si c est supérieur à zéro > augmentation de la population, si c = zéro, la population est stable,...

Ecosystèmes et altérations

- Notions de dispersion = circulation des individus d'une région à une autre
2 types de dispersion : immigration (i) et émigration (e)
- Taux de croissance : taux de changement de taille d'une population exprimé en pourcentage et par an

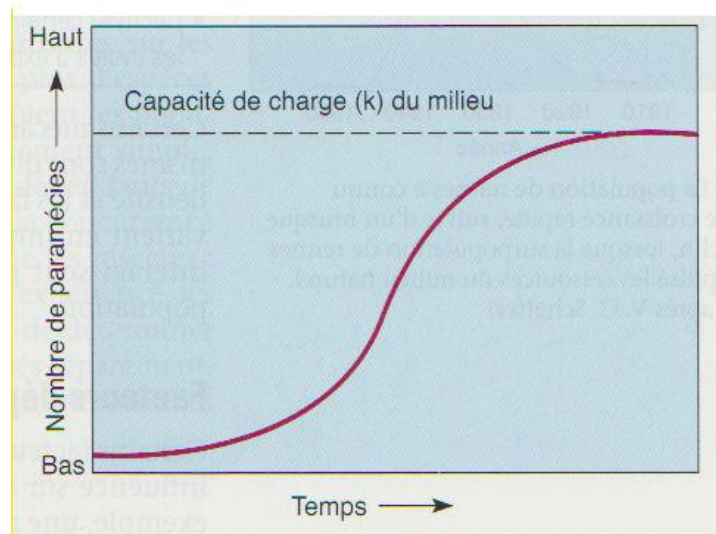
$$C = (n-m) + (i-e)$$

- Taux intrinsèque d'accroissement : croissance exponentielle d'une population qui a lieu dans des conditions idéales
- Croissance démographique exponentielle : c'est une croissance accélérée de la population qui se produit quand des conditions optimales permettent un taux de reproduction constant sur une période donnée.

Ecosystèmes et altérations

- Capacité de charge (k) : nombre d'individus maximum d'une espèce donnée qu'un environnement peut faire vivre pendant une période indéfinie, en supposant qu'il y ait aucun changement dans l'environnement.

Courbe de croissance d'une population de paramécies, noter la courbe en S lorsque la capacité de charge du milieu est atteinte



Ecosystèmes et altérations

Cas de l'être humain

pays	Population en 2006 (millions)	Densité de population(habitants /km ²)
Chine	1311. 4	137
Inde	1121. 8	341
Brésil	186. 8	22
Pakistan	165.8	208
Bangladesh	146.6	1018
États-Unis	299,1	31
Russie	142,3	9

Ecosystèmes et altérations

Problèmes causés par la surpopulation au niveau écosystèmes.

- 1) Problèmes de surpopulation, la capacité de charge n'est plus apte à donner une sécurité alimentaire > malnutrition et faim, maladies infantiles et mortalité infantile (corrélation v carte ci-après)
- 2) Pression extrême : érosion des sols, surpâturage, urbanisation à outrance et souvent « débridée » > conditions de vie très précaires

Ecosystèmes et altérations

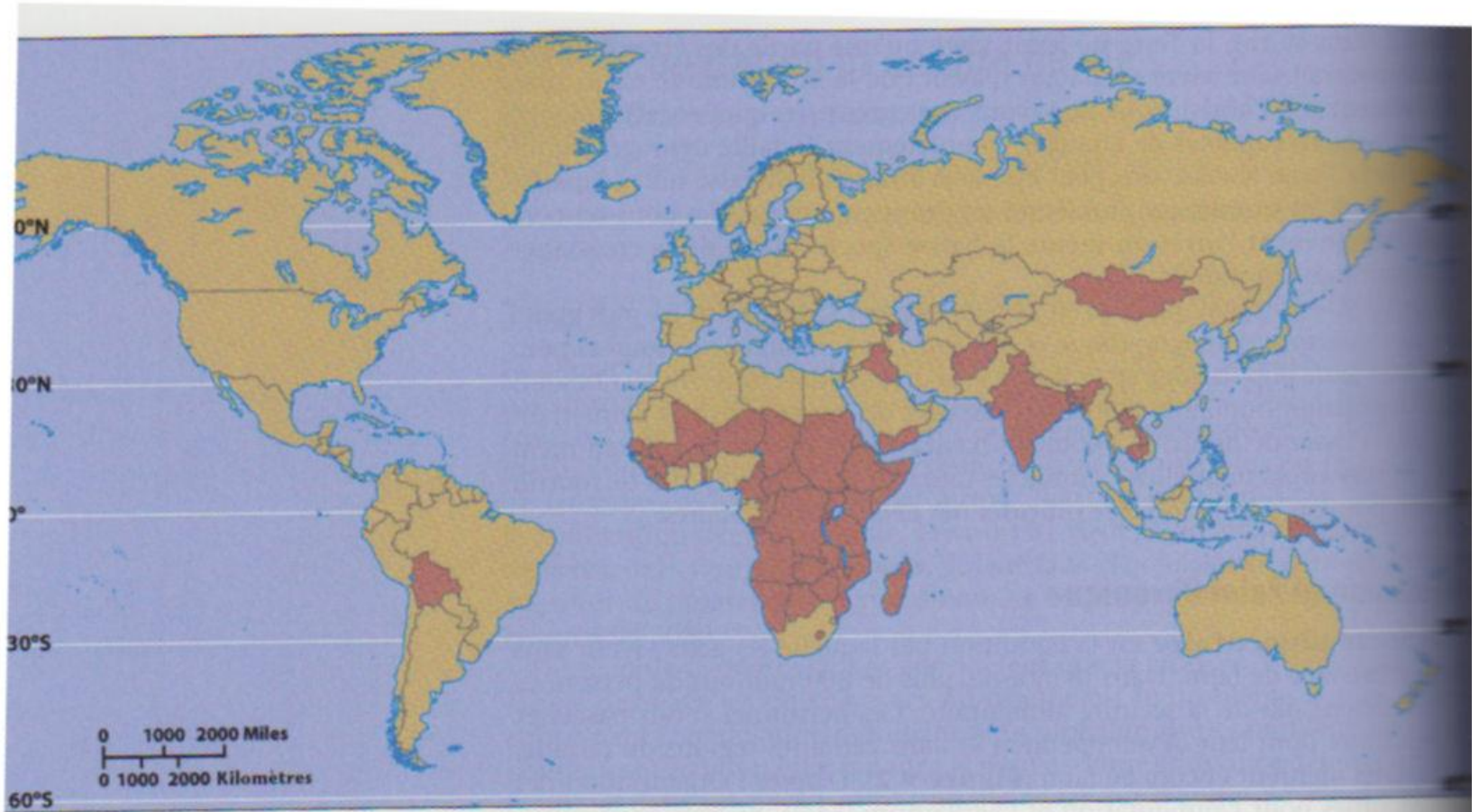


Figure 9-3 • Corrélation entre faim et mortalité infantile.

La faim chronique et la malnutrition qui sont concentrées en Afrique sub-saharienne et dans le sud de l'Asie sont liées à une mortalité infantile croissante. Dans les pays en orange sur la carte, plus de 20 % de la population souffre de malnutrition et 75 enfants sur 1 000 meurent avant l'âge de 5 ans. (Source : FAO Nations-unies)

Ecosystèmes et altérations

Les problèmes de nutrition dans le monde

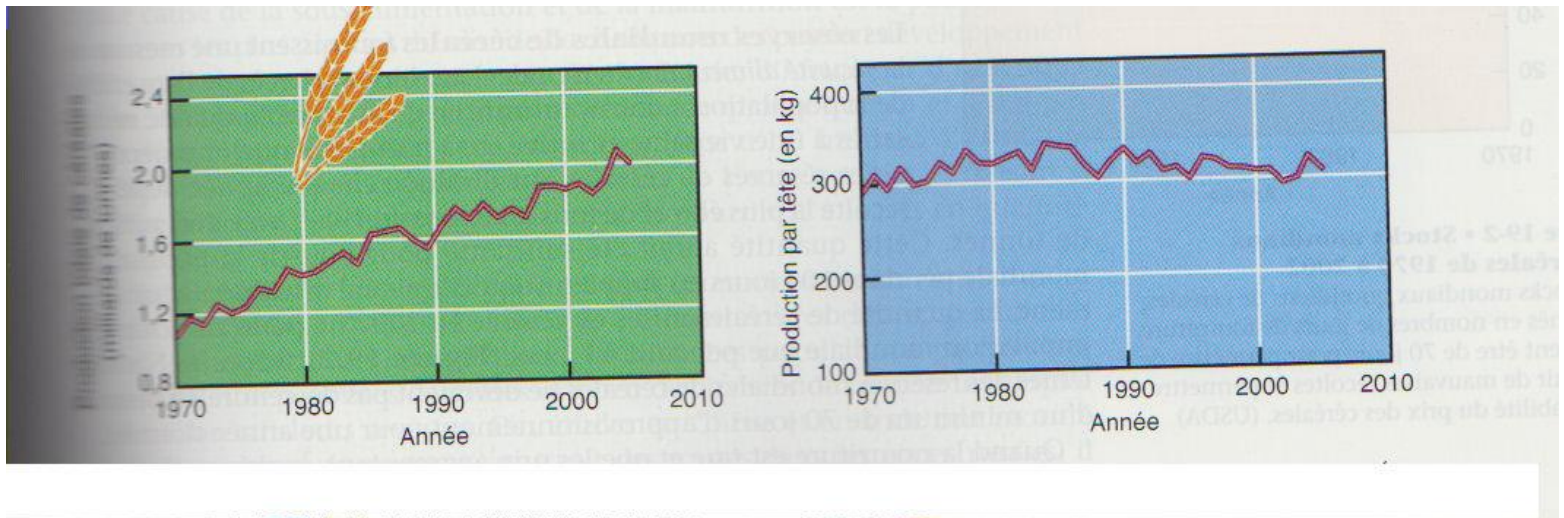
Tableau 19.1 Les quinze principales cultures alimentaires en termes de production.

<i>Culture</i>	<i>Type de produit</i>	<i>Production mondiale en 2005</i>
Canne à sucre	Tige	1 168 773
Maïs	Grains	615 758
Riz	Grains	586 743
Blé	Grains	537 978
Pomme de terre	Tubercules	255 681
Soja	Légumes	207 834
Manioc	Racine	187 862
Pomme de terre douce	Racine	125 626
Orge	Grains	113 499
Sorgho	Grains	53 721
Pois	Légumes	33 395
Avoine	Grains	21 369
Haricots	Légumes	15 967
Orge	Grains	15 132
Pois	Légumes	10 639

* Établi à partir des 20 premiers pays producteurs pour chaque culture.

Source : FAO.

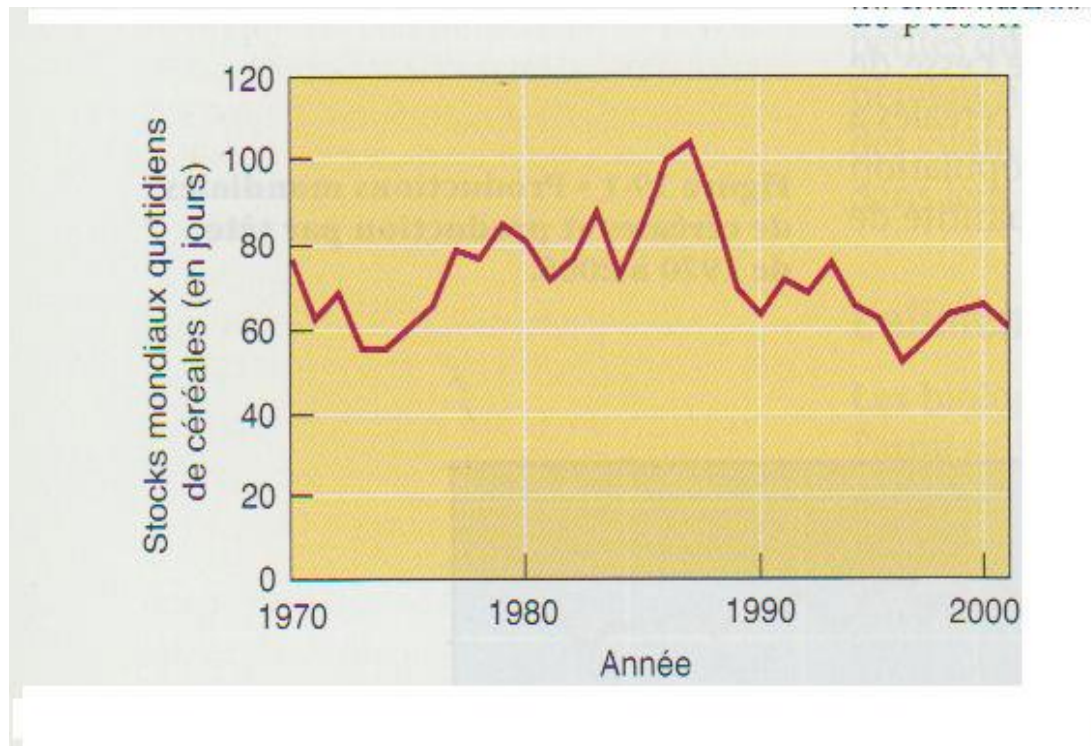
Ecosystèmes et altérations



Production mondiale
de céréales (10^9
tonnes)

Production de
céréales par hab
(constante)

Ecosystèmes et altérations



Limite des stocks 70 j, pour éviter des crises alimentaires

Ecosystèmes et altérations

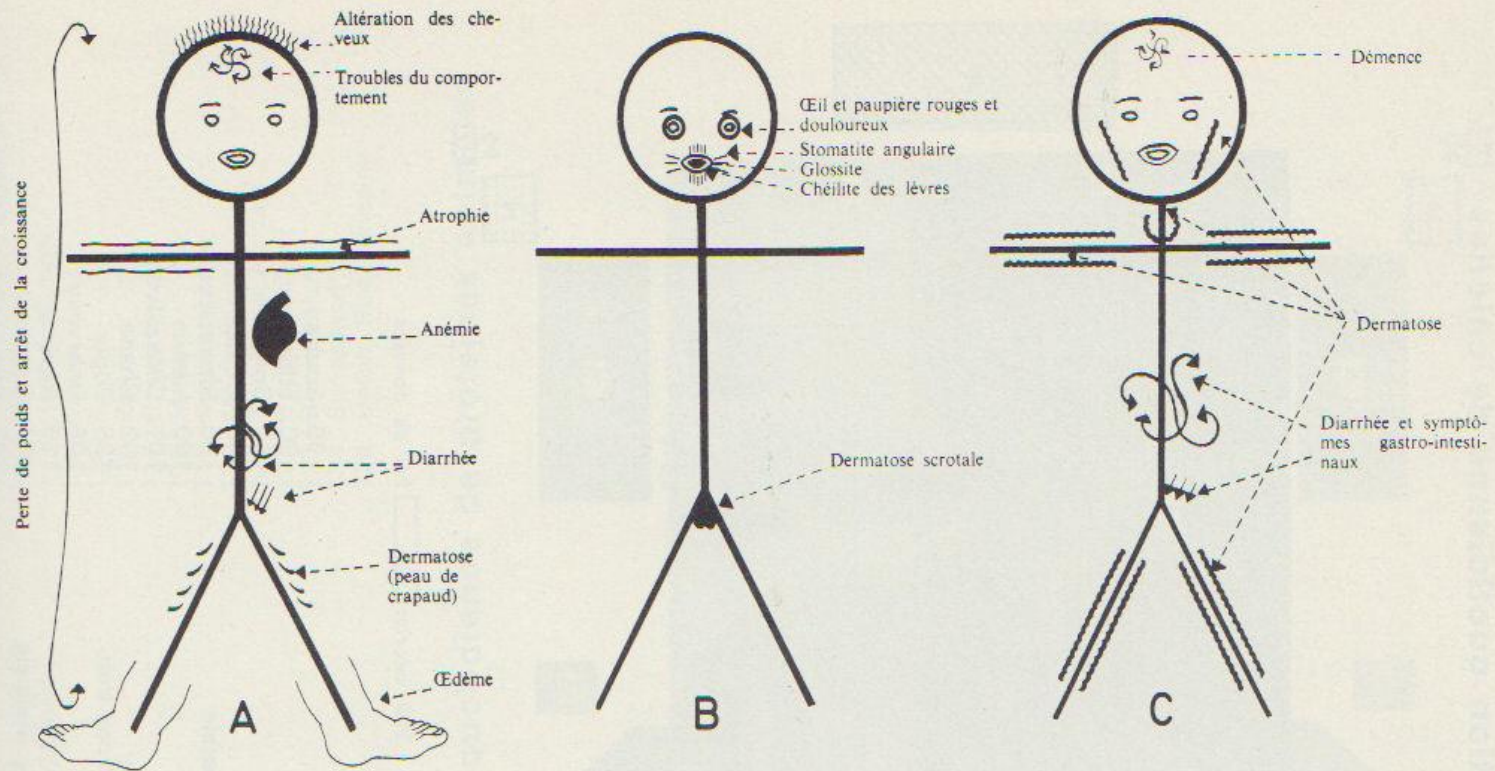


Fig. 5.10 Symptômes de diverses carences alimentaires en Afrique (d'après Latham, 1970, F.A.O.).
A. Malnutrition protéique : kwashiorkor.
B. Carence en vitamine B2 (riboflavine).
C. Carence en vitamine PP : pellagre.

Ecosystèmes et altérations

Comment faire ?

- Augmentation des rendements agricoles (espèces sélectionnées, OGM ,...)
- Augmentation des surfaces cultivées (problématique)
- Agriculture industrielle vs agriculture durable ?
-

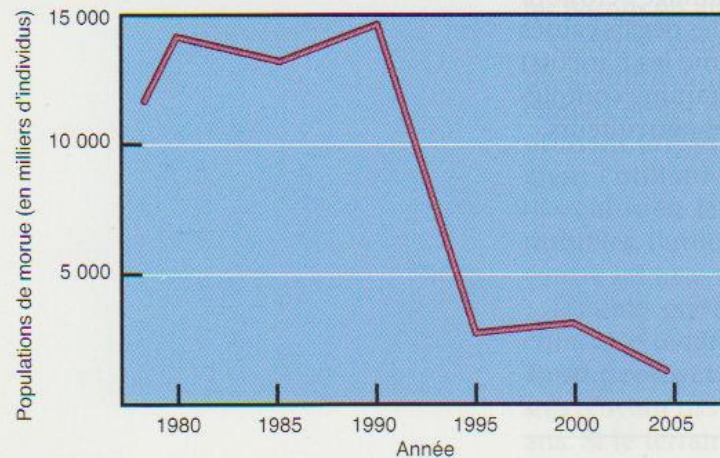
Problèmes de la pêche

La morue est victime de la pêche industrielle (données ds graphique ci-après)

Ecosystèmes et altérations

Figure 19-13 • Déclin de la pêche à la morue.

Le déclin des pêches est un phénomène mondial qui a des répercussions environnementales sur toute la planète.



(a) Effondrement des captures de morues à Georges Bank. Le Département américain du commerce a fermé deux exploitations sur la côte du Massachusetts. Depuis, les populations d'aiglefin et de quelques autres espèces commerciales se sont reconstituées au contraire des populations de morue. (O'Brien et al.)



Ecosystèmes et altérations

Biodiversité

Nombre, variété et variabilité des organismes vivants

3 composantes:
















- 1) Diversité génétique : variété génétique entre toutes les populations d'une même espèce,
- 2) Richesse spécifique : nombre d'espèces,
- 3) Diversité écosystémique : englobe la variété des interactions qui existe entre les organismes ex une forêt présente une diversité écosystémique plus variée qu'un champ de blé.

Ecosystèmes et altérations

- Définition de l'extinction

L'extinction ou mort d'une forme de vie a lieu lorsque le dernier individu d'une espèce meurt. Cette dernière constitue une perte «irréversible », car cette espèce ne réapparaîtra jamais. L'extinction biologique semble être le destin final de toutes les espèces.

→ On estime que sur 2000 espèces ayant vécu depuis l'apparition de la vie sur Terre 1999 sont éteintes de nos jours

Renard de San Joaquin 	Bruant à dos noirâtre 	<i>Arctostaphylos hookeri</i> 	Grèbe géant 	Rhinocéros noir 	Nepenthes 
Iguane 	Gorille des montagnes 	Cygne trompette 	<i>Deinacrida</i> de Nouvelle-Zélande 	Petit singe-lion doré 	Grue blanche 
Tortue verte 	<i>Lesquerella</i> 	Loup roux 	Tortue d'Abingdon 	<i>Partula</i> 	Guépard 
Agave parryi 	Dodo 	Tigre 	Cœlacanthe 	Rhinocéros blanc 	Kiwi 
Léopard des neiges 	<i>Cyanea</i> d'Hawaï 	Tamarin à selle 	Drépanide noir 	Grizzly 	Grand Pingouin 
Moho d'Hawaï 	Pic à bec d'ivoire 	Tortue de Kemp 	<i>Abronia</i> du Texas 	Putois à pieds noirs 	Oréophase commune 

Ecosystèmes et altérations

- Une espèce en voie d'extinction est définie suivant l' « Endangered Species Act » comme une espèce en danger d'extinction imminent , à travers tout ou partie de son habitat (habitat d'espèce) . **Une espèce est en voie d'extinction lorsque le nombre d'individus est si fortement réduit qu'elle est en danger d'extinction s' il n'y a pas d'intervention humaine.**
- Une espèce est menacée lorsque sa disparition est moins imminente , mais lorsque sa population est assez faible dans tout ou partie de son habitat.

Ecosystèmes et altérations

Les caractéristiques communes des espèces en voie d'extinction sont

- Un habitat extrêmement localisé ,
- Le besoin d'un territoire étendu
- La vie insulaire
- Un taux de reproduction faible,
- Les besoins de zones de reproduction spéciales (cas des tortues)
- Des habitudes alimentaires particulières,...

Ecosystèmes et altérations

- Le classement des espèces en danger est effectué suivant une échelle définie par l' **IUCN** (International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources) dans sa liste rouge des espèces menacées .Cette organisation recense les espèces et les classe suivant une échelle dont nous donnons le détail ci-après .
- **Echelle**

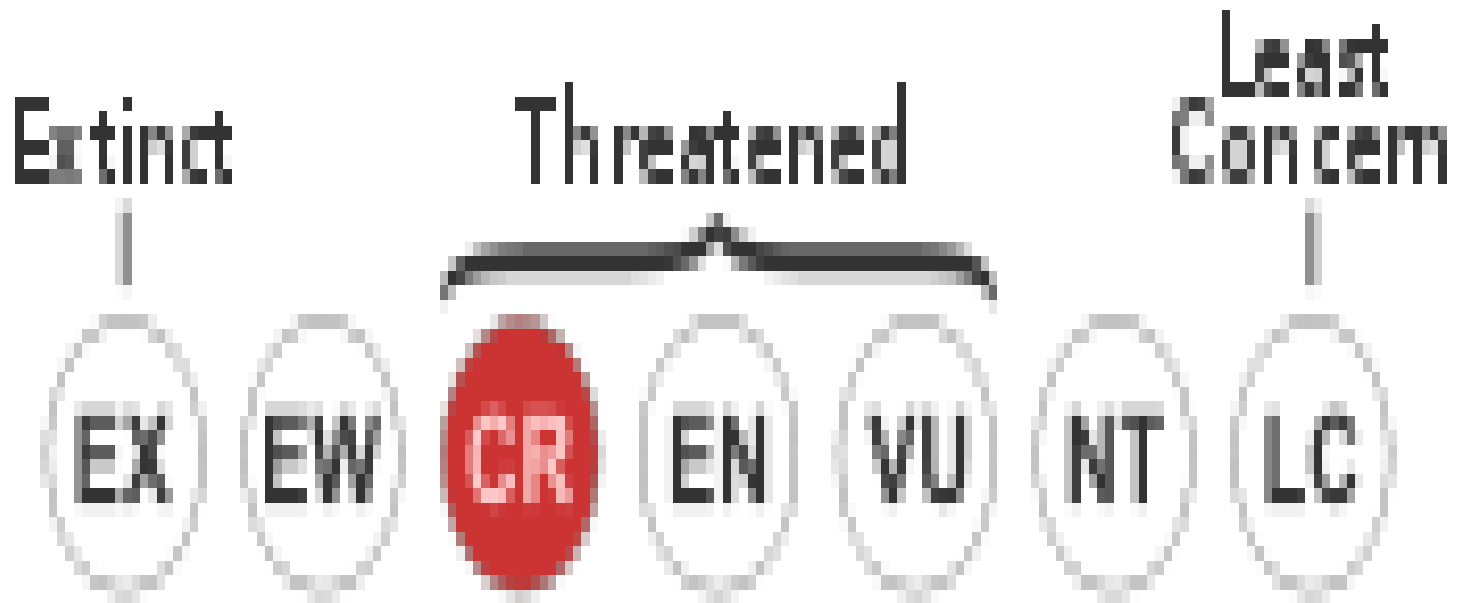


Ecosystèmes et altérations

- **EX : Eteint** – plus aucun individus
- **EW : Eteint à l'état sauvage** – individus survivant en captivité ou en dehors de leur territoire d'origine
- **CR : En Danger Critique** - Très hauts risques d'extinction
- **EN : En Danger** – Hauts risques d'extinction dans son habitat sauvage
- **VU : Vulnérable** – Hauts risques d'être mis en danger dans son habitat sauvage
- **NT : Danger proche** – Hauts risques d'être mis en danger dans le futur
- **LC : Danger très bas** – Peu ou pas de risques , la majorité des taxons (les classes de classification) sont compris dans cette catégorie *Ne figurant pas sur la figure*
- **DD : Peu ou pas de données** – Pas assez de données pour quantifier le risque d'extinction
- **NE : Pas d'évaluation** – Pas d'évaluation du risque effectuée

Ecosystèmes et altérations

Le *Gymnogyps californianus* est classé en danger critique (pastille rouge CR)



Ecosystèmes et altérations



Ecosystèmes et altérations

Le cou et la tête du condor de Californie sont dépourvus de plumes (hygiène) . En fait, la peau est ainsi soumise aux UV > stérilisation , de plus elle peut sécher plus facilement

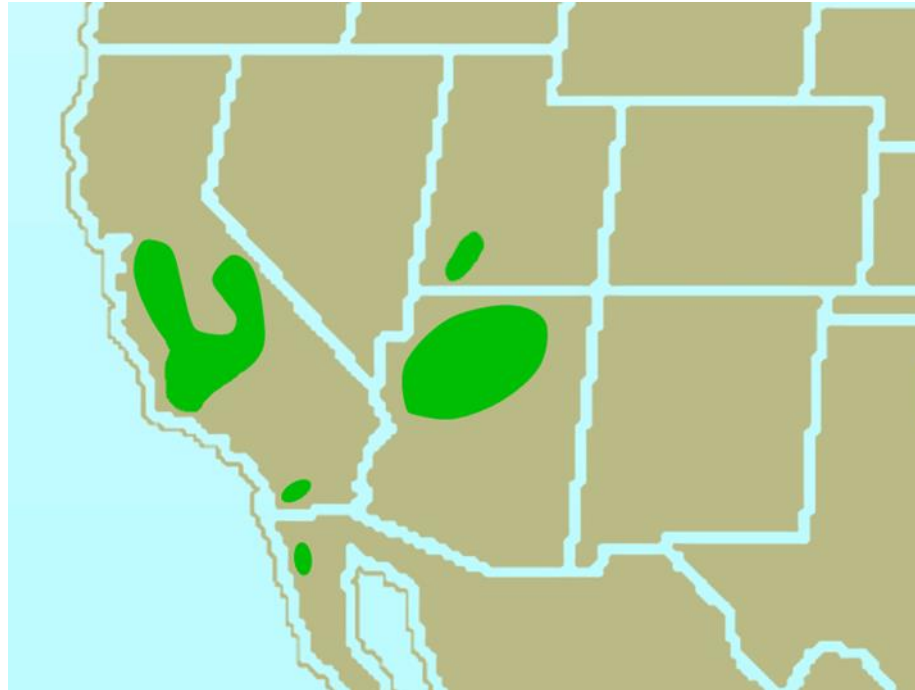


Ecosystèmes et altérations

- La peau du cou et de la tête est capable de changer de couleur suivant l'état « émotionnel » et ceci est un mode de communication entre individus (jaune à rouge-orangé)
- Contrairement aux autres oiseaux de proie la femelle est plus grande que le mâle
- L'animal adulte peut atteindre de 110 à 140 cm en longueur, l'envergure étant de 2.50 à 3 m .Leur poids est compris entre 7-14 kg (moyenne 8-9 kg) .
- L'orteil médian du condor est très long, les pattes sont plus adaptées à la marche qu'à la préhension (contrairement aux oiseaux de proies de nos régions) (ils sont plus apparentés aux cigognes).

Ecosystèmes et altérations

Habitat et distribution géographique



Ecosystèmes et altérations

Il y a 500 ans , l'habitat des condors s'étendait dans le Sud-ouest américain, et le long de la côte ouest .Les derniers oiseaux sauvages furent capturés en 1987 pour un programme de reproduction dans des zoos (le nombre d'individus n'était plus que de 22 en 1987) Ce programme a permis la remise en liberté de 200 condors dans les états précités, dans des réserves naturelles (notamment en Californie et le long du Colorado)

Son habitat naturel se trouve dans les steppes rocailleuses, les forêts de conifères, et les savanes à « chênes »



Ecosystèmes et altérations

Ecologie et comportement

- Vol : Les condors sont des voiliers extraordinaires, ils sont essentiellement « planeurs », ils peuvent atteindre une altitude de ± 4500 m pour une vitesse de croisière de ± 90 km/h. Ils utilisent les courants ascendants le long des falaises et des rochers
- Espérance de vie ± 50 ans
- Cris : grognements et sifflements
- Particularités : se baignent souvent et pratique de l'urohydrose (défécation sur les pattes afin de stabiliser la température corporelle)
- Ethologie : vivent en groupe avec une hiérarchisation surtout marquée par le langage corporel , les jeux compétitifs de comportement, plus une variété de grognements et sifflements . Cette hiérarchie se marque surtout lors des repas : les dominants mangeant d'abord et les jeunes ensuite.

Ecosystèmes et altérations

Régime alimentaire

- Autrefois , carcasses de la « mégafaune » éteinte en Amérique du N.
- Actuellement ils « festoient » sur des carcasses de daims, de chèvres, cochons,, couguars,.... Si pas, ils se nourrissent de carcasses de plus petits animaux.
- Ils ne se nourrissent que rarement de carcasses de reptiles. > charognards
- Ils localisent la proie non pas par leur odorat (très mauvais ou nul) mais par la présence d'autres charognards .Les condors intimident ensuite ces derniers (sauf les ours) et peuvent se nourrir alors.
- Ils peuvent rester jusqu'à 2 semaines sans se nourrir mais peuvent avaler des morceaux > 1.5 kg

Ecosystèmes et altérations

- **Reproduction**

- Les condors sont sexuellement matures à six ans.
- Pour attirer la femelle , le mâle procède via un « parade nuptiale » : la tête du mâle rougit, les plumes du cou s'hérissent, et il étire ses longues ailes pour approcher la femelle qui si elle baisse la tête accepte le mâle . (cette union est pour la vie)
- Nidification très rudimentaire (anfractuosités des rochers)
- Ponte : Œuf couleur bleue à blanc (1 seul œuf de 280 g) , si cet œuf est perdu, la femelle en pond un second (cette particularité sera utilisée pour la conservation de l'espèce)
- Incubation de 53 à 60 jours par les 2 parents , les poussins naissent les yeux ouverts et sont recouverts d'un duvet gris .Ils peuvent voler cinq à six mois après .Ils restent au nid jusqu'à deux ans puis une nouvelle couvée reprend

Ecosystèmes et altérations

Les causes modernes de l'extinction sont

1) Intrinsèques aux condors : Partenaire unique , taux de reproduction très bas, âge de la maturité sexuelle élevé

2) Extrinsèques :

- Prélèvements des œufs et de spécimens pour les musées
- Empoisonnement par le plomb (proies contaminées par des balles de chasse)
- Empoisonnement par le DDT,
- Lignes à haute tension,
- Destruction de leur habitat naturel (incendies de forêts, urbanisation,...)
- Chasse par les éleveurs qui pensaient que les condors tuaient leur bétail,..

Ecosystèmes et altérations

- La combinaison de ces facteurs a conduit à l'extinction presque définitive de l'espèce
- En 1987, le gouvernement américain a capturé les derniers condors sauvages et les zoos de Los Angeles et de San Diego (parc animalier) ont fait se reproduire les condors en captivité .
- Comme les condors pondent un deuxième œuf si on l'enlève, les biologistes ont fait éclore ces œufs en couveuse puis ont élevé les jeunes condors avec l'aide de marionnettes qui remplacèrent leurs parents. Le deuxième œuf lui était laissé aux parents pour suivre le cycle naturel



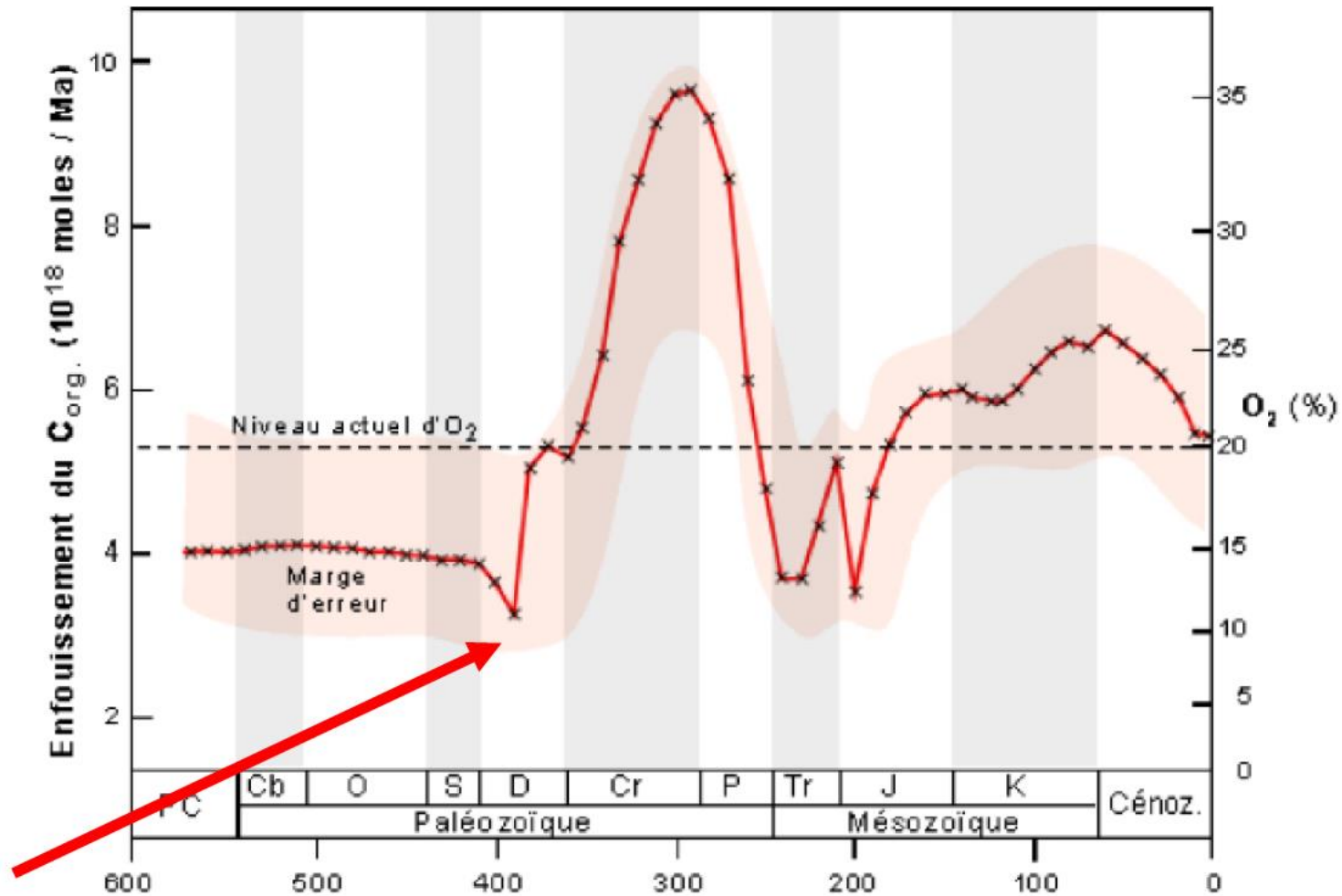
Ecosystèmes et altérations

- Ils ont par conséquent quasiment doublé le taux de natalité .
- Les premiers condors furent réintroduits en 1992, mais de fortes mortalités furent rencontrées à cause des lignes à H.T.. Depuis 1994, les condors nés en captivité sont entraînés à éviter les lignes électriques et les humains
- Des mesures ont été prises également pour ne pas employer des balles en plomb lors des chasses sur les territoires des condors.
- Ce programme de réintroduction est le projet de conservation d'espèce le plus coûteux depuis la 2eme guerre mondiale
- Les condors recommencent ainsi à occuper leurs niches écologiques et leur population reprend peu à peu une aire plus vaste de répartition (en 2006 , les ornithologues ont observé des nidifications en Californie du N. et les premiers œufs pondus au Mexique depuis 1930)
- Les statistiques de population montrent que , actuellement, il y a 322 individus vivants, dont 172 à l'état sauvage , le reste étant localisé dans les zoos et parcs naturels

Ecosystèmes et altérations

Quelques précisions concernant les cycles de la matière.

- Cycle Oxygène et Couplage O_2 - CO_2
 - équation photosynthèse (et respiration) équilibrée en CO_2 et O_2
 - le bilan net d'une forêt mature après plusieurs années est nul en O_2 c'est l'océan à lui seul qui joue le rôle de régulateur de l' O_2 atmosphérique via le phytoplancton
- une partie seulement est transmise vers les échelons supérieurs (10 % suivant Lindeman), le reste sédimente (plus sédimentation des hétérotrophes morts), → soustraction de C au système et accroissement d' O_2 atmosphérique
- 2 notions sont liées : la séquestration du C et la production d'Oxygène
- La quantité d' O_2 varie donc dans le temps, en fonction de ce lien



Fin du Dévonien, début Carbonifère : avènement des plantes vasculaires, colonisation des surfaces continentales par de grandes forêts (séquestration de C), très grande activité photosynthétique, augmentation de O₂

Ecosystèmes et altérations

- Cycle Oxygène et Couplage O₂ - CO₂

O₂, sous-produit de la photosynthèse, donc augmentation progressive de O₂ mais produit toxique

1) Effet Lorrain Smith

- Après un séjour de plus de deux heures à une PpO₂ > 0,5 bar, risque d'inflammation du surfactant des alvéoles pulmonaires puis d'oedème aigu du poumon. Signes avant-coureurs : face rose, difficultés respiratoires, toux, brûlures pulmonaires.

2) Effet Paul Bert

- Radicaux libres provoquent une altération fonctionnelle des cellules nerveuses et déclenchent des accidents neurotoxiques. Raidissement de la personne atteinte (forme épileptique). Signes avant-coureurs : tachycardie, spasmes, nausée, anxiété, confusion, et troubles de la vue.
- Cet accident se déroule le plus généralement en trois phases :

a) phase tonique : de 30 secondes à 2 min pendant laquelle surviennent des contractions musculaires généralisées, un arrêt ventilatoire éventuel et/ou une perte de connaissance

b) phase clonique : de 2 à 3 minutes pendant laquelle ont lieu des convulsions ainsi qu'une ventilation irrégulière

c) phase résolutive : de 5 à 30 minutes avec un relâchement musculaire, une reprise progressive de la conscience, des signes de confusion, voire d'agitation

Ecosystèmes et altérations

Effet nocif de l'oxygène provient des propriétés chimiques des ions superoxyde

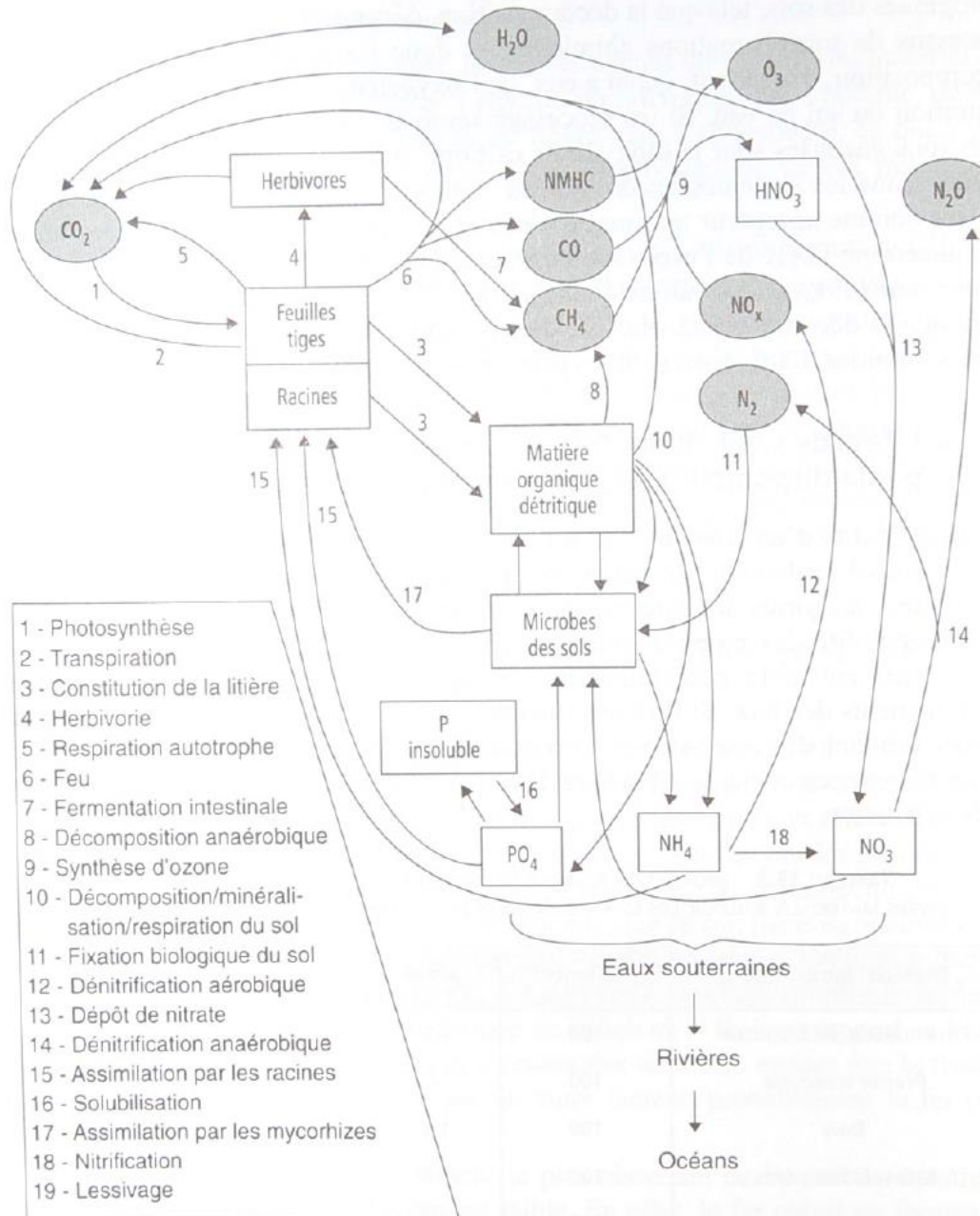
- O_2^- , radicaux libres. Ions très réactifs; peuvent altérer nos cellules s'ils sont trop nombreux. → mécanisme de régulation du taux de radicaux libres, même chez les végétaux !
- Point de vue évolutif :

Défense anti-oxydante : principalement les superoxydes dismutases (SODs); responsables de la dismutation d'une des espèces actives et dommageables de l'oxygène, l'anion superoxide; SODs se différencient en plusieurs classes distinctes par leur cofacteur métallique et leur localisation cellulaire.

L'apparition des hétérotrophes avant le Primaire : la respiration fait baisser le taux de O_2 global de l'atmosphère (plus libération CO_2)

Et apparition d'une photosynthèse en C4, probablement à la fin du Carbonifère : plantes capables de photosynthétiser avec des concentrations très faibles en CO_2 . Le rendement des plantes en C3 a dû baisser au Carbonifère.

Interactions entre les différents cycles (carbone, azote, phosphore et eau) dans un écosystème terrestre



La partie organique du cycle des éléments est identique (biomasse morte ou vivante).

Leur libération de la matrice organique est contrôlée par le même processus (10).

Les cycles divergent ensuite.

NMHC: *non-methane Hydrocarbons* composés organiques volatiles comprenant uniquement C et H

Ecosystèmes et altérations

- Interactions entre les différents cycles (carbone, azote, phosphore et eau)
- effet de seuil : le cycle du carbone (donc oxygène) est limité par la disponibilité en azote ou en phosphore
- milieu terrestre : azote souvent limitant – fixation N₂ atmosphérique obligatoire (nombreuses voies, solubilité élevée des nitrates)
 - milieu aquatique : phosphore souvent limitant – faible solubilité
 - rôle des co-facteurs : Fer, Magnésium, vitamines, etc ...

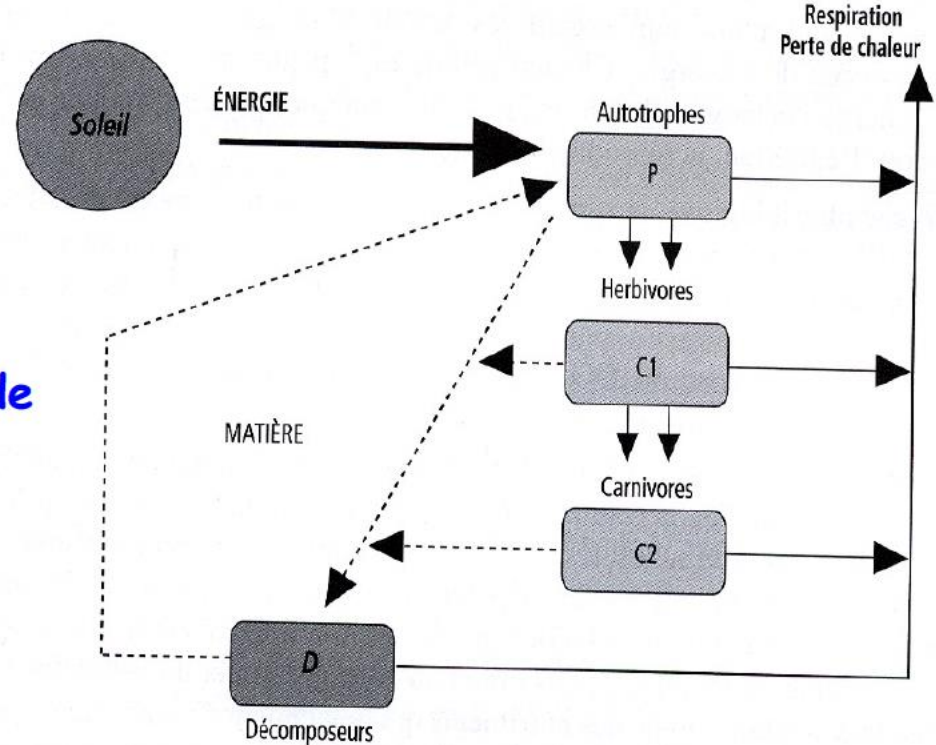
Remarque évolutive :

- Avant l'apparition des organismes photosynthétiques, l'océan était anoxique et légèrement réducteur. Fer présent en grande concentration (origine lithosphérique)
- Avec photosynthèse : oxydation et précipitation du fer – donc très faible concentration en fer actuellement → facteur limitant
- limitation d'éléments importants (N, P), pour des raisons différentes, mais cela a nécessité des cycles couplés – longue « co-évolution » afin d'optimiser la circulation et minimiser les pertes

Chaîne Trophique classique

Il y a une circulation d'Énergie et de Matière

(d'après Lévêque, 2001, p. 265)



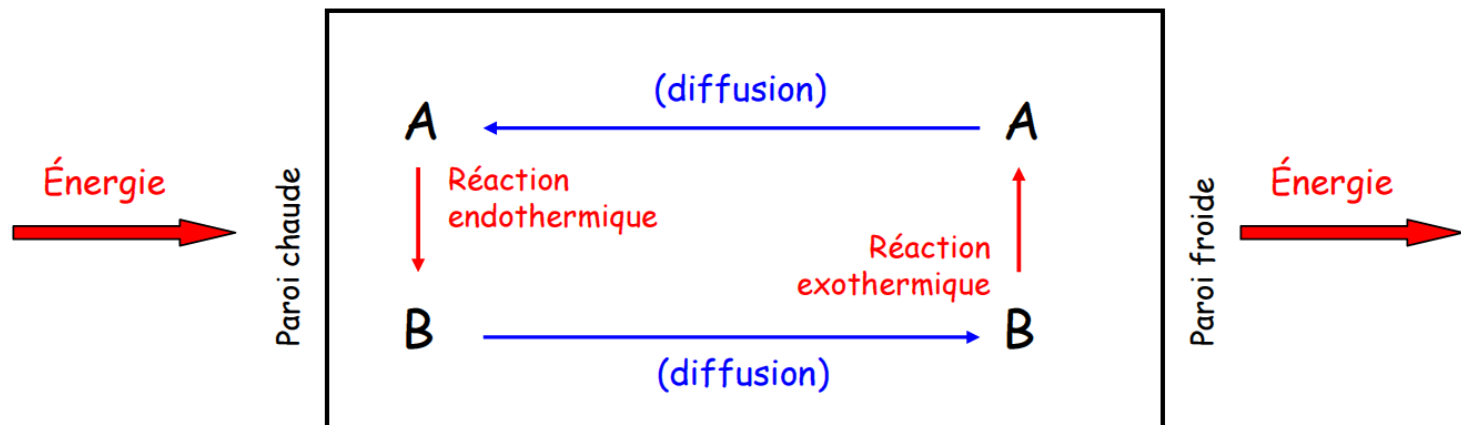
Nous allons voir que le **recyclage** de la matière organique est **indispensable** pour assurer la pérennité de l'ensemble du système.

Accord **intuitif** (compartiment limité) mais aussi **obligation thermodynamique**

Ecosystèmes et altérations

Expérience de Morowitz (1968) :

Un corps possédant 2 états (isomère A et B) est mis dans une enceinte fermée perméable à la chaleur et imperméable à la matière.

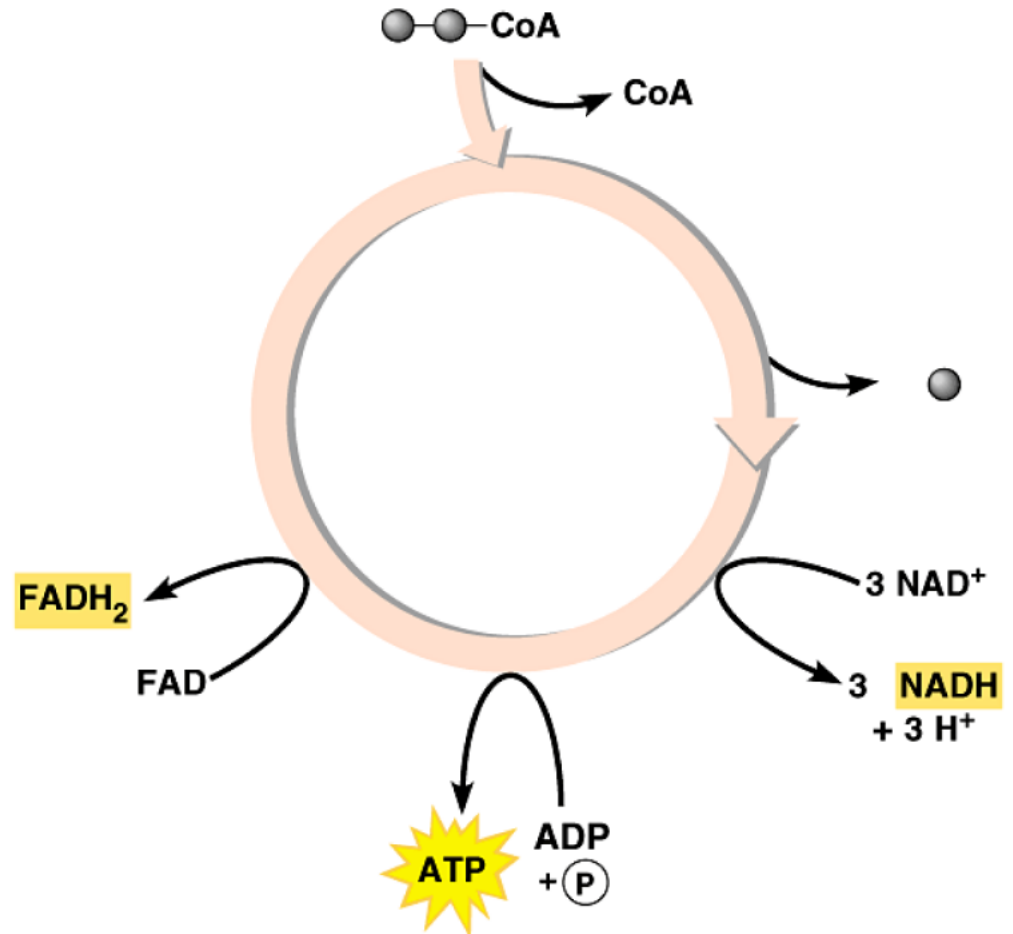


Le flux d'énergie (chaleur) qui traverse l'enceinte fermée est **continu** (= flux **ouvert**) : il entre d'un côté et sort de l'autre.

Ce flux est indissociable d'un cycle des formes matérielles A et B.

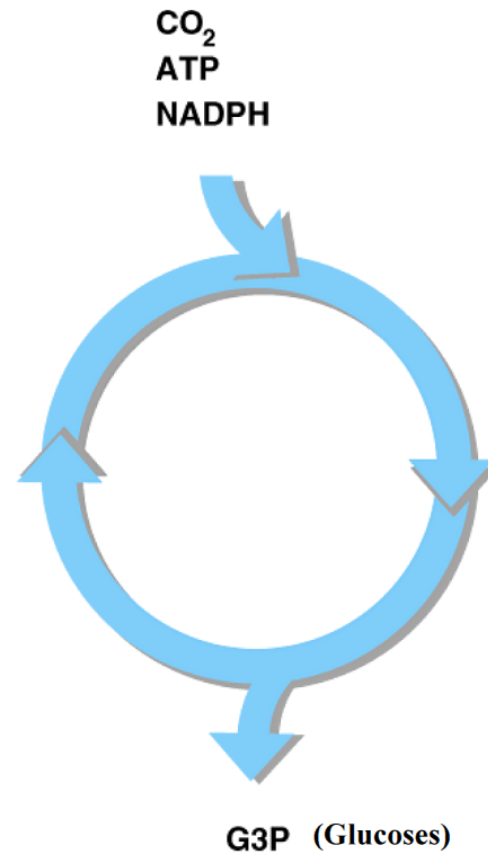
Cette association intime d'un flux ouvert d'énergie et d'un « recyclage » de la matière est une des caractéristiques des systèmes thermodynamiques où l'énergie circule en permanence

Cycle de Krebs et respiration cellulaire



Ecosystèmes et altérations

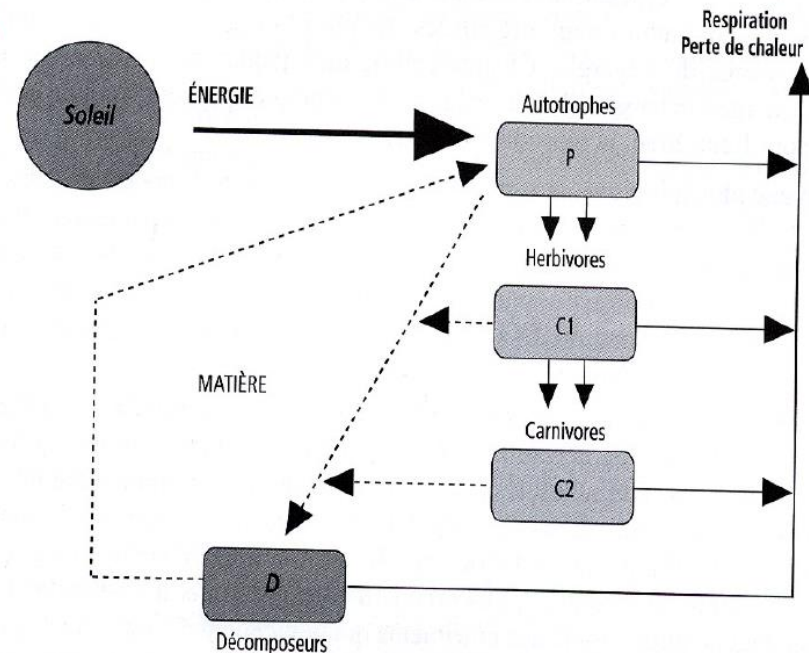
Cycle de Calvin et
photosynthèse



Ecosystèmes et altérations

Caractéristique Fondamentale des Chaînes Trophiques

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



! Si l'une de ces caractéristiques, **recyclage** ou **circulation d'énergie** n'est pas assurée, l'ensemble du système s'arrête. !

Ecosystèmes et altérations

- Les « cycles biogéochimiques » (C, P, N, etc) et le cycle de la matière organique sont nécessaires au fonctionnement des écosystèmes.
- Attention : ceci n'est pas une caractéristique d'un système forcément vivant. C'est la caractéristique de tout système ouvert, dissipatif, même purement physique (expérience de Morowitz, 1968).
- Cette association intime d'un flux ouvert d'énergie et d'un recyclage » de la matière est une des caractéristiques des systèmes thermodynamiques où l'énergie circule en permanence

Ecosystèmes et altérations

- Deux systèmes en équilibre thermique avec un troisième sont en équilibre thermique entre- eux.
- Entre deux états d'équilibre 1 et 2, la variation d'énergie interne (U) d'un système fermé est égale à la somme algébrique du travail W et de la chaleur Q échangés par ce système avec le milieu extérieur. Pour un système isolé $\Delta U = 0$ entre deux états d'équilibre et au cours d'un cycle $\Delta U = 0$

C'est le principe de la Conservation de l'énergie (Carnot, 1824)

Ecosystèmes et altérations

- Lors d'une transformation spontanée d'un système isolé, la différence d'entropie est positive. Donc, l'entropie (une mesure du désordre de la matière et de l'énergie dans le système) d'un système isolé augmente lors d'une transformation irréversible → à l'équilibre, l'entropie est maximale.
- A l'équilibre, le désordre est , par conséquent, maximal. C'est donc contraire à l'existence de structures ordonnées (les êtres vivants) à l'équilibre.

Ecosystèmes et altérations

- système isolé : un système qui n'échange ni énergie, ni matière avec l'extérieur ;
- système fermé : un système qui échange de la chaleur mais pas de matière
- système adiabatique : un système qui ne peut pas échanger de chaleur avec l'extérieur
- système ouvert : un système qui échange de la matière et de la chaleur avec l'extérieur

Ces différents principes sont valables pour des systèmes fermés, sans circulation permanente d'énergie ! Cette thermodynamique classique ne s'applique donc pas, généralement, aux systèmes vivants qui sont des systèmes ouverts.

Ecosystèmes et altérations

- La Terre dans son ensemble est donc un système fermé : réception du rayonnement solaire et émission d'un rayonnement vers l'espace, mais pas d'échange avec l'espace de matière (négligeable).
- De nombreux systèmes écologiques sont des systèmes ouverts qui échangent énergie et matière avec l'extérieur.

Ecosystèmes et altérations

- En thermodynamique classique, pour qu'un système écologique (cellule, être vivant, écosystème) conserve sa structure, il faudrait qu'il conserve nécessairement un faible niveau d'entropie.
- En réalité, comme les systèmes écologiques sont des systèmes ouverts et non pas isolés (au sens thermodynamique), ces principes ne peuvent s'y appliquer.
- **Prigogine** (physicien belge d'origine russe; (25 janvier 1917 - 28 mai 2003) proposa dans les années 70 une « nouvelle » thermodynamique :

Ecosystèmes et altérations

- Si les réservoirs extérieurs d'énergie et de matière sont suffisamment « grands » pour rester dans un état d'équilibre, un système ouvert peut tendre vers un régime stationnaire, autre que celui d'équilibre thermodynamique : *l'état stationnaire de non-équilibre*.
- Seuls les échanges permanents avec l'extérieur permettent de s'affranchir de l'augmentation constante de l'entropie imposées aux systèmes isolés.

Quand le flux d'énergie cesse, ces structures disparaissent ou se transforment.

Ecosystèmes et altérations

- Il existe dans les systèmes vivants une circulation permanente d'énergie qui caractérise par une succession de charge et de décharge
- Cellules :
 - énergie solaire
 - anabolisme (synthèse de métabolites)
 - catabolisme (dégradation des protéines)
- Peuplements :
 - ingestion de proies
 - respiration, excrétion , mortalité
- Réseaux trophiques :
 - ingestion de proies
 - mortalité par prédation
- Ecosystèmes :
 - stockage d'énergie sous forme de biomasse
 - processus cataboliques de tous les individus

Ecosystèmes et altérations

- Cette association intime d'un flux ouvert d'énergie et d'un « recyclage » de la matière est une des caractéristiques des systèmes thermodynamiques dissipatifs
- Toute **rupture d'un de ces cycles** (biogéochimiques ou autres) ne peut entraîner qu'une déstabilisation de l'ensemble
- Exemples de déséquilibres :
 - 1) eutrophisation : enrichissement en nutriments
 - 2) rupture d'une chaîne trophique (disparition d'un compartiment)
 - 3) absence de recyclage (société humaine)
 - 4) intervention de l'homme dans les processus biogéochimiques : pollution chimique La combustion d'énergie fossile libère 8 fois plus de Hg que la destruction des roches par les plantes

Production de déchets

Pays	Masse de déchets (kg par habitant)
États-Unis	744
Australie	681
Canada	635
France	327
Suède	317
Autriche	228

Ecosystèmes et altérations

- **Caractéristique Fondamentale des Chaînes Trophiques et des Systèmes Vivants**
 - **Circulation continue d'Énergie**
 - **Circulation continue de Matière**
 - **Recyclage de la Matière organique**

Sans ces 3 caractéristiques, le système ne peut être stable et donc viable ! Les processus évolutifs doivent permettre de maintenir (voire favoriser) ces 3 caractéristiques fondamentales.

Ecosystèmes et altérations

