

Bio : Génétique

BIOLOGIE MOLECULAIRE

- Déf**
- Etudier la fonction des gènes
 - Comprendre les mécanismes biologiques et les utiliser dans les biotechnologies

Bref historique

1855	Mendel (Lois de l'hérédité)
1911	Morgan (recombinants / crossing-over)
1944	Découverte de l'ADN (code génétique universel)
1962	Découverte enzymes de restriction
1973	Production de la 1 ^{re} bactérie manipulée
1977	Méthodes de séquençage de l'ADN
2007	Plus de 1000 ADN ont été séquencés

BIOTECHNOLOGIE

① OGM

- Déf**
- organisme génétiquement modifié
 - organisme vivant dont le patrimoine génétique a été modifié par l'introduction d'un gène provenant d'une autre espèce.

- Applications**
- Médecine (ex: insuline)
 - textile (ex: coton)
 - Alimentaire (ex: tomates, maïs)

- Avantages**
- ↑↑ rentabilité
 - Evolution médicale

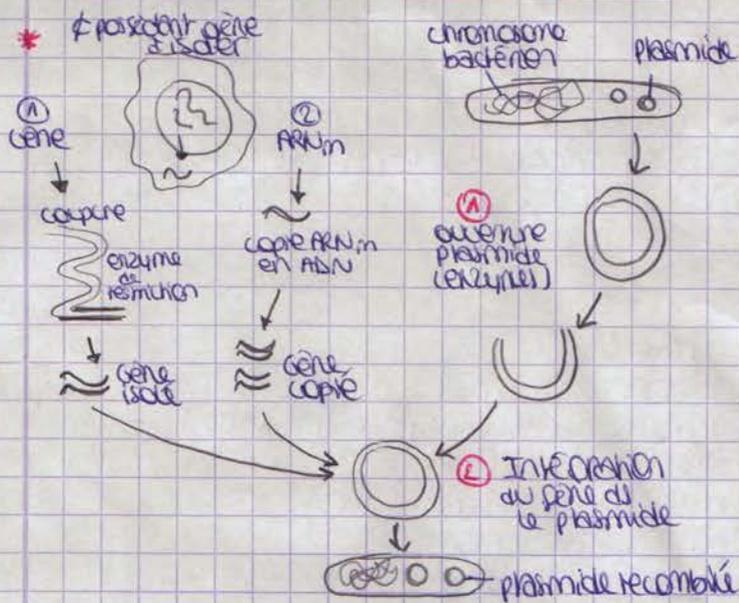
- Inconvénients**
- Moins de terres cultivables
 - Risques pour la santé (+ allergies)
 - Risques pour l'environnement
 - Risques pour la chaîne alimentaire
 - Mauvaise résistance
 - Monopole du = culture (v. Monsanto)

② Etapes de la biotechnologie

- **Génie génétique** Art de créer des ϕ hybrides en associant des morceaux d'ADN issus de $\neq \phi$.
Rôle des domaines bio-médical & agro-alimentaire.
- **transgène** opération par laquelle le gène est introduit.
- **organisme transgénique** être vivant dont tous ses ϕ , y compris les cellules, ont intégré le transgène (→ trans. à sa descendance)
- **transgène** gène étranger intégré ds le patrimoine génétique d'un hôte.

- **plasmide** petit anneau d'ADN de bactérie (2 à 6000 paires de bases nucléotidiques)

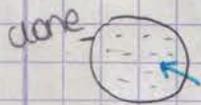
a) Intégration de gène par les plasmides



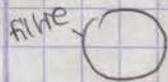
- ① Isolation d'un morceau d'ADN
- ② Intégration du gène du plasmide
- ③ Introduction du plasmide recombiné ds une bactérie (surtout: colibacille)
- ④ Multiplication des plasmides et du gène

* **clonage du gène**

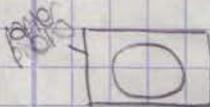
clone = population d'individus génétiquement identiques.
 comment trouver le clone intéressant ?



on ajoute un antibiotique pour éliminer les bactéries n'ayant pas intégré le plasmide



Bactéries étalées dans une boîte de fermi
 ↳ filtre de nitrocellulose



sonde marquée radioactivement capable de s'hybrider avec la séquence d'ADN correspondant au gène recherché
 ↳ papier photo → tache noire = clone ayant incorporé le gène

b) Intégration de gène par les virus

- Injection de l'ADN viral (virus) dans l'ADN cellulaire
 (ARN viral (tembavirus))

↳ lorsque la cellule exprime son message génétique → elle fabrique des virus

- virus peu virulents (intégration du gène intéressant ds l'ADN)
 thérapie génique → tembavirus (ARN transcrit un ADN avant que la reproductrice virale ait lieu)

③ secteur agro-alimentaire

a) Plantes transgéniques

- ① Repérage d'un caractère intéressant chez un organisme vivant
Identification de la protéine responsable de ce caractère
- ② Identification et isolement du gène codant cette protéine
- ③ Construction génétique : gène d'intérêt + séquences d'ADN
↳ permettent de cibler le lieu d'expression du gène
Insertion de la construction ds le plasmide bactérien
- ④ Introduction de la construct° ds le génome de la ϕ végétale
transfert biologique naturel - avec vecteur
transfert direct sans vecteur - utilisat° d'agent chimique ou courtes décharges \rightarrow pores membranaires laissent + facilement passer l'ADN
transfert mécanique microbilles propulsés ds la ϕ végétales
- ⑤ Sélection des ϕ exprimant le gène d'intérêt
- ⑥ Régénération des plantes entières à pt de ces ϕ

b) Animaux transgéniques

Micro-injection Introdut° de l'ADN étranger directement ds une ϕ - œuf de mammifère

Gène le + fréquent \rightarrow hormone de croissance

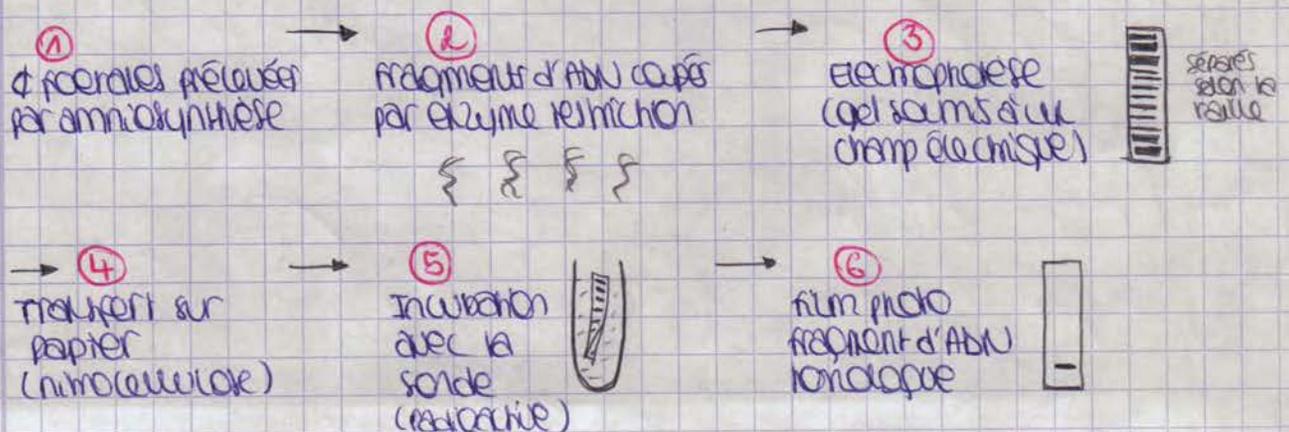
④ secteur bio-médical

a) Industrie pharmaceutique

Le gène génétique permet de produire 3 grands groupes de substance :

- Mécanismes de défense immunitaire \rightarrow **VACCINS**.
- Hormones \rightarrow **INSULINE**.
- Dérivés sanguins \rightarrow **FACTEURS DE COAGULATION**.

b) Biogénétique



3) Thérapie génique

= remplacer un gène malade par un sain

- Fournir à certaines ϕ de l'individu atteint d'une maladie génétique un fragment d'ADN supplémentaire → **GÈNE MÉDICAMENT**.
- Intégration de gène par virus
- Risques de changements imprévisibles ds le fonctionnement ϕ aire de déteriorer plutôt que d'améliorer
ex réveiller un oncogène → cancer
- Concentration sur les maladies acquises (altération des gènes de départ)
 - + accessibles → maladies sanguines
 - accessibles → maladies musculaires
- Thérapie somatique → gène-médicament ds les ϕ de départ (aut-embryon)
germinale → gène-médicament ds embryon malade
 - ↳ Hér les ϕ
 - ↳ descendance
- **ETHIQUE** utiliser la thérapie génique pour "améliorer l'espèce"?

Bio - Syn. 2 : Origine et évolution de la vie.

1

Les molécules de la vie.

- **Théorie des Vitalistes** : les êtres vivants ont des substances et un fonctionnement \star de la matière inerte.
Aujourd'hui : la vie a dû apparaître aux dépens d'un monde inerte, minéral, les premiers êtres vivants se seraient développés à partir de systèmes complexes non vivants.
- Molécules communes aux deux mondes : H_2O et des minéraux.
- Originalité des vivants = complexité des molécules organiques qui les constituent : protides, lipides, glucides, ADN, ARN.

Aspect chimique et physique de la Terre aux origines.

Aspect chimique.

- Terre & système solaire : 4,6 milliards d'années.
- Point de départ de la formation du soleil et des autres planètes = nuage de gaz, de poussières et de débris qui s'est concentré en son centre de manière à former un proto-soleil (=soleil à son stade de formation) + hétérogénéités à distances variables du centre (points d'accrétion) autour desquels se formèrent des planètes.
- J+S+U+N sont formées d' H_2 , d'He, de CH_4 , de NH_3 et d' H_2O \rightarrow planètes légères.
- M+V+T+M sont plus riches en métaux lourds pcq
 1. proximité du soleil \rightarrow fuite des constituants les plus volatils. (vers l'espace interplanétaire)
 2. \swarrow de la masse des planètes \rightarrow \swarrow force de gravité.
- Début : surface de la Terre trop chaude = pas d' H_2O à l'état liquide.
Après : $T^\circ \swarrow$ en dessous de T° d'ébullition = condensation de H_2O + formation océans primitifs.
- Dégazages \rightarrow atmosphère composés de $H_2O(g)$, CH_4 , CO , H_2S = pas de vie possible.
- Il y a 3,8 milliards d'années = atmosphère primitive + hydrosphère.

Aspect physique.

- Pas comme ajd \rightarrow visions cataclysmique, peu propices à la vie : atmosphère primitive (pas de protection pour les rayonnements nocifs du soleil \rightarrow UV), orages dantesques, radioactivité ambiante, volcanisme. = commencement de la vie.

Apparition des premières molécules organiques.

La soupe primitive.

- Théorie d'Oparine-Haldane (O-H) (20^{ème} siècle) = théorie conceptuelle de l'apparition de la vie.
 - \rightarrow Sortir du cercle vicieux qui dit que seule la vie peut produire la vie.
 - \rightarrow Réaction chimique entre la Terre et le Soleil : réacteur = atmosphère terrestre, source d'énergie = le soleil, réactifs : gaz + composés chimiques émis par S et T.
 - \rightarrow L'atmosphère primitive aurait été composée de gaz comme l' H_2O , le CH_4 , le CO_2 et le H_2S , atmosphère très différente que celle d'ajd.
- Soupe primitive (schéma 7) = combinaison de pls éléments.
 1. rayons UV du soleil (source d'E n° 1) qui cassent les molécules pr que de plus grosses/plus lourdes se créent.
 2. éclairs + volcans : source d'E additionnelle.
 3. pluies acides C-H-O-N (carbone-hydrogène-oxygène-azote).
- Pr dvpmt de la vie (O-H) = $CHON + E_{\text{soleil}}$.

Expérience de Miller et Urey.

Reconstitution en vase clos de la mer + atm primitive pendant plusieurs jours :

- océans primitifs = H_2O .
- étincelles ($\pm 60000V$) avec électrodes de Tungstène.
- chauffage de H_2O \rightarrow vapeurs qui vt se condenser ds un réfrigérant \rightarrow pluie entraînant les subst. solubles. Obs. : après qq semaines, apparition de AA, sucres et bases azotées (ACTG).
 - \rightarrow Les molécules de base ainsi formées se sont concentrées dans l'eau des océans primitifs au cours des centaines de millions d'années et ont formé une véritable soupe organique

1

dans laquelle est née la vie.

Remise en question de cette proposition.

- Trois problèmes majeurs se posent :

1. La composition de l'atm primitive.

→ peu probable que l'atm terrestre ait été formée de composés venant du S et du dégazage de la T, **ms plutôt** juste du dégazage du manteau de la T, bcp plus de volcans qu'ajd, atm formée donc de H₂O, CO₂, N, avec un peu de NH₃, CH₄, SO₂, **SANS H et O**. Atm idéale = CH₄ + N + H₂O. Atm défavorable = atm avec CO₂. Mais pas de CO₂, pas de H₂O_{liq} or H₂O_{liq} = essentielle à la chimie des molécules prébiotiques = **cercle vicieux**.

2. La concentration des molécules prébiotiques dans la soupe primitive.

→ Pr qu'une réaction se fasse, C_{produits} ↗, plus ↗ que pluie de mol. dans les océans aurait pu le permettre, **donc pas possible**.

3. Les interactions chimiques dans la soupe primitive.

→ Il devait y avoir bcp de catalyseurs + et bcp de catalyseurs -, on est loin de comprendre toutes ces interactions.

CONCLUSION

On est encore loin de la synthèse de la vie ; on en est qu'aux molécules prébiotiques. Pour passer au stade de vie, ces molécules organiques doivent réussir sur quatre plans :

- utiliser l'H₂O liquide.
- se fabriquer une enveloppe qui leur permettra de garder leurs constituants et de contrôler les échanges avec l'extérieur.
- utiliser les composés chimiques du milieu pour satisfaire leurs besoins nutritifs et énergétiques.
- être capables de faire des copies conformes (ou presque) → de se reproduire.

Formation de macromolécules : ARN ou ADN en premier ?

→ ARN ! - molécule plus simple.

- l'ADN a été créé pcq ARN trop fragile et pcq plus de mutations possibles.

Les premiers êtres vivants et la transformation de la Terre.

Premières cellules.

- Premières formes de vie = cellules semblables aux bactéries actuelles, dépourvues de noyau

→ cellules **hétérotrotes procaryotes**.

- Apparition de la vie dans monde **sans O₂** (sans couche d'ozone donc UV passent !).

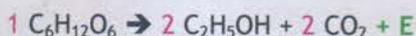
1. Oasis des fonds océaniques.

- zones florissantes de vie en milieu tout a fait aphotique (sans lumière) dc **chimiotrotes** tirent l'E du S du H₂S. >> hétérotrotes (façonnage des constituants cellulaires à pd des matières organiques du milieu) et autotrotes (fabriquent CO₂ à pd E_{solaire}).

- **MAIS** stabilité précaire des AA à 350°C et cst surprenant que des formes de vies soient créées à de telles T° (selon Miller).

2. Expérience de Miller (voir avant).

- premières cellules vivaient à 10m de profondeur dans un bain de nourriture = cellules utilisant la **fermentation des matières organiques** (anaérobie) → cellules chimio-autotrotes.



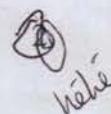
Apparition de la photosynthèse.

- Algues bleues = procaryotes semblables aux bactéries **mais** qui on en plus de la chlorophylle qui leur assure un avantage déterminant.

- La prolifération de la vie va provoquer la crise énergétique, la soupe primitive s'épuise.

- Photosynthèse : $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$

- La production d'O₂ a trois csq : 1. $3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{O}_2 \rightarrow$ **ozone pour protéger les UV**.

 néhé

2. O_2 = atm oxydante
→ bactéries éliminées, O_2 brise les liaisons.
3. Premières cellules réalisant la respiration.

Apparition de la respiration.

- Permet de tirer plus d'E de la même molécule de glucose : $6O_2 + C_6H_{12}O_6 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + E$
- Apparition des eucaryotes (cellules avec des noyaux) il y a 1,5 milliard d'années.
→ division du travail ds ces cellules : respiration dans les mitochondries et photosynthèse dans les chloroplastes.
→ vont inventer la mitose et surtout la méiose (cellules sexuelles).

CONCLUSION

- Il existe une étroite liaison entre l'évolution des êtres vivants et celle de l'atmosphère : l'activité des êtres vivants modifie la composition de l'atm et celle-ci force ces derniers à évoluer.
- Sans la chlorophylle (permet une production colossale de matière organique) et sans l'oxygène (assure un approvisionnement énergétique très efficace), le monde vivant serait probablement resté bactérien.

Evolution de la vie (4 millions d'espèces différentes d'êtres vivants).

Selon le fixisme : chaque espèce aurait été créée par Dieu et, dès le départ, chaque espèce aurait été toute à fait adaptée à son milieu. (créationnisme - Genèse)

Selon l'évolutionnisme : les diverses espèces seraient apparues progressivement en dérivant les unes sur les autres, en passant des organismes les plus simples aux espèces plus complexes par une lente évolution qui s'est déroulée en plusieurs milliards d'années et qui se poursuit actuellement.

→ **Supplante le fixisme.**

Les arguments suggérant l'idée d'évolution.

- La vie est une, la vie utilise les mêmes structures, les mêmes types de molécules, les mêmes réactions chimiques, le même langage, unique souche commune.

Paléontologie.

- Science qui traite des *fossiles* montrant la succession des organismes au cours des âges : elle apporte la preuve irréfutable que l'évolution est un fait.
- *Fossile* = soit reste d'organisme, soit trace de reptation/pas, soit spores/graines, soit conservé dans l'écorce terrestre.
- *Fossilisation* = passage d'un être organisé à l'état de fossile, ensemble des processus de transformation de sa matière vivante en un reste minéralisé → disparition des tissus souples mais conservation des parties dures du corps ou de la coquille sous leur forme originelle. **plus anciens fossiles connus = ± 3,5 milliards d'année, plus anciens fossiles d'animaux = ± 700 millions d'années.**
- Grandes périodes de l'histoire de la Terre = ères (géologiques).

La datation/chronologie relative.

- Classement en ères géologiques subdivisées en périodes, étages,...
- *Principe de superposition* : les couches les plus anciennes = base des séries, les couches les plus récentes = sommet des séries.
- Ères géologiques = quaternaire (la plus récente), tertiaire, secondaire, primaire (la plus ancienne).
→ **Précambrien, primaire, secondaire, tertiaire, quaternaire.**
- *Horizons biostratigraphiques* : on regroupe dans un même horizon des espèces dont les durées d'existences ne coïncident pas entre elles mais qui se chevauchent au niveau de cet horizon.

La datation/chronologie absolue.

- Datation exprimée par un nombre en milliards, millions ou milliers d'années.

- Mesure du taux de radioactivité restant dans le fossile d'un organisme vivant. Au moins il est radioactif, au plus l'organisme est vieux. On appelle *période* le temps nécessaire pour que cette radioactivité diminue de moitié = demi-vie. → Une période = une demi-vie = 5730 ans.
- Les éléments radioactifs les plus souvent utilisés sont l'uranium, le potassium, l'argon pour les périodes anciennes et le Carbone 14 pour les périodes plus récentes jusqu'à 40000 ans seulement.

- Le couple $^{40}\text{Ar}/^{40}\text{K}$ peut être utilisé au-delà des derniers millénaires. Les minéraux utilisés ne contenant pas d'argon à la fermeture de système = le moment à dater, la mesure du rapport actuel $^{40}\text{Ar}/^{40}\text{K}$ permet de calculer l'âge de la roche. En effet, la totalité de ^{40}Ar provient de la désintégration de ^{40}K . Si ^{40}K ↘ alors ^{40}Ar ↗.

CONCLUSION

- Les méthodes de datation relative ont permis d'établir une échelle stratigraphique.
- Les méthodes de datation absolue, en déterminant l'âge des roches et des fossiles, permettent de situer dans le temps les étages de l'échelle stratigraphique, de mesurer les durées de phénomènes géologiques et de fournir un cadre temporel à l'évolution des espèces. Le primaire commence il y a 570 millions d'années et le secondaire, il y a 245 millions d'années. Le tertiaire commence il y a 65 millions d'années et le quaternaire, il y a 1,5 millions d'années.

Morphologie et anatomie comparée.

Observations de Darwin (1836) - Les pinsons des Galapagos.

- Il a introduit la notion de *spéciation* = adaptation des différents pinsons qui ont pourtant une origine commune. Les exigences écologiques étant différentes, la forme du bec s'est également adaptée.
- *Organes homologues* = organes ayant la même structure mais pas forcément de même proportions (subdivisions) ni de même rôles.

Embryologie.

- La division du zygote ainsi que les premiers stades du développement de l'embryon sont **identiques** chez les organismes vivants confirmant la notion d'unicité du monde vivant.

→ L'embryon retrace l'histoire de son espèce, tout animal au cours de son développement embryonnaire passe par différents stades rappelant dans l'ordre les stades évolutifs par lesquels sont passés son espèce.

Biologie: Evolution (suite)

(suite chap 4)

- Biochimie**
- Pr n'importe quel organisme, les protéines ont tjrs les m A. A.
 - ↳ ce qui change, c'est leur ordre
 - L'ordre des nucléotides est \neq ds chaque organisme
 - Le degré de ces différences indique le degré de filiation

Arbre phylogénétique rassembler les organismes selon leur lien de parenté

- ↳ + l'ancêtre est proche, + la parenté est grande
- ↳ comparaison des caractères morphologiques, anatomiques, embryonnaires, moléculaires
- ↳ Groupe monophylétique = partage un ancêtre commun et donc 1 ou plusieurs caractères dérivés
- ↳ Nœuds : ancêtres communs directs des espèces actuelles représentées
- Fossile vivant → organisme qui n'aurait pas changé au cours du temps mais uniquement 5% de l'ADN codant pour l'apparence.

Diplozygose Les hétérozygotes A/a ont un avantage sur les homozygotes A/A

EX: Hépatite LE plasme ne s'infecte que ds les globules rouges normaux

↳ s'la moitié de nos globules sont parasités, le risque de contamination ↓

CHAP 4 : LES THÉORIES DE L'ÉVOLUTION

Lamarckisme
(1800)

(a) Complexification des ê vivants

- ↳ Gradation des ê les + simples au + complexes
- ↳ tendance à devenir plus complexes

(b) Modelage par l'environnement (ex: Girafe)

- ↳ Les exigences du milieu influencent les dupnt
- ↳ l'usage d'un organe ↑ son dupnt
- ↳ le non-usage entraîne son atrophie

(c) La transmission des caractères acquis

- ↳ Les caractères acquis sont héréditaires
- ↳ jamais démontré !

Darwinisme Concept de la sélection naturelle

↳ déséquilibre entre populations et ressources dont elles disposent est la cause d'une lutte pour la vie dont sortent les vainqueurs les + aptes

= Lamarck Transformations lentes et progressives des espèces
Existence d'ancêtres communs

≠ Lamarck L'évolution est le fruit du hasard (> < nécessité)
↳ 1. apparition d'une grande variabilité (génétique)
↳ 2. la nature sélectionne les @ les plus adaptés et élimine les inadaptés

Mutationnisme Les mutations sont les seuls variations héréditaires
↳ sélection des génotypes les + adaptés au milieu

Néo-darwinisme = Darwinisme + mutationnisme
↳ les variations ne sont pas dues à l'action du milieu mais à des mutations
↳ reste un peu du hasard modulé par la sélection naturelle

CHAP 3 : ORIGINE DE L'ESPÈCE HUMAINE

Notion d'espèce Organismes qui se ressemblent, qui peuvent se reproduire entre eux et qui donnent des individus féconds.

Nomenclature binôme 1 mot Genre (LINNÉ)
2 mot Espèce

Caractères propres à l'H₀ Langage articulé
Bipède
Mode de pensée, culture
Habilité manuelle

comparaison H₀/singe

	Singe	Homme
Colonne vertébrale	1 courbure	4 courbures
Face	non plate	plate
Position	canines +犬歯	En arc
Trou occipital	A l'arrière	vers le bas
Volume crânien	4 à 5x plus grand	+ petit
Membres	+ longs	+ courts
Chromosomes	24 chromo	23 chromo

East side story

Il y a 8.000 ans, de la vallée du Rift africain
↳ révolution géographique et climatique
↳ la vallée s'effondre = faille
↳ bouleversement du climat local (O < E)
↳ les 1ers hominidés ont dû naître de ce climat de milieu
→ l'environnement aurait joué un rôle de sélection

BIO EVOLUTION

CHAP 4 : CLASSIFICATION DES ORGANISMES VIVANTS

Grandes subdivisions
Théorie de Linné

Regnes (animaux, plantes, fungi, prokaryotes, monerales)
↳ Embranchements (phylum)
↳ classes
↳ ordres
↳ familles
↳ genres
↳ espèces

Classification phylogénétique Classification systématique des ê vivants
Illustre les principes d'évolution et de parenté

↳ basé sur ce que les ê vivants ont (ordres → invertébrés) font

CHAP suppl : DINOSAURES

Théories de l'extinction

- ① Météorite Cratère mexicain de Chicxulub
- ② seconde météorite 300 000 ans après (certains pense)
↳ Shiva en Inde

Bio : Thème II Ecologie

Ecologie = science qui étudie les relations réciproques entre les organismes vivants et leurs milieux.

Les organismes et leur environnement

a. ** Biosphère et écosystèmes

Biosphère = région de la planète où la vie est possible (en permanence) à la surface des continents et océans, quelques km d'épaisseur

se divise en 3 :
lithosphère = sol, milieu solide constitué par l'ensemble des continents émergés
l'hydrosphère = systèmes marins, ensemble des mers et océans (7/10 de la surface terrestre)
l'atmosphère = couche gazeuse qui entoure les deux autres parties

Biocénose = communauté spécifique, association de micro-organismes, plantes ou animaux, inféodés à un milieu particulier.

biotope = substrat inorganique occupant une surface ou un volume variable, soumis à des conditions assez homogènes.

↳ Biocénose + biotope = écosystème

↳ micro : arbre
mésos : prairie
macro : savane

b. ** Zone de macrosystèmes

Macrosystèmes = grandes unités écologiques réparties : planète

Biomes = communautés de vivants peuplant ces entités

↳ 8 principaux

facteurs :
température,
humidité,
feu, sécheresse

forêt ombrophille tropicale
savane
déserts
prairies tempérées
forêt décidue tempérée
forêt sempervernante tempérée
taïga
toundra

c. ** Facteurs écologiques

↳ caractérisent un milieu donné et agissent sur l'individu, la population ou la communauté toute entière

↳ température, équilibre, hygrométrie, pluviométrie, pression / sel minéraux de l'eau, granulométrie, ...

↳ 2 catégories - ABiotiques indépendant densité / vient du biotope
- biotiques dépendant densité / vient de la biocénose

* Facteurs climatiques

ATMOSPHERE

- ↳ 1^{er} facteur qui a une forte influence sur les écosyst
- ↳ Inclinaison de la Terre
 - rayons du soleil $\hat{=}$ intensité \neq selon l'écosyst
 - énergie reçue \neq d'un endroit à l'autre
 - \neq de temp à la surface de la terre
 - mœurs de l'atmosphère océaniques
- ↳ ces facteurs vont façonner les paysages, les biotopes,
 - influence importante sur les écosystèmes
 - ↳ adaptation des ê vivants

* Facteurs physico-chimiques

AQUATIQUE + TERRESTRE (sol)

- Aquatique: pression, teneur en sels minéraux et O_2
 - ↳ impact sur la biologie en milieu aquatique
- Sol: granulométrie, composition chimique (acidité, sels, ...)
 - ↳ favorisent certains écosyst

* Facteurs trophiques

- ↳ facteurs limitatifs $\hat{=}$ nourriture et sa teneur en sels minéraux
ex: le manque de nourriture limite la reproduction
- ↳ chaîne alimentaire: autotrophes (photosynthèse)
 - ↳ consommateurs d'ordre 1
 - ↳ consommateurs d'ordre 2
 - ↳ décomposeurs

↳ matière organique

* Facteurs biotiques

- ↳ relations qui existent entre les individus d'un m^{ême} écosystème
 - intraspécifiques m^{ême} espèce
 - interspécifiques espèces \neq

compétition = lutte entre espèces pour des ressources limitées (nourriture, lumière, eau, ...)

symbiose = associat° de 2 espèces incapables de vivre l'une sans l'autre

commensalisme = association de 2 espèces dont l'une tire profit de l'autre sans la nuire

parasitisme = commensalisme ms possibilité de nuire

prédation = mode d'alimentat° par lequel 1 être vivant se nourrit d'autres

d. ** Ecologie des populations

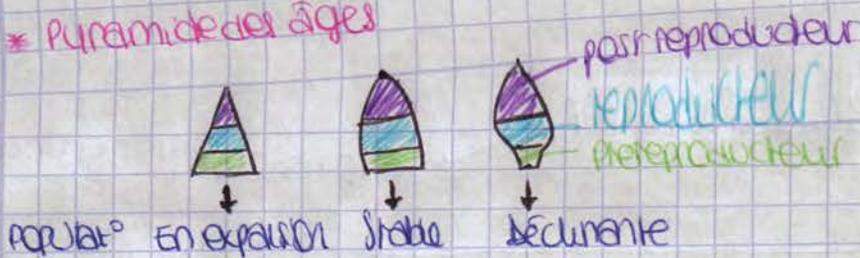
chaque population possède ses propres exigences
→ détermine l'endroit où elle peut/ne peut pas vivre/se reproduire

* Etendue des populations

* croissance des populations

↳ courbe exponentielle ms facteurs limitatifs (ex: nourriture)

* Pyramide des âges



⇒ Les variations d'abondance d'une espèce dépendent des facteurs écologiques, de la densité de cette espèce et des autres, de la complexité des relations entre les espèces.

e. ** Evolution d'un écosystème

ex1 Matériaux biologiques → organismes unipurité → populations
→ biocénose → écosystème

ex2 Matière inorganique → matière organique

Niche écologique = ensemble, système complet de relations entre l'organisme et son environnement
Habitat + régime alimentaire + habitudes de vie

Habitat = Lieu précis où évolue la population

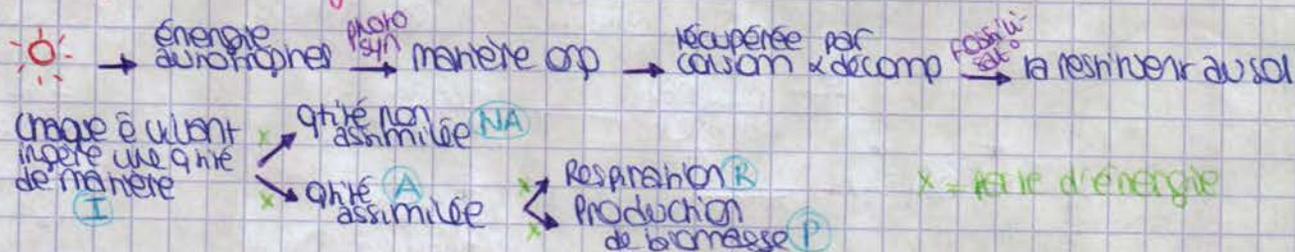
Biomasse = masse de matière en un lieu donné

⚠ Agroécosystème = écosyst déséquilibré

- apport extérieur d'intrants & pesticides
- productivité importante
- pollution, risque pr la santé
- exportation massive

Perturbation des cycles naturels par l'activité humaine

** Cycle de l'énergie

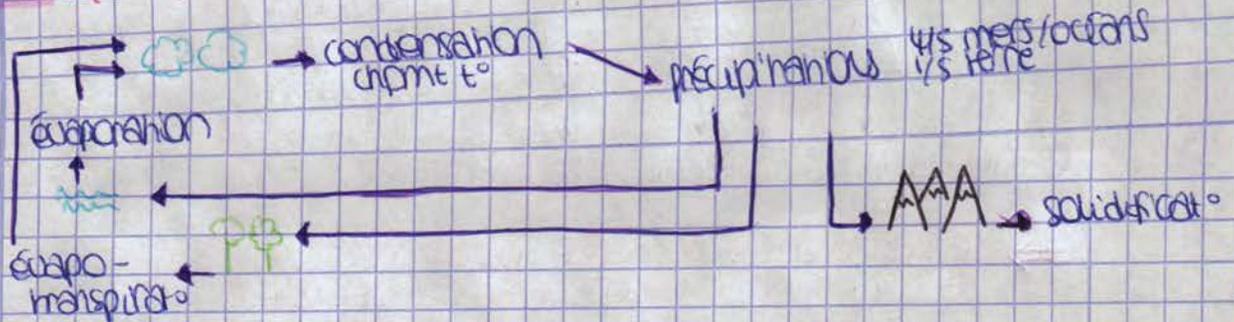


Rendement d'assimilation = efficacité avec laquelle des aliments sont digérés et absorbés par l'organisme. $\frac{A}{I} \cdot 100$

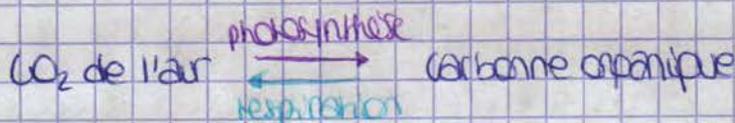
Rendement de production = quelle part des aliments intégrés est absorbée et quelle part des éléments est dépensée? $\frac{P}{A} \cdot 100$

Rendement écologique de croissance = quelle part des aliments intégrés est finalement disponible pour le consommateur suivant? $\frac{P}{I} \cdot 100$

** Cycle de l'eau



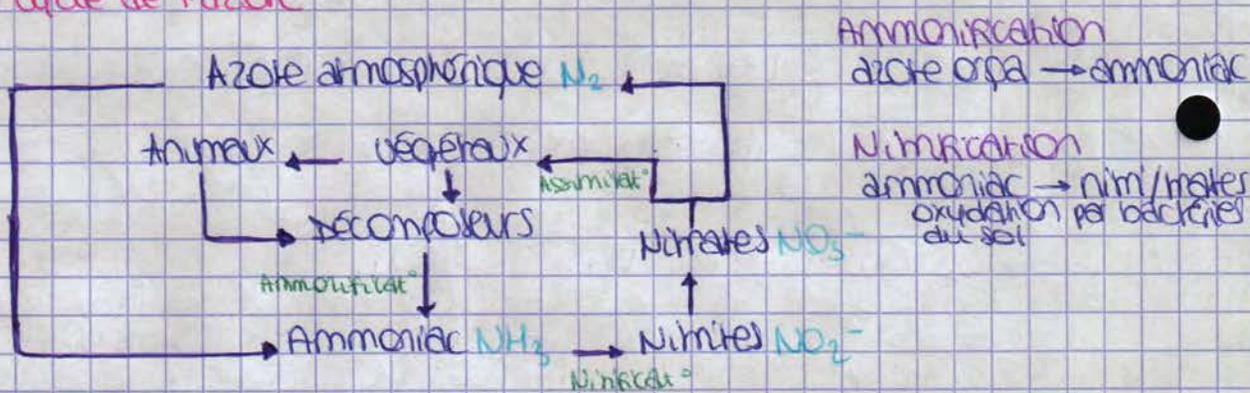
** Cycle du carbone



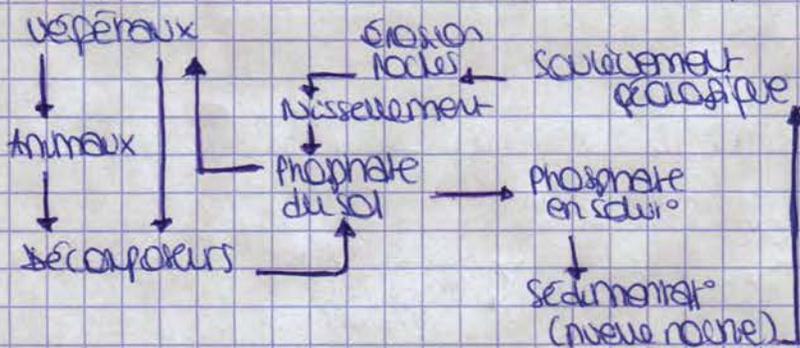
Planton: carbone \rightarrow calcare

Matière orga vivante $\xrightarrow{\text{fossilisation}}$ tourbe, charbon, pétrole $\xrightarrow{\text{combustion}}$ rejettent CO_2

** Cycle de l'azote



** Cycle du phosphore (intervient ds la squelette et des acides nucléiques)



⚠ Tous les cycles passent par:

- l'atmosphère
- le sol
- l'eau

SAUF phosphore \rightarrow ne passe pas par l'atmosphère