Med@TICE
Université Joseph Fourier - Grenoble 1
ETUDES DE SANTÉ
Première Année

www.medatice-grenoble.fr

UE7 - Santé Société Humanité – Environnement et Santé

Chapitre 1 :

Evolution et biodiversité des organismes vivants

Docteur Claudine PINEL

Année universitaire 2010/2011

Université Joseph Fourier de Grenoble - Tous droits réservés.

Evolution et adaptation des êtres vivants

Conception et historique

Importance des symbioses

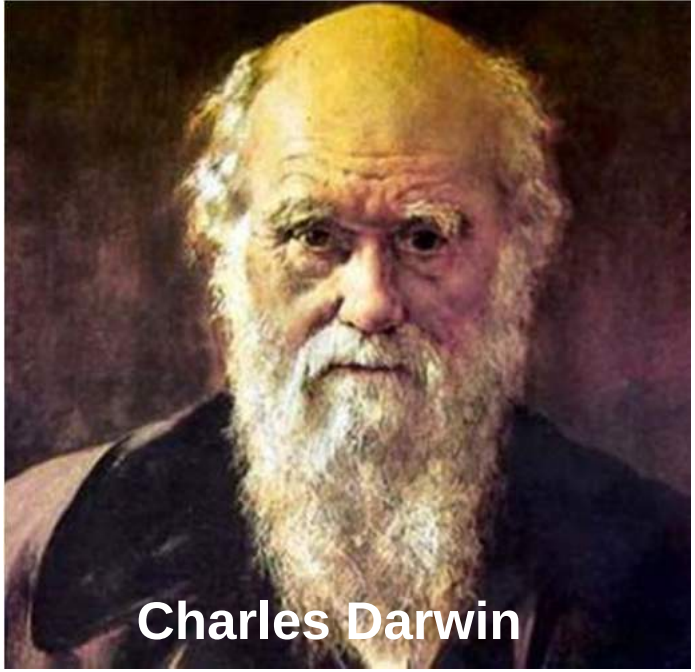
Les cellules et les organites « primitifs »

Evolution de la vie

Biodiversité et menaces

Biodiversité et plasticité du génome

Historique



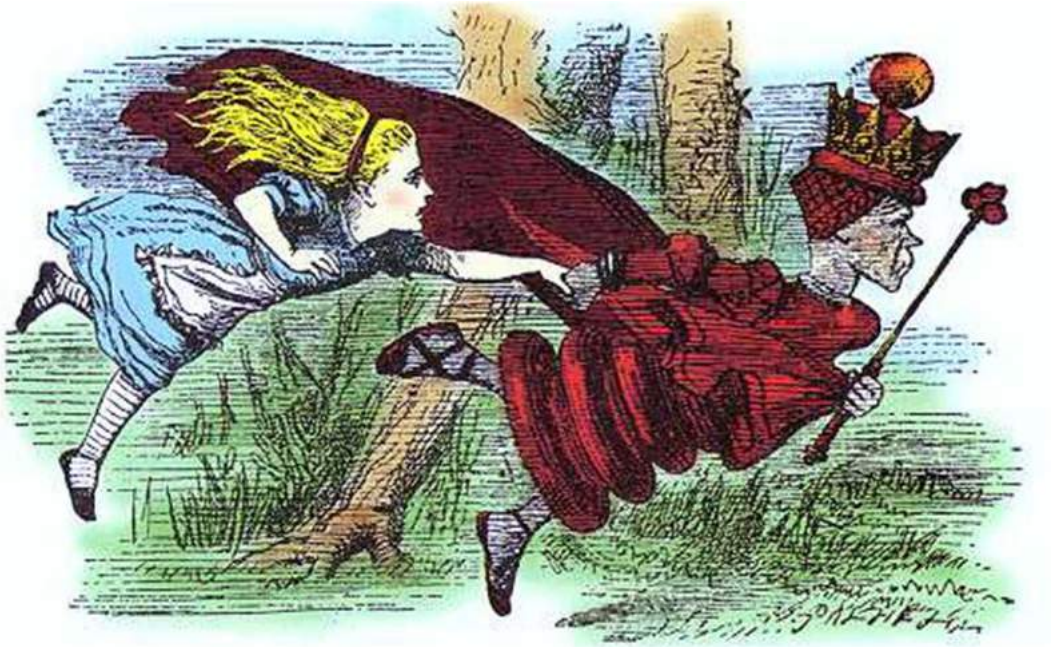
- **Evolution du vivant** avec émergence de nouvelles formes de vie, transformations, symbioses
- Notion relativement récente XVIII siècle notion de **fixité** et de statisme des êtres vivants
- Notion d'espèces par **Buffon** (1749), puis de diverses lignées qui évoluent indépendamment : **Lamarck** 1809, principe de relations entre les espèces et de sélection naturelle **Charles Darwin** 1859

Historique

Darwin publie en 1859 « L’origine des espèces »: notion d’évolution et de co évolution dans un écosystème

- **L’espèce qui survit dans des conditions nouvelles n’est pas forcément la plus forte mais la plus adaptée à ces nouvelles conditions**
- **Plus les descendants d’une espèce sont différents (biodiversité) plus ils ont des chances de réussir dans la lutte pour l’existence. Principe repris par Leigh van Valem.**

Principe de co évolution



Conception de Leigh van Valen avec la course de la reine rouge

La reine entraîne Alice dans une course « Il faut courir de toute ses jambes pour simplement rester là où l’on est »

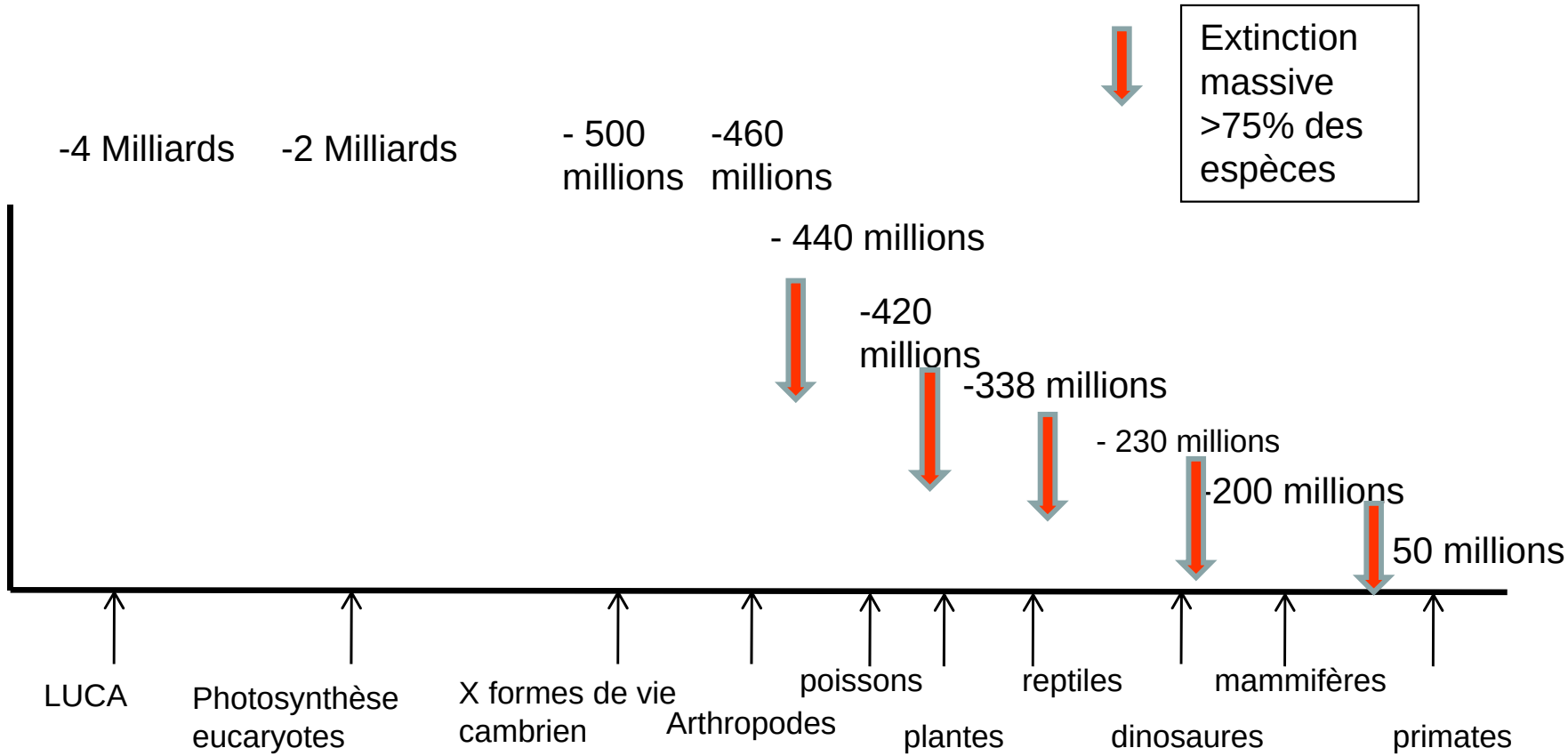
Historique

- Adaptation des théories aux sociétés humaines (Darwinisme social) et ses dérives comme l'eugénisme (bien naître) puis le nazisme: application aux hommes des méthodes de sélection applicables aux animaux d'élevage (élimination des populations affaiblies ou tarées pour l'amélioration de la race avec stérilisation des malades mentaux, des récidivistes, alcooliques et épileptiques en application aux USA dès 1907, puis dans certains pays d' Europe Danemark, Suisse, Finlande, Suède, Norvège, Allemagne.)

Evolution et biodiversité

Hérédité et environnement concourent à l'émergence de la diversité des êtres vivants

Schéma des grandes étapes de l'émergence des formes de vie



Evolution de la vie sur terre (1)

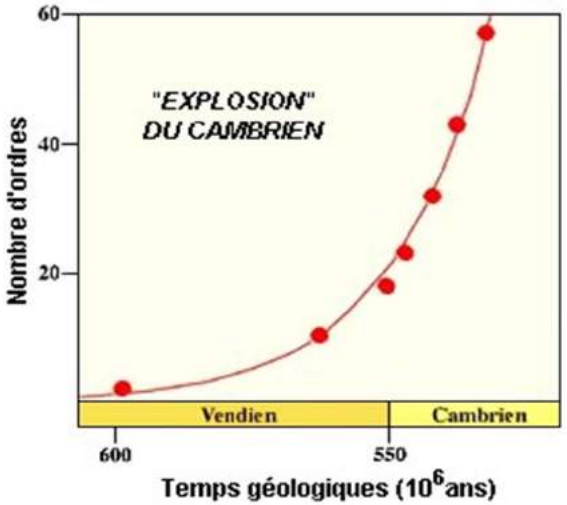
Entre – 600 et – 400 millions d'années (cambrien, ordovicien, silurien)

<u>Vie marine</u> mollusque, éponges et coraux

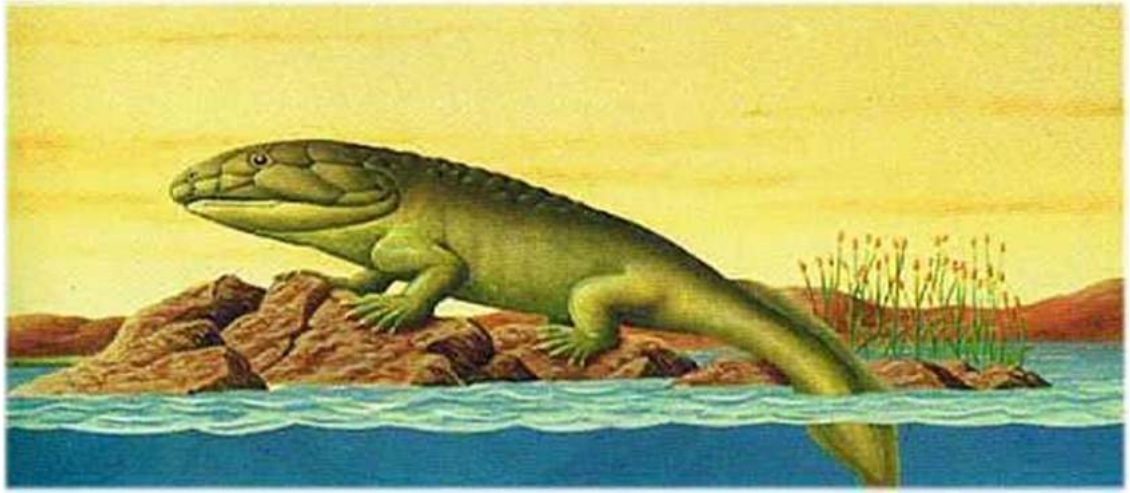
<u>Vie terrestre</u> mousses et lichens (symbiose)

Arthropodes (insectes, crustacés,

Scorpions, araignées…)



Evolution de la vie sur terre (2)



Entre – 400 et – 250 millions d'années (dévonien, carbonifère, permien)

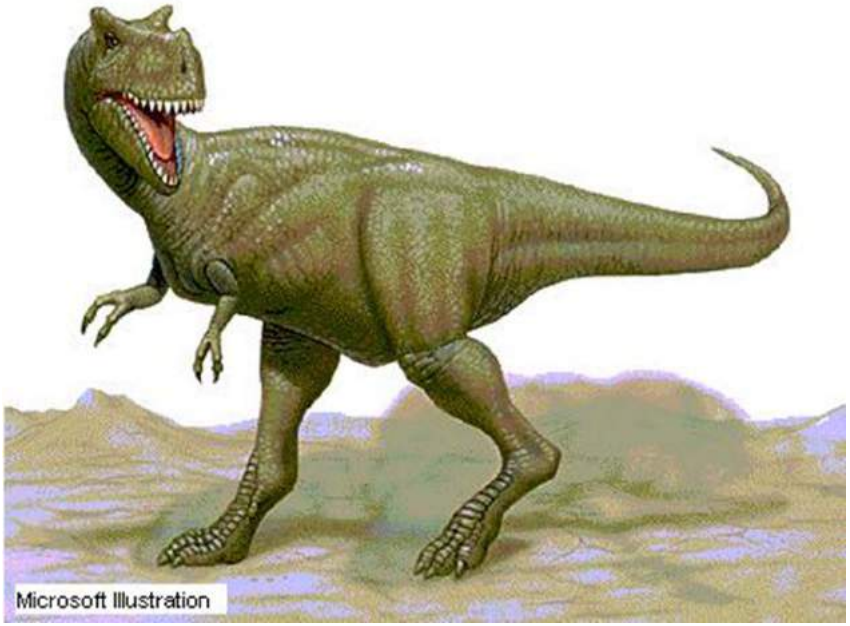
<u>Vie marine</u> amphibiens et vertébrés. Poisson sans mâchoire comme la lamproie puis avec mâchoire, transformation des branchies avec possibilité d 'utiliser l'air atmosphérique et non l'oxygène dissout dans l'eau, apparition des pattes

<u>Vie terrestre</u> forêt (conifère et fougère), et augmentation de l'O_2

adaptation des arthropodes ++ amphibiens puis reptiles et plante

Extinction massive (ère primaire)

Evolution de la vie sur terre (3)



Entre -250 et – 65 millions d'années (trias, jurassique et crétacé)

Apparition des dinosaures, des mammifères au trias puis des oiseaux au jurassique

Développement des plantes à fleurs

Extinction des dinosaures sauf oiseaux

(ère secondaire)

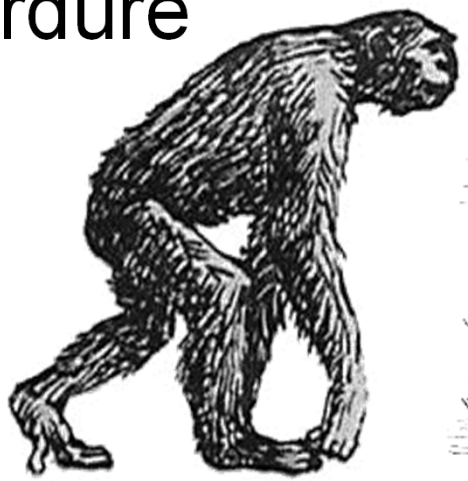
Tell-tale bones shared between the birds and meat-eating dinosaurs. The fused collar-bones (furcula) are in green, and the red ankle bone (astragalus) is attached to the bottom of the orange shin bone (tibia). Notice the four toes, three pointing forwards, one back.

Evolution de la vie sur terre (4)

Entre -65 et actuellement (pléogène, néogène et quaternaire)

Développement des **mammifères**, des **oiseaux**, régulation par des périodes de glaciation, **premier primate** (40 millions d'années) et **hominidés** (8-6 millions d'années)

Plusieurs espèces d'Homo et extinction, seule *Homo sapiens* a perduré



Evolution de la vie sur terre (5)

Disparition de grands mammifères comme les mammouths (- 10 000 ans réchauffement climatique)

Depuis le début 2000 ans apparition et disparition d'espèces souvent par action de prédation de l'homme ex le Dodo

Espèces rares et menacées

Oiseaux, mammifères, conifères

ex ours polaire, grands félidés, plantes

Dodo de l'île Maurice disparu au XVII siècle

Causes des changements brutaux

Cataclysme ? Modifications brutales des températures…

Causes probablement multiples

Eruption volcanique, chute de météorite, sécheresse, modification climatiques (glaciation ou réchauffement, libération de méthane puissant effet de serre et augmentation brutale des T°), épizooties

Extinction massive de la plupart des espèces à la fin de l'ère cambrienne

Au crétacé extinction de la totalité des dinosaures

chute de météorites et

éruption volcanique entraînant un nuage de poussières et la limitation de la photosynthèse (disparition des grands herbivores puis des carnivores), seules les espèces de petite taille moins exigeantes en nourriture comme les petits mammifères se sont alors développées.

Emission de gaz toxiques et de méthane

Cellule et évolution

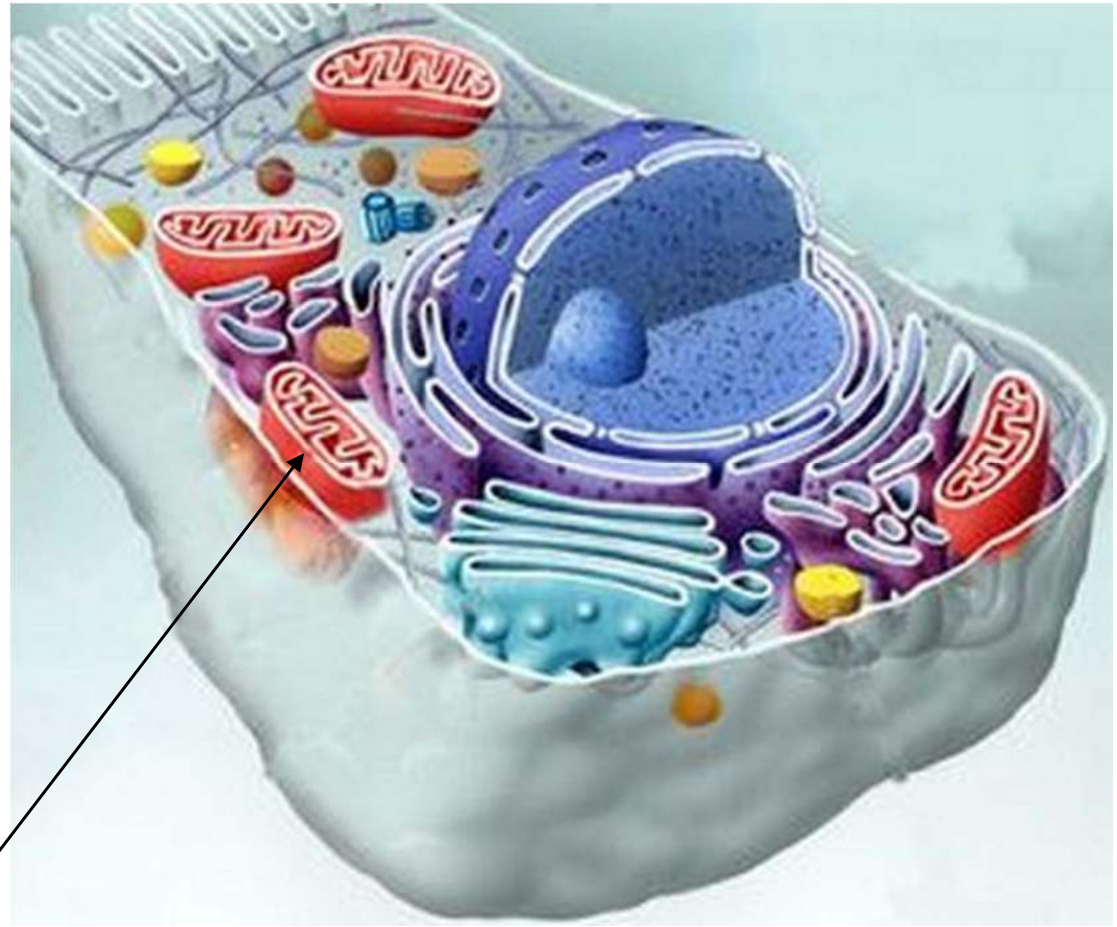
- ARN (duplication et activité enzymatique) antérieur à l'ADN, organismes simples virus (virus de virus découvert en 2008 par D Raoult et coll) et bactéries puis organismes plus complexes cellule eurocadre (symbiose), association de cellules qui se spécialisent

→ biodiversité

- Complexification des formes de vie (il existe des bactéries nucléées, des cellules adaptées aux conditions extrêmes de T° , pression, salinité…comme les Archées très proches de cellules eucaryotes)

Symbiose

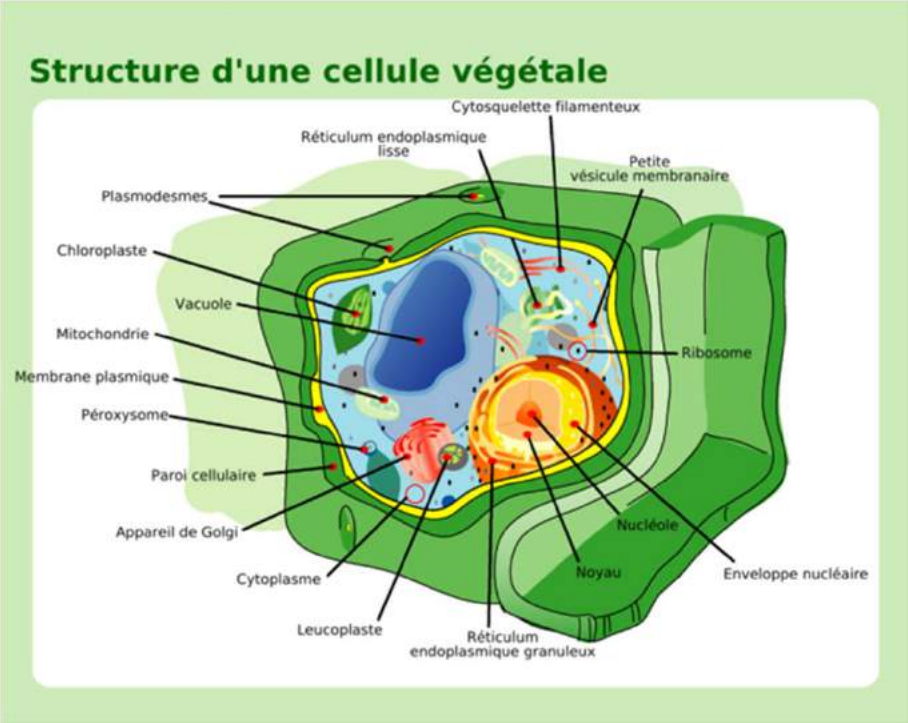
Mitochondrie: organite cellulaire impliqué dans la production de l'énergie de la cellule: association stable et pérenne d'une bactérie avec une archae origine de la cellule eucaryote ?



mitochondrie

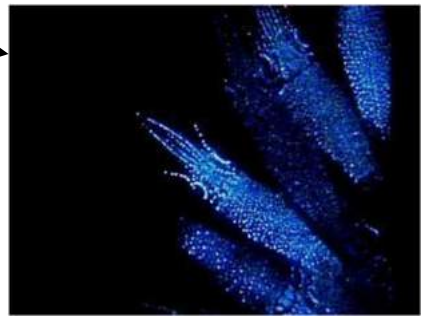
Symbiose

Chloroplaste: incorporation supplémentaire de cyanobactéries capables d'utiliser le CO_2 ⟶ cellule végétale avec nouveau potentiel: la photosynthèse



Possibilité aussi pour certains organismes d'incorporer des bactéries luminescentes:

calmars



nudibranche

Importance de l’oxygène

- Les plantes en rejetant de l’oxygène ont progressivement contribuées à sélectionner les cellules capables de l’utiliser puis à assurer le développement d’espèces terrestres.

Spécificité humaine

- Le séquençage du génome de différents mammifères montre que le génome de l'homme est très peu différent de celui de la souris ou du chien
- 99% des gènes humains ont un homologue chez la souris
- Quelles sont les différences subtiles entre espèces?

Squelette cheval et homme

Homme

- Espèce dominante mais peu de biodiversité actuellement, elle s’est appropriée la terre, causant de nombreuses modifications de l’environnement et des perturbations des écosystèmes.
- Actuellement augmentation du rythme de disparition de certaines espèces (rythme accéléré), sixième extinction?

Espèces menacées

- Selon l’union mondiale pour la nature:
- 20% Mammifères
- 12% des oiseaux
- 32% des amphibiens
- 25% des conifères

Causes multiples

- Modifications des habitats
  - Destruction des zones sauvages
  - Introduction d’espèces invasives
- Réchauffement climatique
- Prédations et épuisement des ressources naturelles
- Catastrophes provoquées ou naturelles

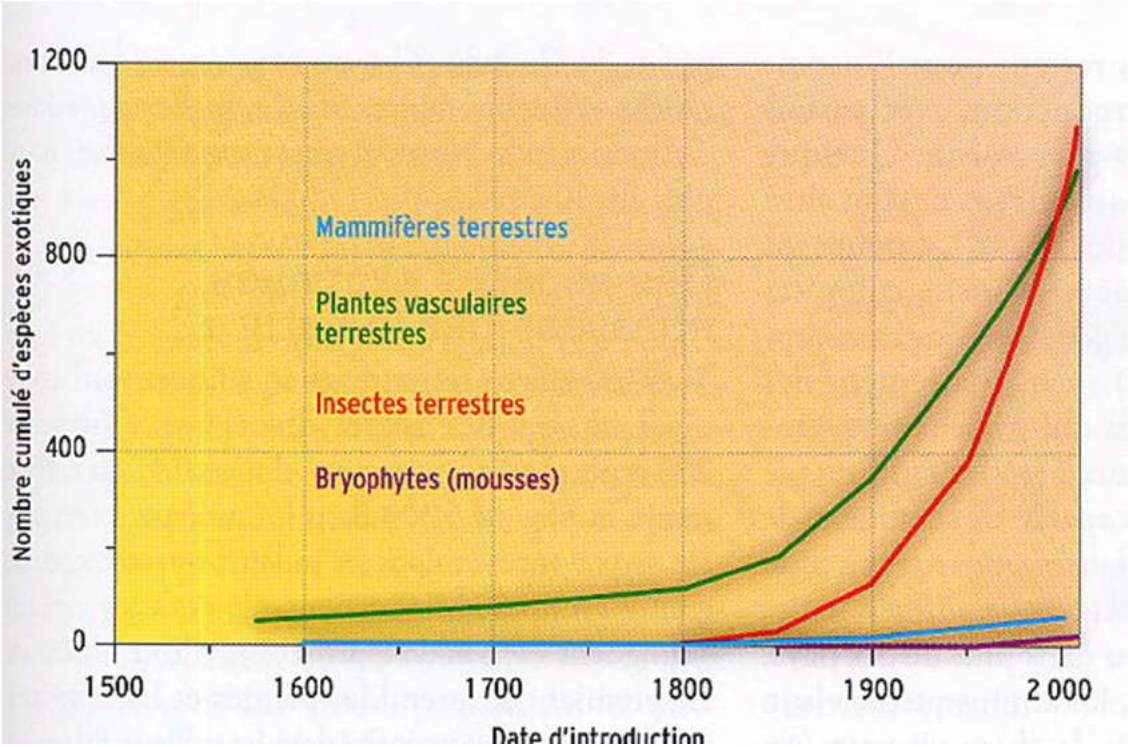
Modification des habitats

- Augmentation des tailles des zones urbaines (destruction de forêts, augmentation des zones cultivées) diminution des populations des Koalas, gorilles, éléphants d'Asie, tigre…

- Augmentation des zones d'élevage ou d'agriculture pas de partage du territoire avec d'autres prédateurs (loups, ours)

Modification des habitats

- Introduction d'espèces invasives
- introduites par l'homme ou par les animaux …….



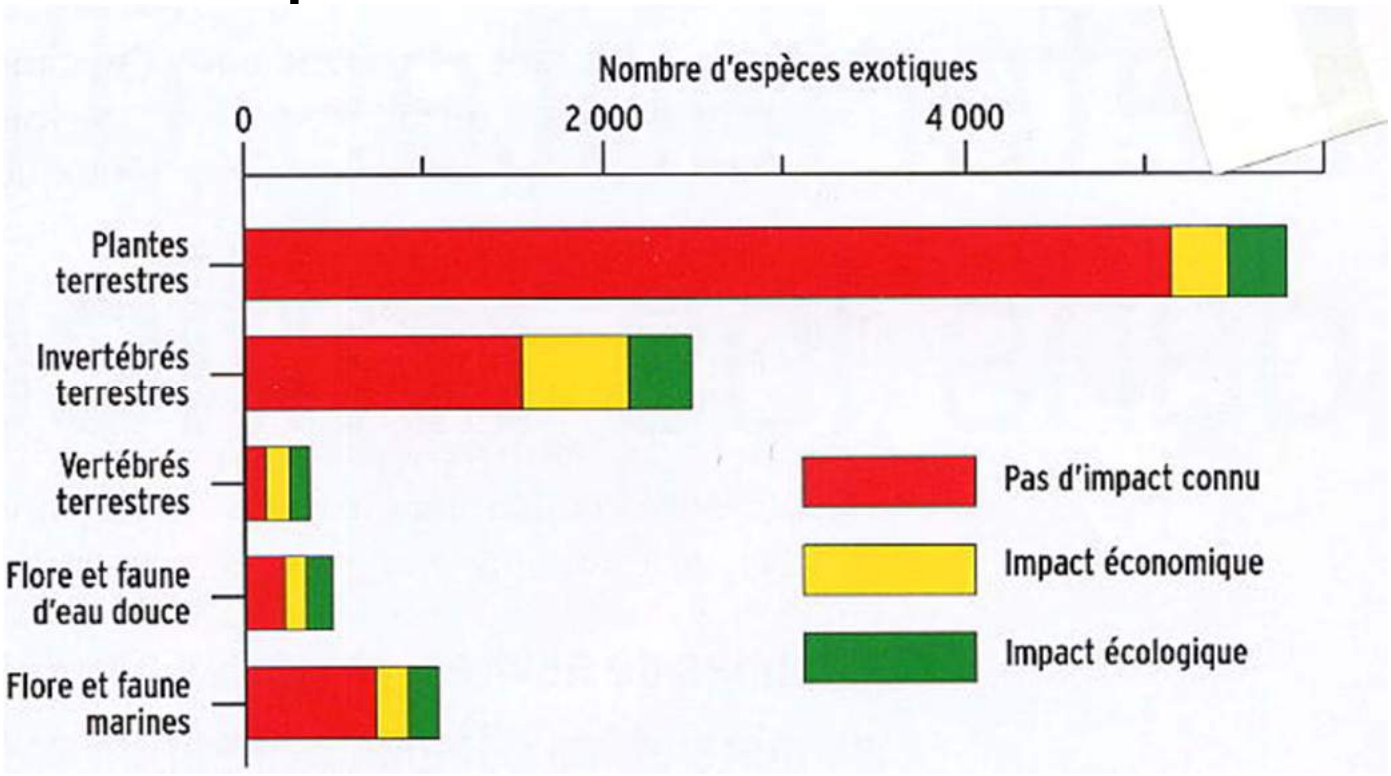
Source: Dossier pour la sciences N° 65, 2009

Ragondin

Fourmi de feu

Modification des habitats

- Impact écologique ou économique variable selon les espèces invasives



Source: Dossier pour la sciences N° 65, 2009

Remarque: toutes les espèces introduites ne sont pas forcément envahissantes, certaines peuvent au contraire augmenter la biodiversité.

Ex d'impact des espèces introduites sur les écosystèmes

- Frelon asiatique qui détruit les abeilles, avec des conséquences sur la pollinisation

- Introduction du mildiou fin du XIX siècle importation des Amériques (micro algue microscopique pathogène des végétaux comme la pomme de terre, la vigne, la tomate: famine et impact économique et social (ex grande famine en Irlande)

- Introduction de champignon pathogène pour les arbres ex graphiose de l'orme destruction massive depuis 1970 par manque de structures de résistance adaptées à ce pathogène exotique (absence de coévolution)

Attaque des feuilles de pommes de terre par le mildiou

Réchauffement climatique

- Impact sur les animaux à sang froid par manque de capacité rapide de régulation des températures ex diminution importante des espèces de lézards (Sinervo B *et al* Sciences 2010)
- Augmentation de l'implantation de certaines espèces (plantes et invertébrés) dans les régions froides
- Importance de ces modifications sur les écosystèmes est encore difficile à appréhender (réactions en chaîne avec les espèces autochtones et les capacités diverses d'adaptation lors de ces nouvelles co-habitations)

Prédation

- Les chasses et pêches massives sans préservation des espèces conduit à la disparition d'espèces et à un appauvrissement progressif et quelquefois irréversible des ressources (protection indispensable ex thon rouge…léopard…)
- Le braconnage et trafic d'animaux ou de plantes (vente de fourrures, ivoire, drogues à partir d'animaux, coupe sauvage de bois.)

Catastrophes naturelles ou provoquées

- Incendies, recolonisation à partir des régions limitrophes, luxuriance de certaines zones après incendies
- Marées noires, destruction par asphyxie ou par action toxique des espèces puis les hydrocarbures sont dégradés par des microorganismes et recolonisation progressive

Catastrophes naturelles ou provoquées

- Explosion nucléaire: ex Tchernobyl altération de certains organismes mais résistance d'autres ex bouleau plus résistant que le pin réaction de défense par hyperméthylation de l'ADN? (observation nécessaire sur de nombreuses générations)
- Rejet de métaux toxiques transformation par des microorganismes mais risque de concentration dans la chaîne alimentaire
- Accumulation de Ni par certaines
- plantes en Nvelle Calédonie

Biodiversité et plasticité du génome

- Adaptabilité plus importante: gage de survie
- Implication possible dans les sauts évolutifs et apparition de nouvelles formes de vie

Plasticité génomique

Eléments mobiles dans le génome: vestiges de virus → éléments transposables

Mutation ponctuelle

Augmentation de copies de gènes

Régulation des gènes

Réponse modulée par les conditions environnementales

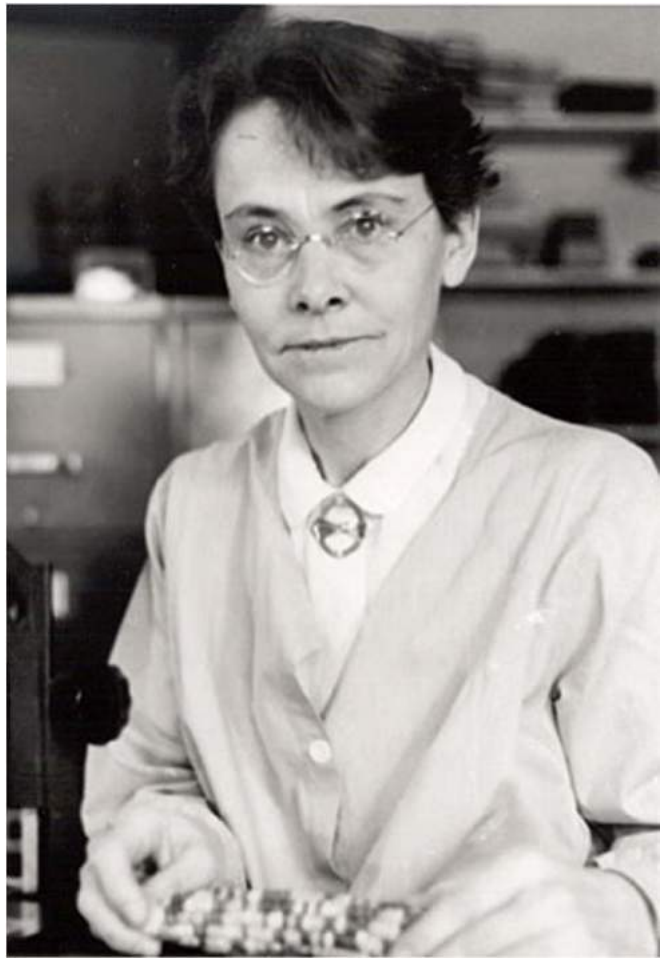
Elément génétique transposable

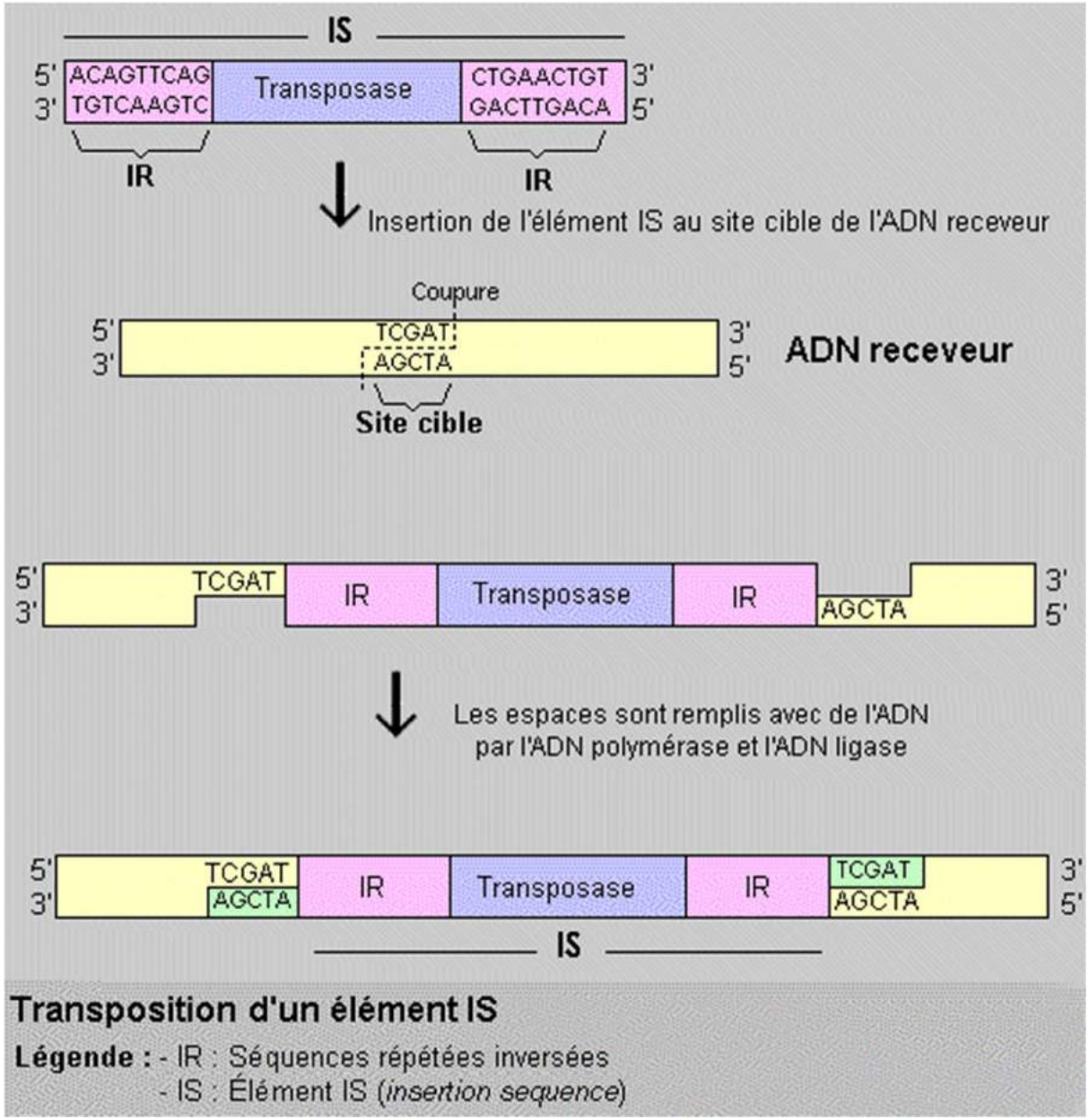
Découverte de **Barbara McClintock** (1950) prix Nobel en 1983

Duplication possible ou changement de place dans le génome selon le mécanisme de transposition: type I ou II et élément de très petite taille mécanisme de transposition non connu

Existe dans toute cellule mais % ↗ chez les végétaux

Importance pour les transmissions de résistance aux antibiotiques et expression de virulence





Transposition d'un élément IS

Légende : - IR : Séquences répétées inversées
- IS : Élément IS (*insertion sequence*)

Exemple d'intégration d'un élément transposable

Mutations

- ADN stable peu de modifications, taux d'erreur 10^{-9} (1 nucléotide sur un milliard), plus d'erreurs avec l'ARN (10^{-5}) et avec les protéines (10^{-4})
- Comparaison de séquences de divers hommes pas le même nombre de copies, mutations ponctuelles
- Mutation: soit aucun effet décelable, soit effet néfaste ++, soit effet positif avec avantage sélectif.

Exemple

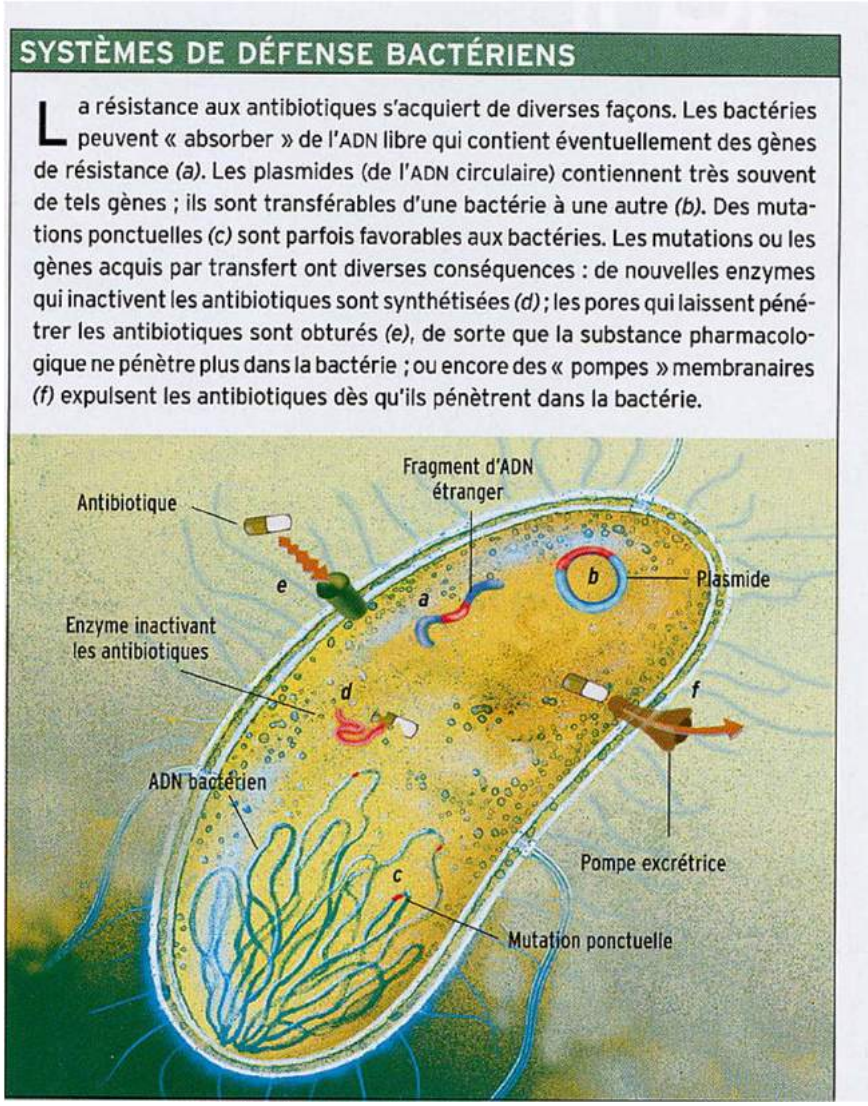
- Sélection de certains caractères
- Labrador de couleur fauve mutation au niveau de récepteurs de cellules pigmentaires
- Lévrier mutation inactivant un signal suppresseur de croissance musculaire
- Avantage sélectif couleur de peau claire (homme) dans les zones peu ensoleillées association avec une augmentation de synthèse de vit D

Modifications du nombre de copies des gènes

- Selon les besoins, possibilité d'augmenter le nombre de copies d'un gène donc aussi des protéines correspondantes
- Ex sécrétion d'enzyme spécifique dans les populations qui ont une alimentation lactée (Europe), moins de copies et impossibilité de digérer le lait chez les adultes dans certaines populations (Chine)
- Ex résistance aux antibiotiques chez les bactéries, aux anticancéreux en augmentant les copies de structures de rejet des molécules toxiques pour la cellule

Ex Mécanismes de résistance aux antibiotiques

- Pression de sélection
  - mutation ponctuelle
  - transfert de gènes (plasmide, élément transposable, augmentation de copies de gènes plus de pompes pour rejeter l'ATB)
- Echanges verticaux (descendance) et horizontaux (entre espèces et inter espèces)



Epigénétique

Sommes nous nos gènes?

Interaction permanente entre inné et acquis

- Modulation en fonction des contraintes de vie et notre environnement
- Le séquençage de l'ADN humain ne permet pas de révéler la nature humaine (moins de gènes que le riz)
- Les maladies graves (cancers, maladies cardiovasculaires sont très fortement liées à l'environnement)
- Sélection par les protéines des activités des gènes (la même information existe dans les ongles et le cerveau mais les activités des cellules seront modulées par des protéines) transformation et adaptation à la fonction

Si les cellules de la peau sont forcées à utiliser 4 de leurs gènes normalement pas accessibles, elles donneront alors des cellules embryonnaires et selon l'environnement elles seront orientées en cellules spécialisées

Une partie de l'ADN non codant peut moduler la fabrication de protéines par de gènes codants (Rassoulzadegan *et al* 2006)

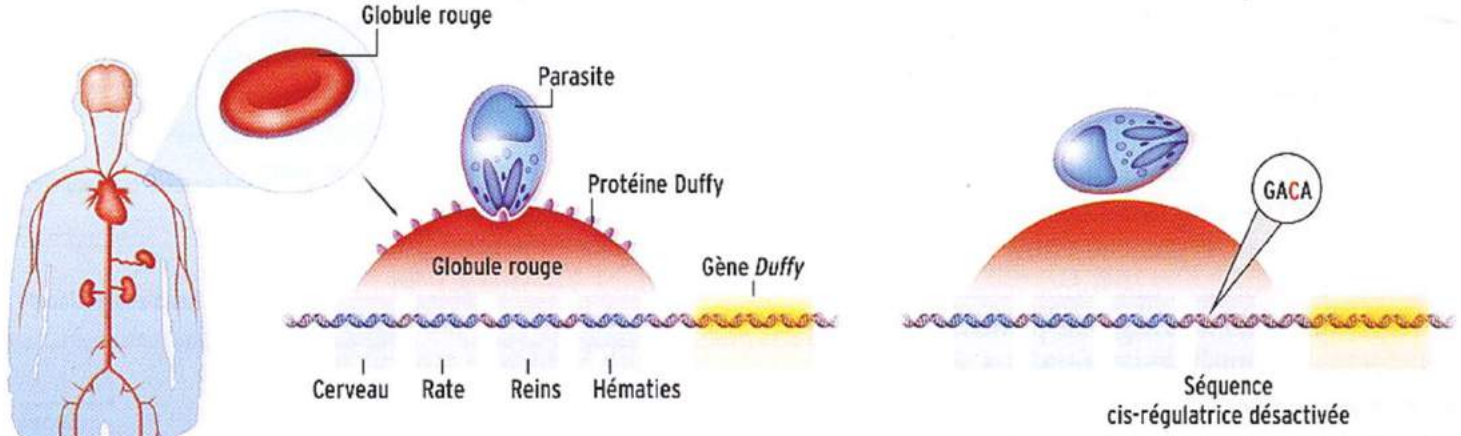
Orientation du devenir des œufs d'abeilles en fonction de la nourriture et les phéromones soit abeilles stériles soit reine

Sélection du sexe par la T° chez les crocodiles

Co évolution et pression de sélection

LA DIVERSITÉ HUMAINE

Le génome humain, tout comme celui des drosophiles et des poissons, présente des signatures de l'évolution des séquences cis-régulatrices. Une illustration en est fournie par la perte sélective de l'expression du gène *Duffy* dans les hématies des populations d'Afrique subsaharienne, exposées de façon endémique à des parasites vecteurs du paludisme.



PRODUCTION NORMALE DE DUFFY
La protéine Duffy, normalement à la surface des globules rouges humains, est également produite dans le cerveau, la rate, le foie et les reins. L'expression du gène correspondant dans chacun de ces organes et tissus est contrôlée par une séquence cis-régulatrice distincte. Dans les hématies, la protéine constitue une partie du récepteur utilisé par le parasite *Plasmodium vivax* pour infecter les cellules.

UNE MUTATION DE DUFFY QUI PROTÈGE DU PALUDISME
Presque aucun des habitants de l'Afrique subsaharienne n'a de protéine Duffy dans ses hématies. Cette population est ainsi en grande partie protégée contre le parasite. Chez ces individus, la séquence cis-régulatrice des hématies du gène *Duffy* est rendue inactive par une mutation qui modifie une seule base nucléotidique (une cytosine à la place d'une adénine), mais qui laisse intacts les autres commutateurs.

Tami Tolpa

Population homozygote de race noire: sélection de caractère ne permettant pas la fixation puis la pénétration dans l'<u>hématie</u> de *Plasmodium vivax.*

La protéine Duffy est cependant exprimée à la surface d'autres cellules

Conclusion

- Evolution dynamique et complexe, interaction avec le milieu qui exerce une pression de sélection, les conséquences des modifications sont imprévisibles car la vie a perdurée.
- La diversité augmente les possibilités de survie, les virus, bactéries et parasites contribuent à l'évolution en augmentant les capacités adaptatives et en façonnant les écosystèmes.
- Nécessité de protéger la biodiversité et ne pas épuiser les ressources pour les générations futures (Conférence sur la biodiversité à Nagoya Japon 2010 décisions ratifiées par 193 pays dont la France avec protection des ressources, identification et contrôle de la prolifération des espèces invasives…)

Mentions légales

L'ensemble de ce document relève des législations française et internationale sur le droit d'auteur et la propriété intellectuelle. Tous les droits de reproduction de tout ou partie sont réservés pour les textes ainsi que pour l'ensemble des documents iconographiques, photographiques, vidéos et sonores.

Ce document est interdit à la vente ou à la location. Sa diffusion, duplication, mise à disposition du public (sous quelque forme ou support que ce soit), mise en réseau, partielles ou totales, sont strictement réservées à l'université Joseph Fourier de Grenoble.

L'utilisation de ce document est strictement réservée à l'usage privé des étudiants inscrits en 1ère année de Médecine ou de Pharmacie de l'Université Joseph Fourier de Grenoble, et non destinée à une utilisation collective, gratuite ou payante.

Ce document a été réalisé par la Cellule TICE de la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Grenoble
(Université Joseph Fourier – Grenoble 1)