

THEME D – Génétique et évolution

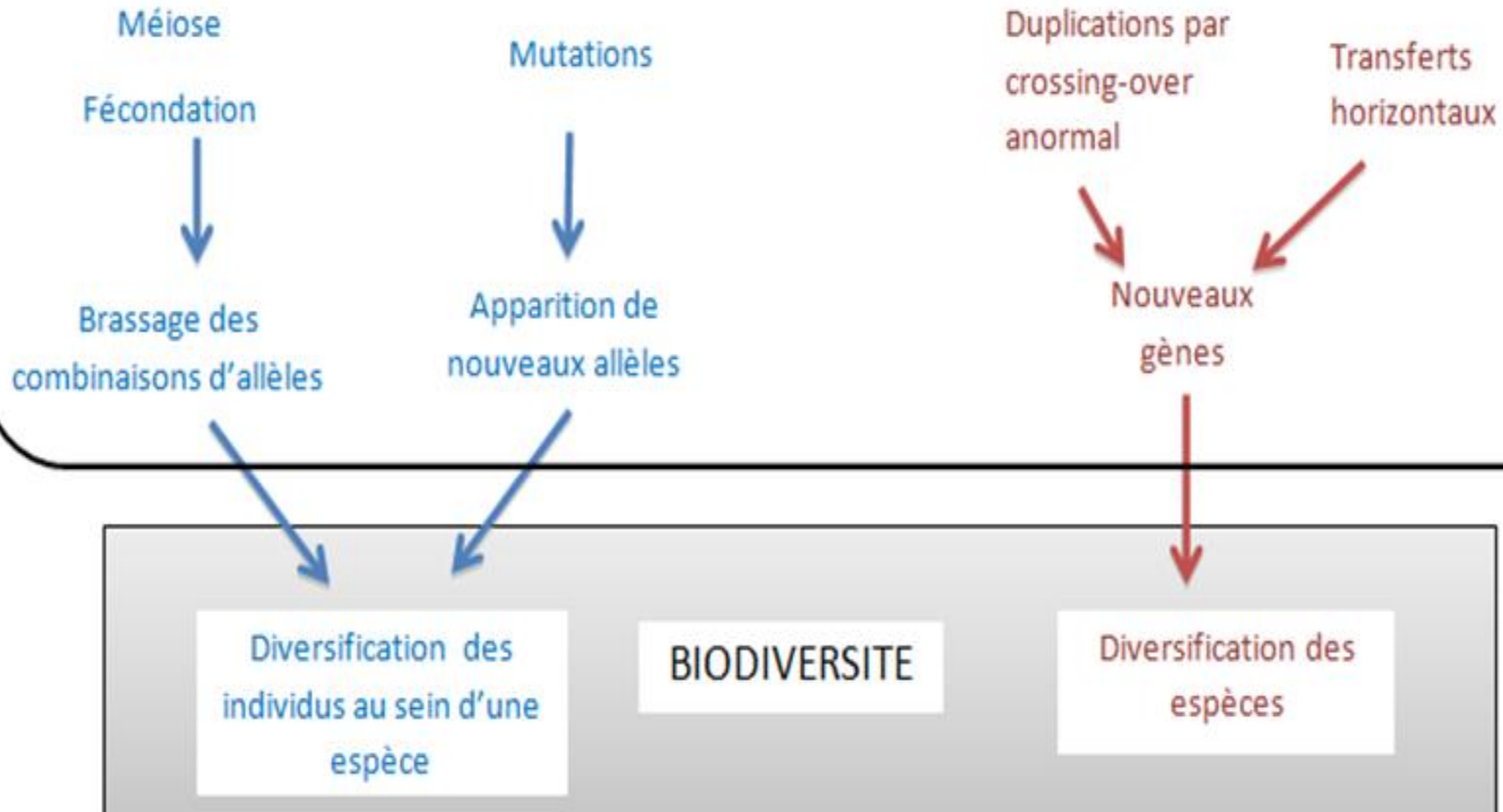


Chapitre D4- D'autres mécanismes contribuent à la diversité du vivant

Problématique : comment d'autres mécanisme non génétiques interviennent dans la diversification phénotypique des êtres vivants ?

RAPPELS

Avec modification du génome



Diversification des êtres vivants
sans modifications du génome

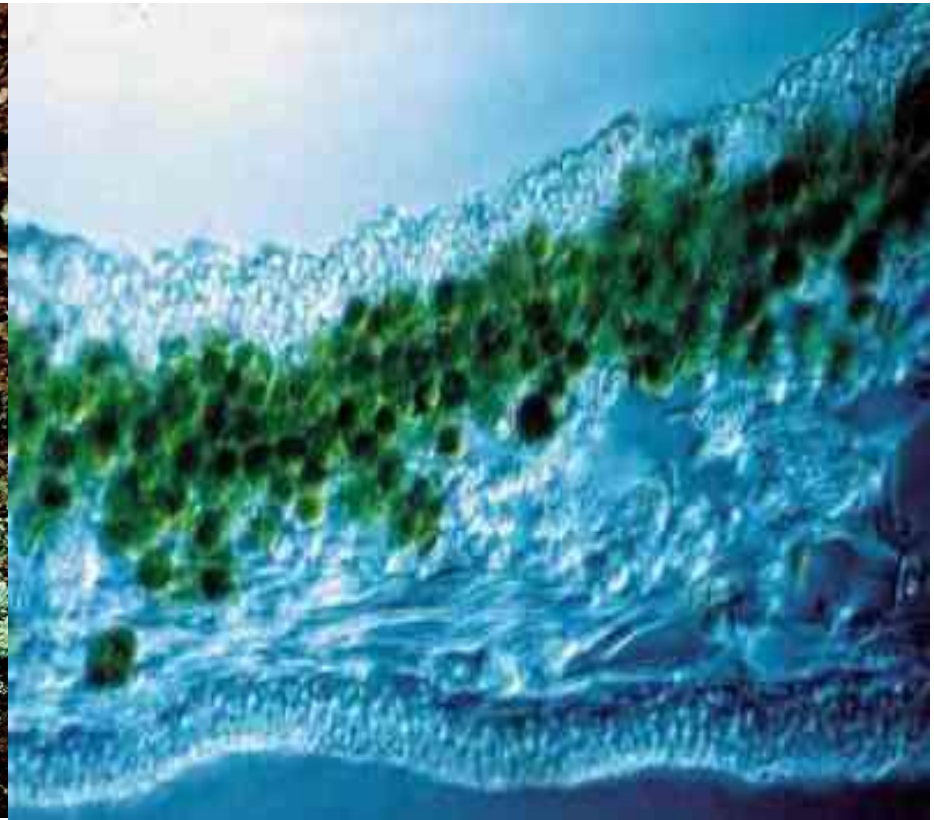
I) La diversification par association entre deux êtres vivants

1) Par association entre deux êtres vivants : la symbiose

La symbiose des lichens



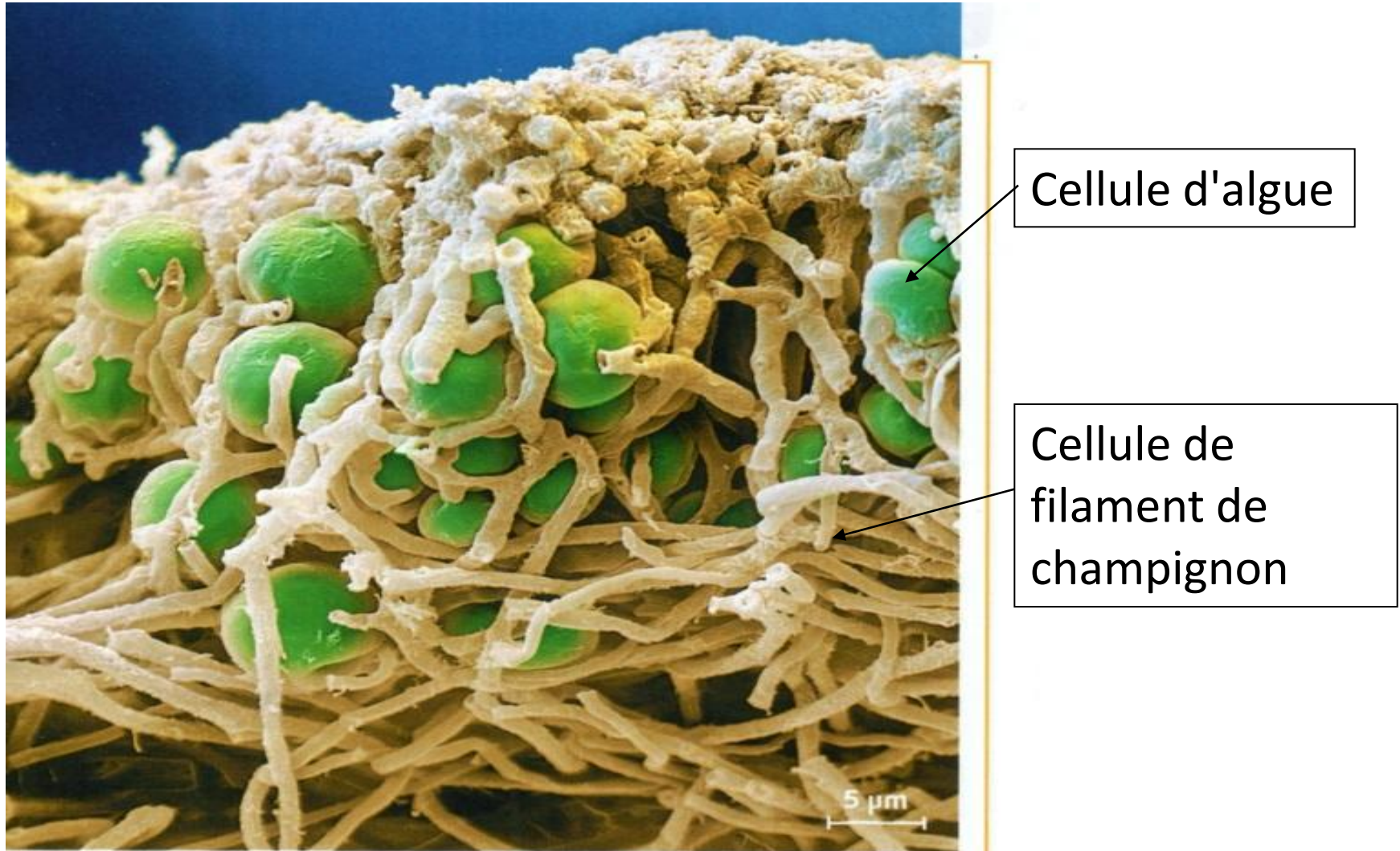
A l'œil nu vu de dessus



Au microscope x 100 en coupe transversale

1) La symbiose

La symbiose des lichens

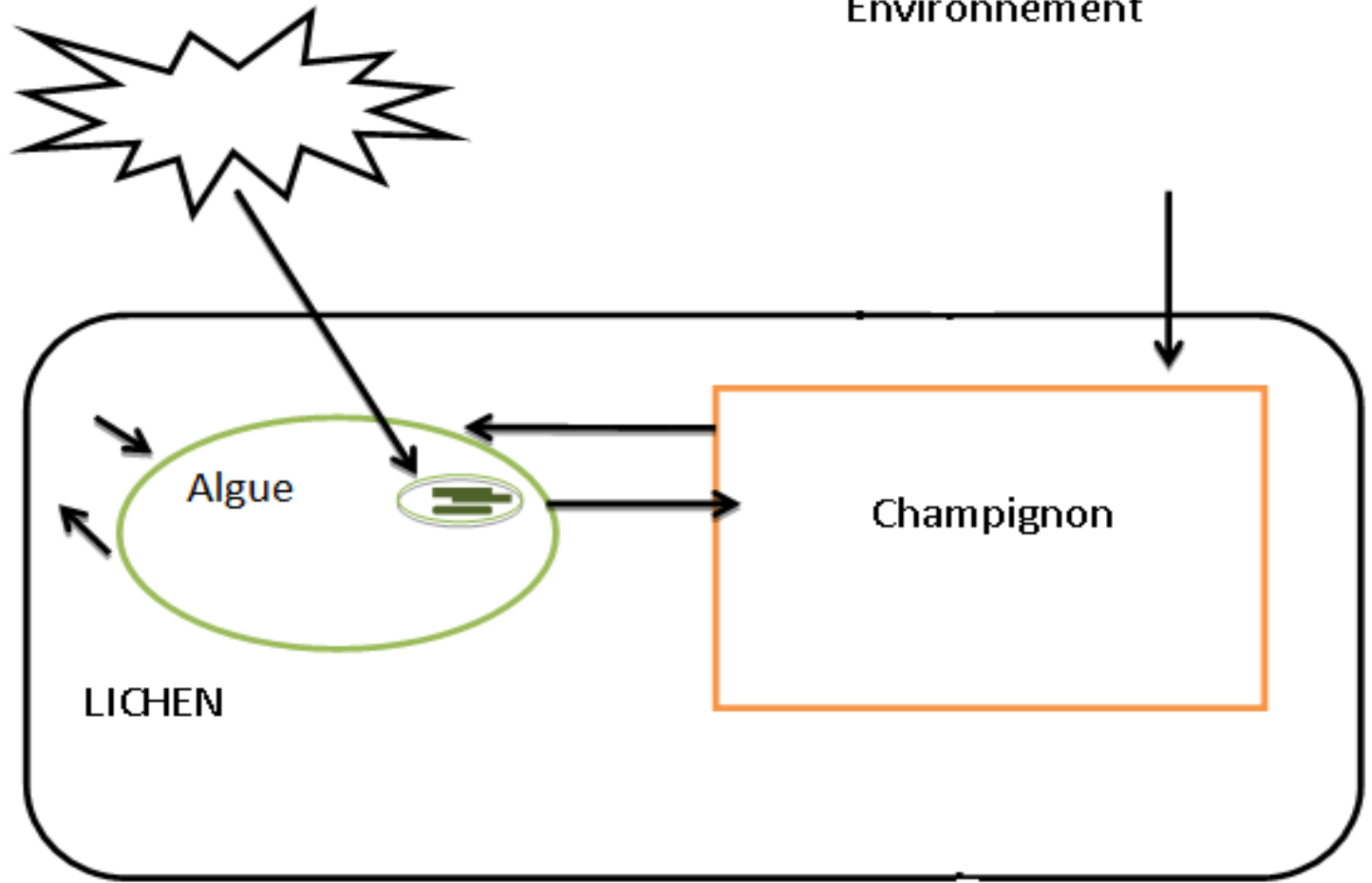


Coupe dans un lichen MEB x 1000

1) La symbiose

La symbiose des lichens

Environnement



LICHEN

Algue

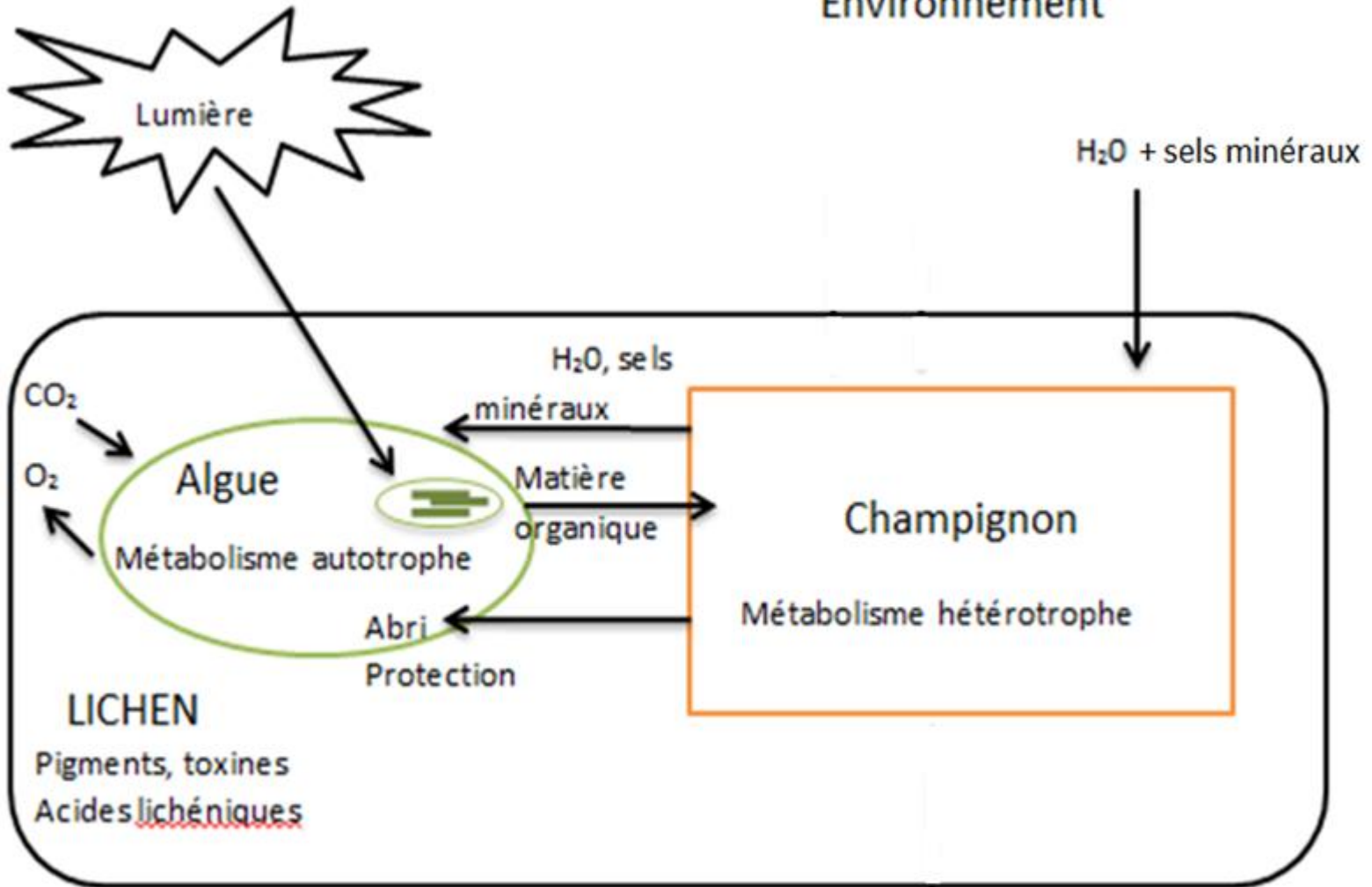
Champignon

Substrat

1) La symbiose

La symbiose des lichens

Environnement



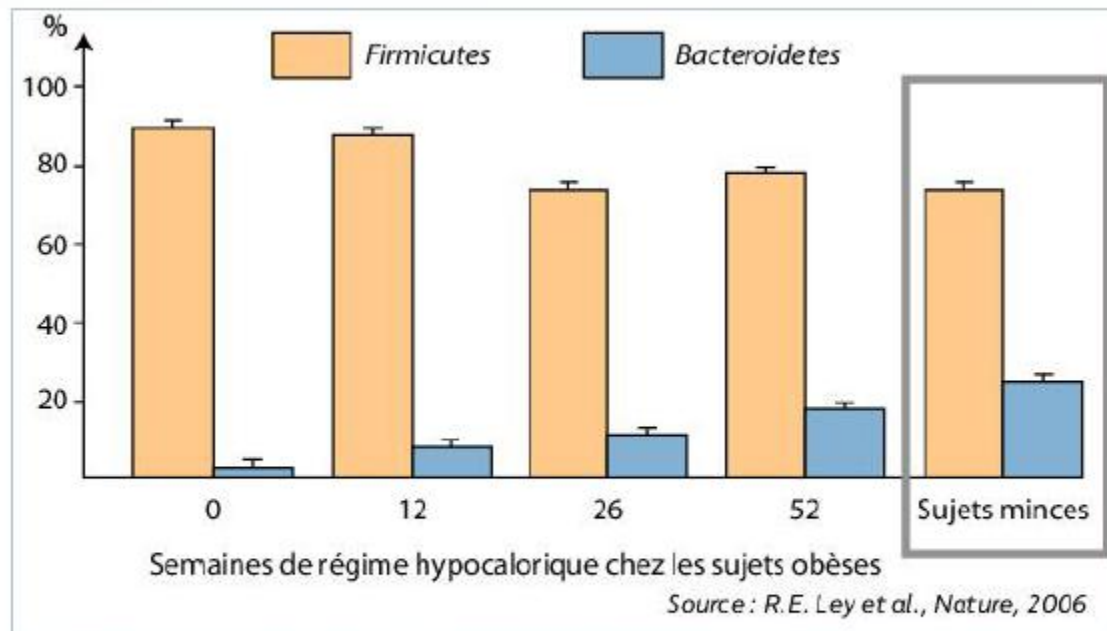
Substrat

1) La symbiose

La symbiose entre l'Homme et son microbiote p 49

3 Un phénotype modifié par une association non héréditaire avec un symbiote

Notre intestin contient des centaines de milliards de bactéries. L'ensemble de ces bactéries constituent le **microbiote** intestinal. L'intestin d'un individu contient entre un et trois kilogrammes de bactéries. Les *Bacteroidetes* et les *Firmicutes* sont deux grandes familles de bactéries. Elles constituent plus de 90 % de notre flore intestinale. La communauté des *Firmicutes* a une plus grande capacité à digérer les glucides complexes. On a constaté des différences entre les microbiotes de personnes obèses et de personnes minces. On cherche à préciser l'influence du microbiote sur l'obésité.



a Abondance relative des bactéries *Firmicutes* et *Bacteroidetes* chez des sujets minces et des sujets obèses suivant un régime hypocalorique

Des souris obèses sont soumises à un régime hypocalorique pendant 52 semaines. **La composition du microbiote se modifie avec une augmentation de la proportion de bactéries *Bacteroidetes*.**

La composition du microbiote pourrait avoir un impact sur la quantité de masse grasseuse des souris.

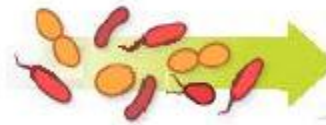
1) La symbiose

La symbiose entre l'Homme et son microbiote p 49

Du microbiote intestinal de chaque jumelle (obèse et mince) est transféré à une souris née sans microbiote intestinal. Les souris sont élevées en milieu stérile après naissance par césarienne et soumises ensuite à la même alimentation.



Personne obèse



Transfert de microbiote intestinal



Souris receveuse sans microbiote



Tissus gras sur-développé



Personne non obèse



Transfert de microbiote intestinal



Souris receveuse sans microbiote



Développement normal du tissu gras

Source : A. W. Walker et al., *Science* (2013)

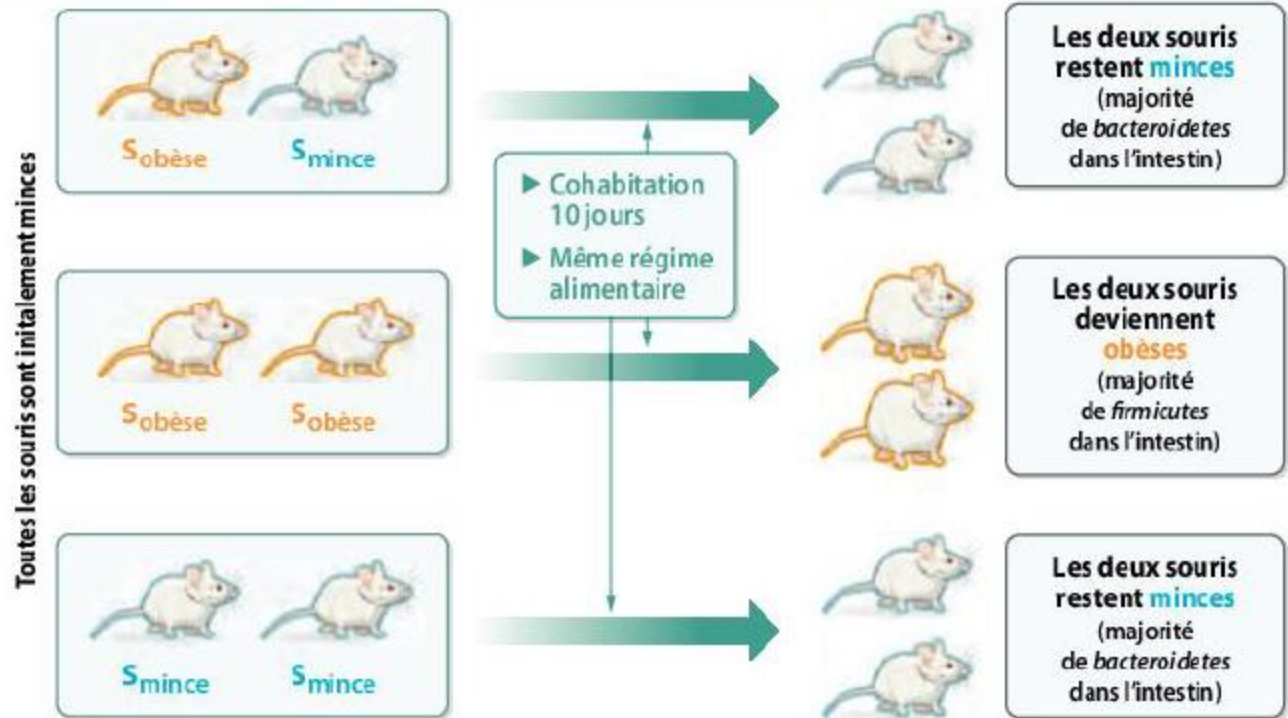
b Expériences de transfert du microbiote intestinal d'un couple de femmes jumelles, l'une obèse, l'autre mince

Elles reçoivent des microbiotes de composition différente provenant de deux sœurs jumelles dont l'une est mince et l'autre obèse. Avec la même alimentation, la souris colonisée par le microbiote de la jumelle obèse, devient obèse.

1) La symbiose

La symbiose entre l'Homme et son microbiote p 49

Des souris initialement sans microbiote intestinal puis transplantées avec les bactéries intestinales de la jumelle obèse appelée $S_{obèse}$ ou de la jumelle mince appelée S_{mince} sont réunies, 5 jours après la transplantation, dans une même cage pendant 10 jours. Les souris sont coprophages et mangent leurs crottes. En groupe, elles mangent aussi les crottes des congénères.



Source : A. W. Walker et al., Science (2013)

Expérience de cohabitation des deux souris dans une même cage

Les souris étant coprophages, elles peuvent se transmettre leur microbiote intestinal.

Le phénotype de la souris ne dépend pas ici de son génotype mais de la composition du microbiote qu'elle héberge.

2) Le parasitisme

La parasitisme p 48

2 Un phénotype manipulé lors d'une association non héréditaire avec un parasite

Les fourmis arboricoles tropicales *Cephalotes atratus* se nourrissent de guano d'oiseaux dans lequel des vers parasites nématodes *Myrmeconema neotropicum* peuvent se trouver. L'absorption de ces vers transforme l'abdomen de la fourmi qui est rempli d'œufs du parasite : il devient rond et rouge. Les oiseaux sont attirés par ce qu'ils croient être un fruit, consomment les fourmis et les vers parasites se

retrouvent dans l'intestin de l'oiseau où ils peuvent se reproduire. Des vers se retrouveront dans les fientes de l'oiseau et le cycle se reproduira !

La modification de la fourmi correspond en fait à l'expression des gènes du ver nématode et à leur effet sur le phénotype de la fourmi. La morphologie, la physiologie et le comportement de l'hôte « fourmi » sont modifiés sous l'effet du parasite « nématode ».



a Ouvrière *Cephalotes atratus* normale



b Ouvrière infectée

Un parasite qui peut transformer le phénotype de son hôte afin d'assurer son propre cycle de développement.

II) La diversification par acquisition de comportements

1) Par utilisation de composants du milieu

1 Le phénotype étendu des oiseaux jardiniers satinés d'Australie

Le jardinier satiné d'Australie mâle (*Ptilonorhynchus violaceus*) passe une bonne partie de l'année à préparer une chambre nuptiale qui s'ouvre sur un « jardin » qu'il orne de plumes, de coquillages et même, dans les régions urbanisées, de capsules de bouteilles, de fragments de plastiques choisis prioritairement de couleur bleue. Une fois le nid préparé, il invite la femelle à y entrer, ce que cette dernière accepte ou pas selon l'aspect du jardin. Le phénotype de l'oiseau ne se limite donc pas ici à l'individu. L'élaboration du nid, sa richesse en ornements bleus constituent un prolongement de l'expression de ses gènes en dehors de son corps. R. Dawkins, en 1982, appelle ceci le **phénotype étendu**.



Un oiseau jardinier d'Australie et son jardin

Le nid correspond à un prolongement du phénotype de l'oiseau et il existe une diversité de nids en fonction de l'ornementation que le mâle réussit à créer. La femelle n'accepte de s'accoupler qu'en fonction de l'aspect élaboré du nid. Il s'agit d'un critère de sélection sexuelle.

L'expression des gènes de l'animal ne se limite pas à ses propres caractères mais va au-delà.

L'édification du nid constitue un prolongement de l'expression des gènes en dehors du corps de l'animal : on parle du « phénotype étendu ».

2) Par acquisition de comportements : transmission culturelle

Apprentissage du chant des oiseaux p 50

1 Apprentissage de chants originaux par des oiseaux sauvages

Les bruants des prés sont des oiseaux migrateurs qui retournent habituellement sur leur lieu de naissance pour se reproduire. Des chercheurs canadiens qui souhaitaient déterminer si les bruants peuvent apprendre un nouveau chant ont tiré parti de cette particularité : ils ont installé sur l'île de Kent, au Nouveau-Brunswick (Canada) des haut-parleurs diffusant une mélodie originale, jamais entendue auparavant sur l'île.

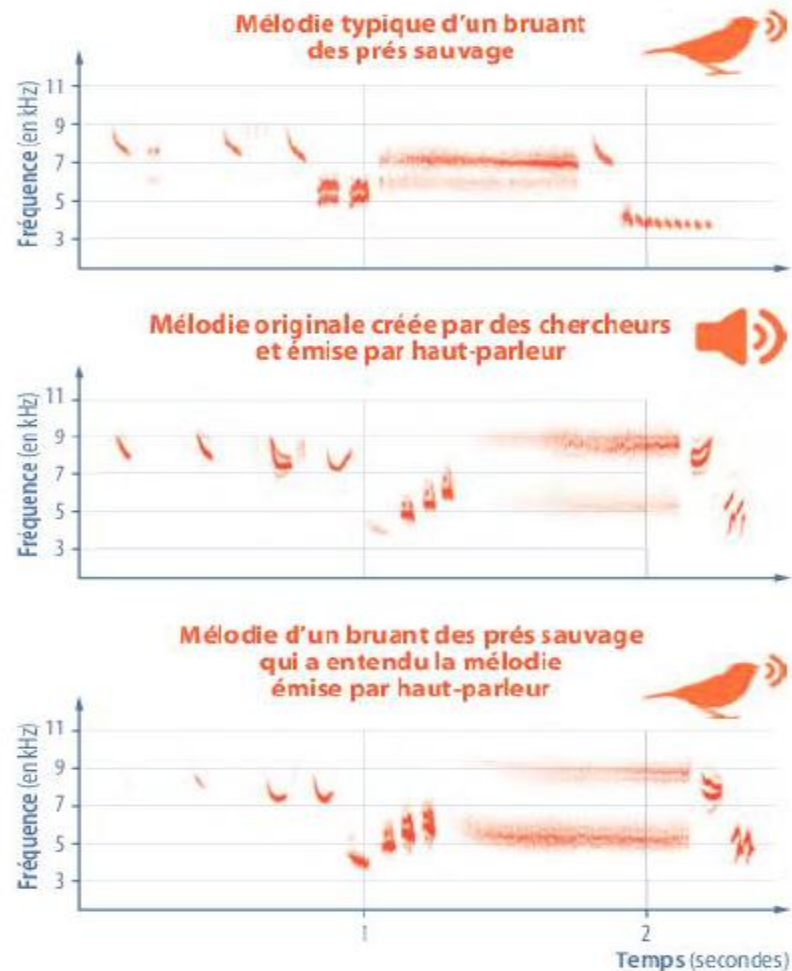
Le chant des oiseaux était enregistré à leur retour l'année suivante. Les expériences ont été menées de 2013 à 2018.

Un tiers des oisillons bagués et étudiés ont présenté le résultat ci-contre, les autres conservant un chant typique de l'espèce.



Comparaison des fréquences de la mélodie artificielle avec celle du chant des oiseaux

Source : Mennil et al. *Current Biology*, 2018

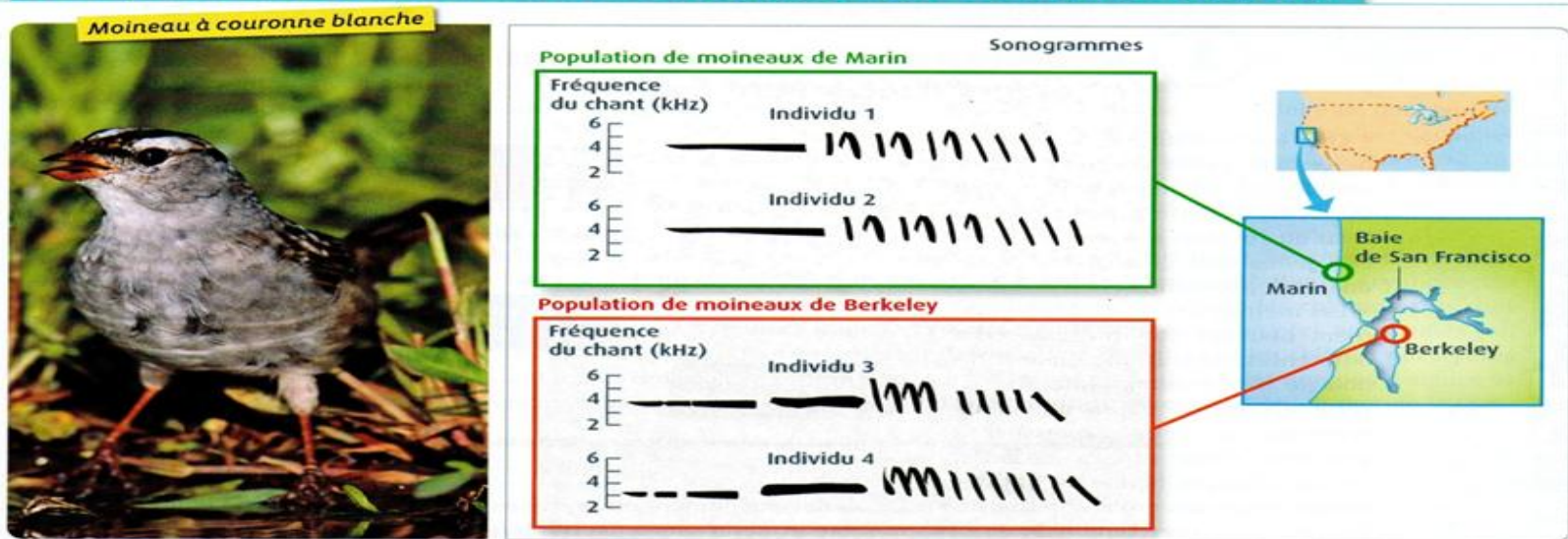


Un tiers des Bruants des prés a acquis un nouveau chant par apprentissage.

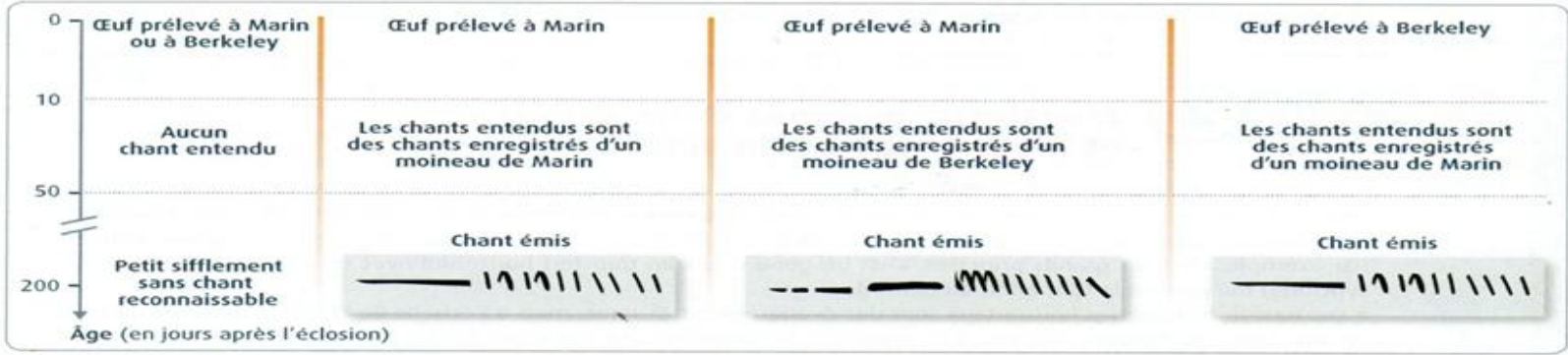
2) Par acquisition de comportements : transmission culturelle

Apprentissage du chant des oiseaux

L'acquisition du chant chez les moineaux à couronne blanche



Les dialectes des moineaux à couronne blanche. Autour de la baie de San Francisco, en Californie, vivent plusieurs populations de moineaux à couronne blanche. Le chant des oiseaux de deux de ces populations a été étudié. Les sonogrammes qui sont figurés représentent les variations de la fréquence des ondes sonores au cours du chant.



L'apprentissage du chant chez le moineau à couronne blanche. Des chercheurs ont prélevé des œufs de moineaux à couronne blanche soit dans la région de Marin, soit dans celle de Berkeley. Les oiseaux ont ensuite été élevés au laboratoire, sans contact avec d'autres individus de leur espèce. Entre 10 et 50 jours, les jeunes moineaux ont entendu des chants d'oiseaux enregistrés. Les chercheurs ont analysé le chant des moineaux une fois adultes.

Le jeune moineau est imprégné par le chant entendu lors de son apprentissage.

2) Par acquisition de comportements : transmission culturelle

Apprentissage par observation p 50

Au début du xx^e siècle, près de Southampton, en Angleterre, des bouteilles de lait sont livrées tous les matins sur le pas de la porte. Ces bouteilles n'étant pas fermées, des oiseaux comme les mésanges ou les rouges-gorges prennent l'habitude de picorer la crème de lait qui s'accumule en surface. En 1921, l'industrie laitière bouche ses bouteilles de lait avec un opercule rigide en aluminium. En quelques années, les mésanges d'Angleterre apprennent à percer à coups de bec cet opercule. En revanche, seuls quelques rouges-gorges viennent à bout de cet opercule. [...] Dès 1949, l'ouverture des opercules par les mésanges est observée dans des centaines de villes en Angleterre, en Irlande et au Pays de Galle. En revanche la découverte ne se répand pas chez les rouges-gorges. [...] Les mésanges vivent en bandes, elles sont très mobiles, les rouges-gorges sont solitaires et territoriaux.

Source : *L'intelligence animale*, Emmanuele Pauydebat, Éditions Odile Jacob, 2017



Mésange picorant de la crème de lait

2 Une modification de comportement chez les mésanges

L'apprentissage de l'ouverture des opercules des bouteilles de lait par les Mésanges se répand en une vingtaine d'années au Royaume-Uni.

On peut émettre l'hypothèse d'un apprentissage par observation et transfert à l'intérieur d'un groupe.

2) Par acquisition de comportements : transmission culturelle

Apprentissage par observation



Un jeune chimpanzé observe sa mère attraper des termites à l'aide d'une baguette de bois. Les jeunes chimpanzés sont allaités et élevés par leur mère jusqu'à 4-5 ans, puis restent en famille jusque vers 10-11 ans. **Ils apprennent ainsi, par imitation, de nombreuses techniques.**



Bains chauds chez les macaques du Japon en hiver **par imitation des humains**

2) Par acquisition de comportements : transmission culturelle

Diversité culturelle p 51

3 La diversité culturelle des chimpanzés

Des **primatologues** ont décrit différentes sortes de comportements culturels chez des chimpanzés d'Afrique observés dans divers sites. Selon les endroits, certains comportements sont usuels ou alors absents.

Dans les zones où la densité humaine est plus forte, la diversité comportementale des chimpanzés est réduite de 88 %. Par exemple, ils arrêtent leur rituel de casser des noix dans un environnement où des chasseurs peuvent être présents.

1 Casser des noix : pour ouvrir les noix de coula, les chimpanzés utilisent des pierres comme marteaux et enclumes.

2 Le coussin de feuilles : quelques grandes feuilles semblent servir de protection aux chimpanzés qui s'assoient sur le sol humide.

3 L'éventail à mouches : pour se débarrasser des mouches, les chimpanzés utilisent les rameaux des feuilles en guise d'éventail.

4 L'inspection des plaies : lorsqu'ils sont blessés, les chimpanzés passent des feuilles qu'ils ont parfois mâchonnées sur leur plaie.

5 Danser sous la pluie : lorsqu'une forte averse commence, les mâles simulent une charge : ils traînent des branchages, martèlent le sol et poussent des cris.

6 La poignée de mains au-dessus de la tête : leurs deux mains jointes au-dessus de leur tête pendant qu'ils se toilettent mutuellement avec l'autre main.

7 Écraser les parasites avec le doigt : les chimpanzés placent les parasites enlevés à leur congénère sur leur avant-bras puis les écrasent avant de les manger.

8 Creuser à l'aide d'un pilon : les chimpanzés creusent des trous dans les arbres avec des tiges de palmiers qui jouent le rôle de pilon.

Source : Pour La Science (2001)

a Présence ou absence de certains rituels chez des chimpanzés de trois sites africains

2) Par acquisition de comportements : transmission culturelle

Diversité culturelle p 51

Comportement et outil associé	Population		
	Boussu (Guinée)	Taï (Côte-d'Ivoire)	Gombe (Ouganda)
Manger du miel récupéré avec une baguette	-	+	+
Utiliser une boule de feuilles comme une éponge	+	+	+
Récupérer la moelle des os avec une baguette	nd	+	-
Casser des noix à l'aide d'une pierre ou d'un bout de bois et d'une enclume	+	+	nd
Écraser à l'aide d'un pilon	+	-	-
Utiliser un bâton en forme de crochet pour attraper quelque chose	+	-	-
Attraper des termites avec une brindille	-	nd	+

+ le comportement est observé; - le comportement n'est pas observé; nd ressource non disponible

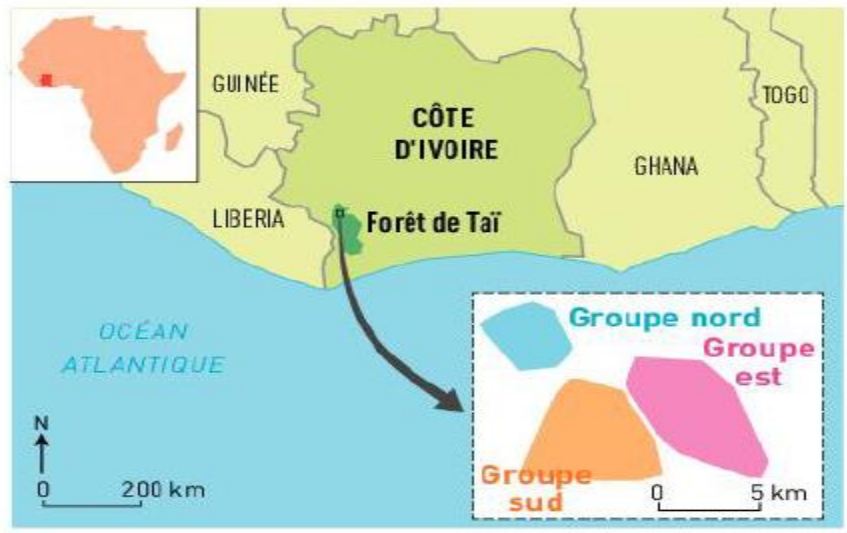
Les rituels présentés par ces trois populations ne sont pas les mêmes. Ainsi les singes de la forêt de Taï utilisent des objets de manière beaucoup plus diversifiée que les communautés de Boussou ou Kibale. Les trois populations sont géographiquement éloignées, il y a peu de probabilité de rencontres.

On peut supposer que les rituels sont apparus indépendamment dans chaque population et se sont répandus au sein de chaque population par apprentissage.

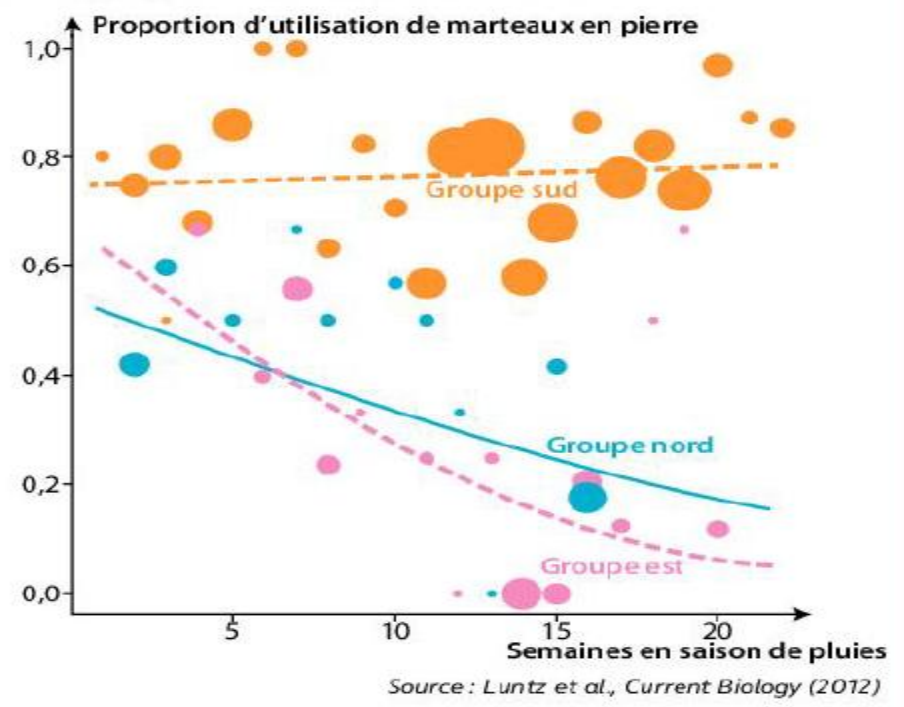
2) Par acquisition de comportements : transmission culturelle

Diversité culturelle p 51

Les chimpanzés consomment des noix de coula (noisetier d'Afrique). La maturation des fruits a lieu à la saison des pluies, de novembre à mars en Côte d'Ivoire. Au cours de la saison, les noix sont de moins en moins dures. Pour casser les noix de coula, les chimpanzés utilisent des marteaux de pierre ou des marteaux de bois et des racines d'arbres jouent le rôle d'enclume. Les types d'outils utilisés sont étudiés chez trois communautés de chimpanzés voisines au cours de la saison des pluies.



Variations dans la proportion de marteaux en pierre (par rapport aux marteaux en bois) utilisés par trois communautés de chimpanzés voisines



Les cercles représentent une semaine d'observation, la taille du cercle indique le nombre d'observations en une semaine.

b Méthodes pour casser les noix chez trois populations de chimpanzés voisines de la forêt de Taï (Côte d'Ivoire)

Ces communautés sont proches dans l'espace et ne sont certainement pas génétiquement différenciées car les rencontres sont possibles. Des différences culturelles chez les Chimpanzés peuvent donc être trouvées sur une très petite échelle spatiale et entre les communautés voisines.

2) Par acquisition de comportements : transmission culturelle

Diversité culturelle

D'après Cédric Sueur, primatologue, le comportement culturel n'a pas toujours d'explication écologique. Certains groupes ont appris une action et continuent à la faire tandis que d'autres groupes ne l'ont pas apprise et ne la pratiquent jamais.

On pourrait se demander pourquoi les individus du groupe du Sud n'ont pas acquis l'usage des marteaux de bois lorsque les noix de coula deviennent plus tendres au contact d'un chimpanzé provenant des groupes du Nord ou de l'Est. Des expérimentations complémentaires (non montrées ici) ont révélé qu'un chimpanzé solitaire, arrivant dans une communauté, copie la technique dominante qui prévaut dans le groupe qui l'accueille même s'il possède une alternative plus efficace.

Dans les zones où la densité humaine est plus forte, les chimpanzés arrêtent de casser les noix de coula afin de ne pas se faire repérer par les chasseurs. On assiste donc ici à une évolution du comportement lié à une pression environnementale.

Bilan :

