

Chapitre 2 : Diversification génétique et diversification des êtres vivants.

Le monde vivant est caractérisé par une immense diversité des êtres qui le composent. On observe non seulement une grande diversité entre les espèces mais également entre les individus appartenant à une même espèce. Les mécanismes de cette diversification individuelle sont variés. Nous avons déjà étudié le rôle des mutations et des duplications dans l'apparition de nouveaux gènes et donc dans une complexification du génome source d'évolution du vivant. Cependant il existe d'autres mécanismes pas forcément génétiques à l'origine également de la variabilité des espèces.

1. Une modification des phénotypes par modification du génome.

A. L'hybridation et la polyploïdisation : un apport complet de génome.

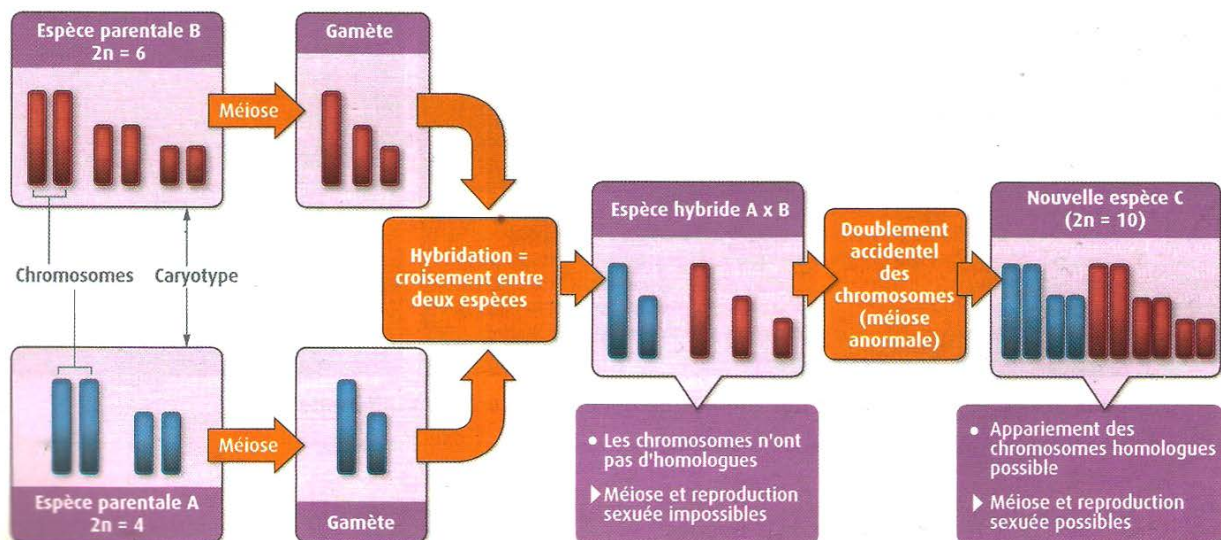
Exercice : des mécanismes de diversification du vivant : hybridation et polyploïdisation

Chez les plantes, les **hybridations** entre individus d'espèces différentes sont fréquentes. Les individus hybrides sont généralement stériles, en effet les chromosomes issus des deux parents ne peuvent s'apparier et la **méiose est donc impossible**.

Ces individus hybrides peuvent cependant se maintenir par la reproduction asexuée. (Multiplication végétative par mitose)

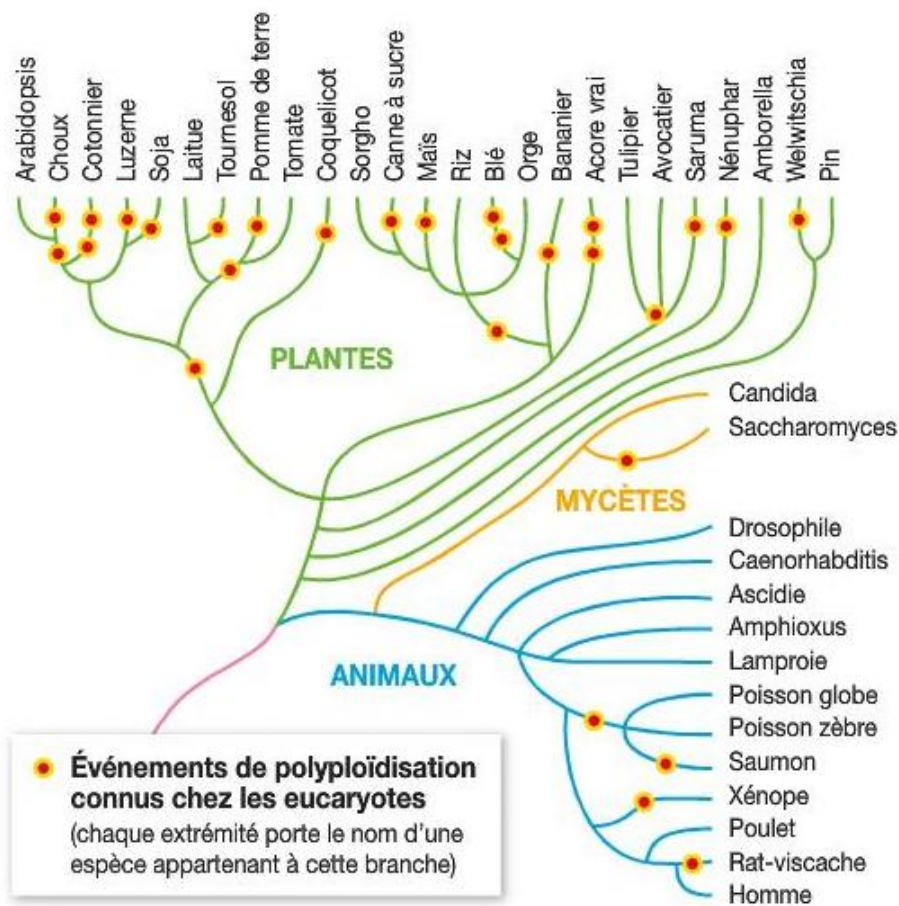
De façon accidentelle, chez quelques individus, une méiose anormale peut induire un doublement du nombre de chromosomes dans les cellules de la lignée germinale. Chaque chromosome peut alors s'apparier avec son homologue et la méiose redevient possible, avec un nombre de chromosome deux fois plus élevé.

On appelle ce phénomène **polyploïdisation**. Les individus polyploïdes sont fertiles. Ils appartiennent à une espèce végétale qui a hérité du génome des deux espèces parentes.



Ainsi, la combinaison de deux génomes complets existants provoque l'apparition de nouvelles espèces.

Pour information : on estime que **70% des espèces végétales** sont **polyploïdes**. C'est ainsi que la plupart des fruits vendus sont des organismes polyploïdes : ils sont bien plus gros que les parents sauvages dont ils sont issus. La Pomme de terre ou le Coton sont tétraploïdes ($4n$), le Blé et l'Avoine sont hexaploïdes ($6n$), la Canne à sucre et le Fraisier sont octoploïdes ($8n$). Le phénomène de polyploïdie est rare dans le **règne animal**. Des animaux polyploïdes sont cependant utilisés dans l'industrie alimentaire car ils sont plus gros (poissons, huître). Le Rat-viscache (*Tympanoctomys barrerae*) vivant au Chili est le premier mammifère polyploïde découvert en 1999.



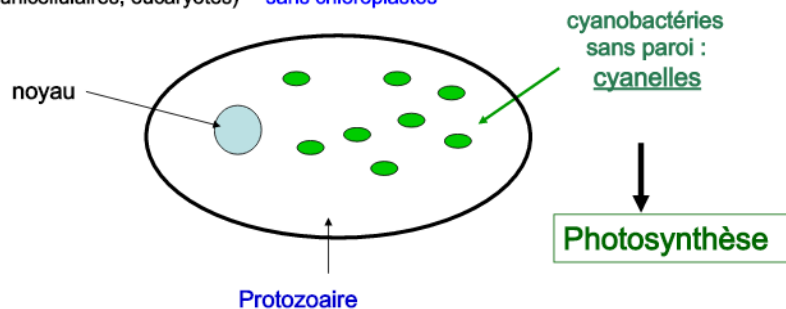
Autre exemple de mécanisme de diversification du vivant par apport complet de génome : l'endosymbiose

D'autres modes d'associations de génome ont eu lieu au cours de l'évolution. Ainsi, les chloroplastes des cellules végétales présentent de nombreuses similitudes avec des bactéries photosynthétiques (cyanobactéries).

Selon la théorie endosymbiotique, cette ressemblance s'explique par le fait que **les chloroplastes auraient pour origine des cyanobactéries qui vivaient en symbiose dans le cytoplasme de cellules eucaryotes ancestrales** (on parle d'endosymbiose).

Ces symbiotes cyanobactériens sont devenus par la suite des organites et les cellules qui les abritaient, devenant à leur tour photosynthétiques, sont à l'origine des différents groupes d'algues et de plantes terrestres.

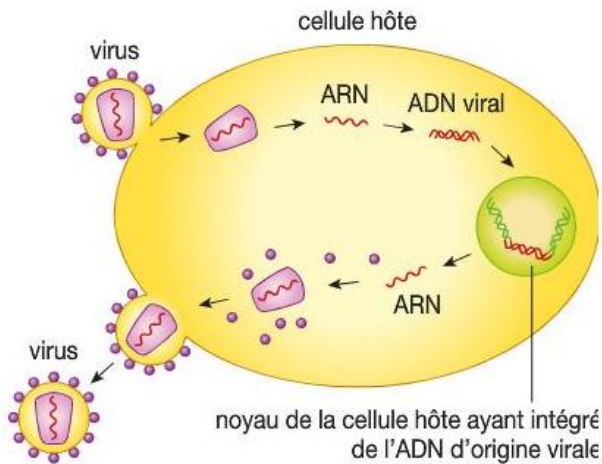
1. Certaines espèces de Cyanobactéries forment une symbiose avec des Protozoaires (unicellulaires, eucaryotes) sans chloroplastes



B. Les transferts horizontaux de gènes : un apport partiel de génome.

Exercice : des mécanismes de diversification du vivant syncytine du placenta

Exercice type bac : Sushi des japonais.



Le génome de nombreux organismes comporte des gènes qui ont hérités, au cours de l'évolution, à **l'occasion de transferts entre espèces très éloignées** (virus et animaux, bactéries et champignons, etc.). Ces transferts de gènes sont dits **horizontaux**, par opposition aux transferts de gènes dits **verticaux, liés à la reproduction sexuée**. Les transferts de gènes horizontaux sont des événements très **rare**s, mais à **l'échelle de l'histoire de la vie**, ils ont eu

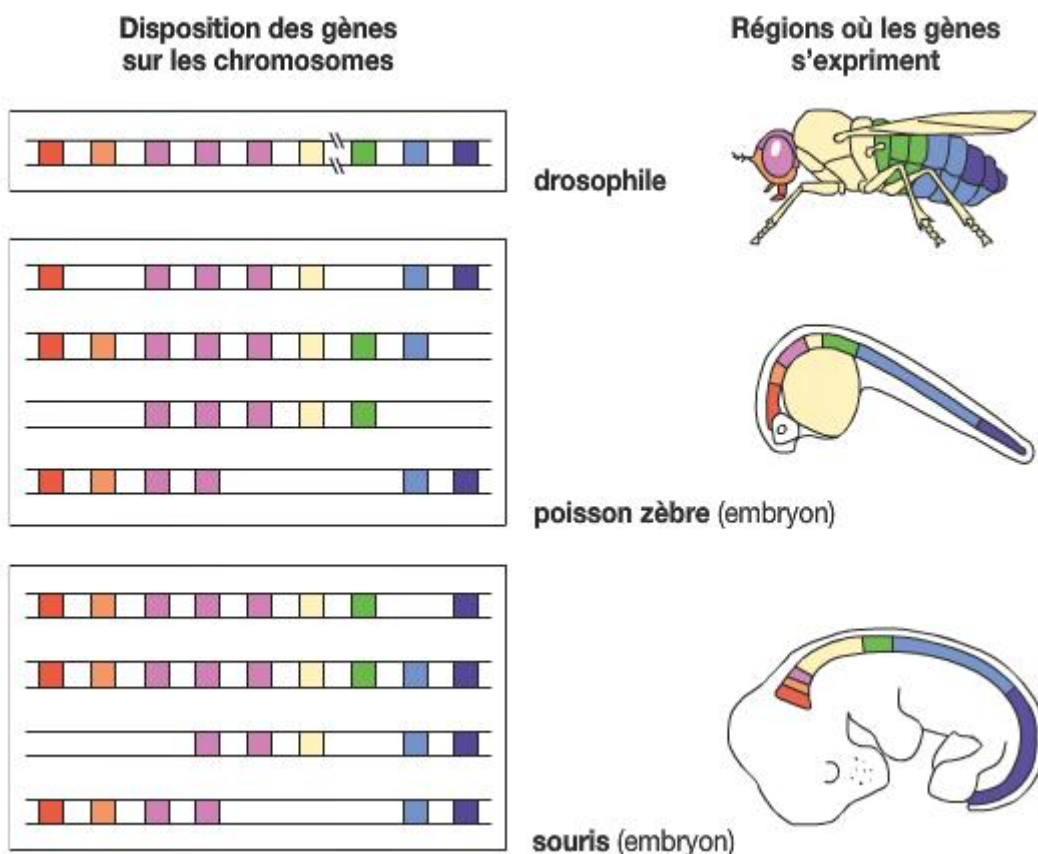
lieu à de **nombreuses reprises**. S'ils apportent un avantage aux individus qui les portent, les gènes nouveaux acquis par transfert horizontal sont favorisés par la sélection naturelle et peuvent **se répandre chez tous les individus** de l'espèce concernée, qui acquiert alors un nouveau caractère.

TP 4 :

- [1^{ère} partie : un exemple d'endosymbiose et de transfert de gènes](#)
- [2^{ème} partie : Etude des gènes homéotiques](#)

2. Une modification des phénotypes par modification des gènes de développement.

A. Le rôle des gènes de développement dans l'acquisition des plans d'organisation.

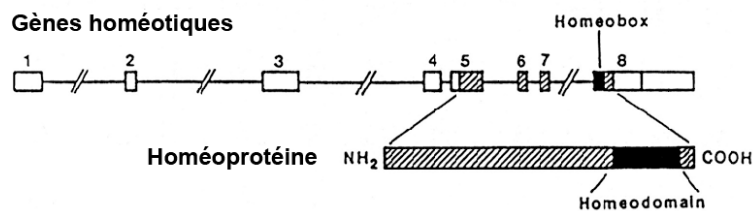


Chez les animaux, la construction d'un organisme à partir de la cellule œuf est commandée par l'expression des **gènes du développement ou gène homéotiques**. On parle aussi de gènes architectes.

Ces gènes se retrouvent chez tous les animaux et possèdent **des régions très similaires**, quelle que soit l'espèce considérée.

Ils possèdent les caractéristiques suivantes :

- ils sont disposés sur le chromosome dans l'ordre où sont disposées les régions du corps dont ils commandent le développement.
- Ils s'expriment au cours du développement embryonnaire dans une région précise de l'embryon.
- Ils codent pour **des facteurs de transcription**. Ces protéines modulent l'expression d'autres gènes nécessaires à la mise en place de caractères morphologiques fondamentaux.



Au sein de la séquence nucléotidique d'un gène, une courte séquence, l'**homéoboîte** (~ 180 nucléotides), extrêmement bien **conservée** chez les différentes espèces au

cours de l'évolution code pour une **protéine**, l'**homéodomaine** (~ 60 acides aminés) : celle-ci, est un facteur de transcription et a la capacité de se fixer sur les séquences régulatrices **d'autres gènes**, ce qui déclenche leur transcription, donc son expression.

*Par exemple : les comparaisons entre Drosophile, Souris et Homme montrent des séquences codantes pour les homéodomains qui présentent + de 85% de similitudes, ce qui prouvent leur **homologie** et valide une extraordinaire **conservation** de cette partie du génome au cours du temps.*

Les gènes *Hox* sont des gènes homéotiques qui déterminent l'identité de position des éléments morphologiques d'un organisme: chez la drosophile, ils commandent la formation des pattes, des antennes et des ailes selon les segments.

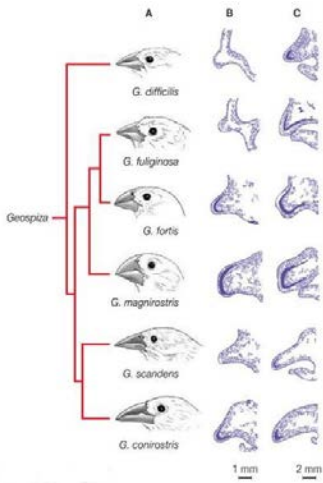
Pour mettre en évidence le rôle de ces gènes, on peut citer l'effet d'une mutation dans le complexe des gènes *Hox Antennapedia* : elle est à l'origine d'un phénotype « pattes à la place des antennes ».

Des expériences de transgénèse montrent que les fonctions sont également conservées : une drosophile transgénique qui exprime le gène *Hox B6* de la Souris dans la tête possède des pattes à la place des antennes, tout comme lorsqu'une mutation du gène *antennapedia* entraîne son expression dans la tête.

De même l'ajout du gène *HoxB1* de Poulet dans une drosophile possédant une mutation du gène *labial*, à l'origine de la formation d'une tête réduite, restaure un phénotype normal.

Ainsi **des groupes très différents d'organismes possèdent les mêmes gènes homéotiques**, ce qui suggère que les **différences morphologiques ne viennent pas** directement de **différence entre les génomes**.

B. La modification de l'expression des gènes homéotiques : une source de diversité.



Document : Etude du bec des Pinsons

Les mêmes gènes de développement peuvent être présents chez différentes espèces, mais leur **chronologie d'expression**, **l'intensité de cette expression** ou la **région de l'embryon** où cette expression a lieu varie d'une espèce à l'autre. Ces variations se traduisent par des modifications des organes formés à l'issue du développement embryonnaire. Par exemple, chez les pinsons des Galapagos, **l'intensité de l'expression du gène homéotique Bmp4 dans l'embryon détermine la taille du bec.**

3. Une diversification du vivant sans modification de génomes.

A. Une association à bénéfice réciproque : la symbiose.

TP 5 les symbioses



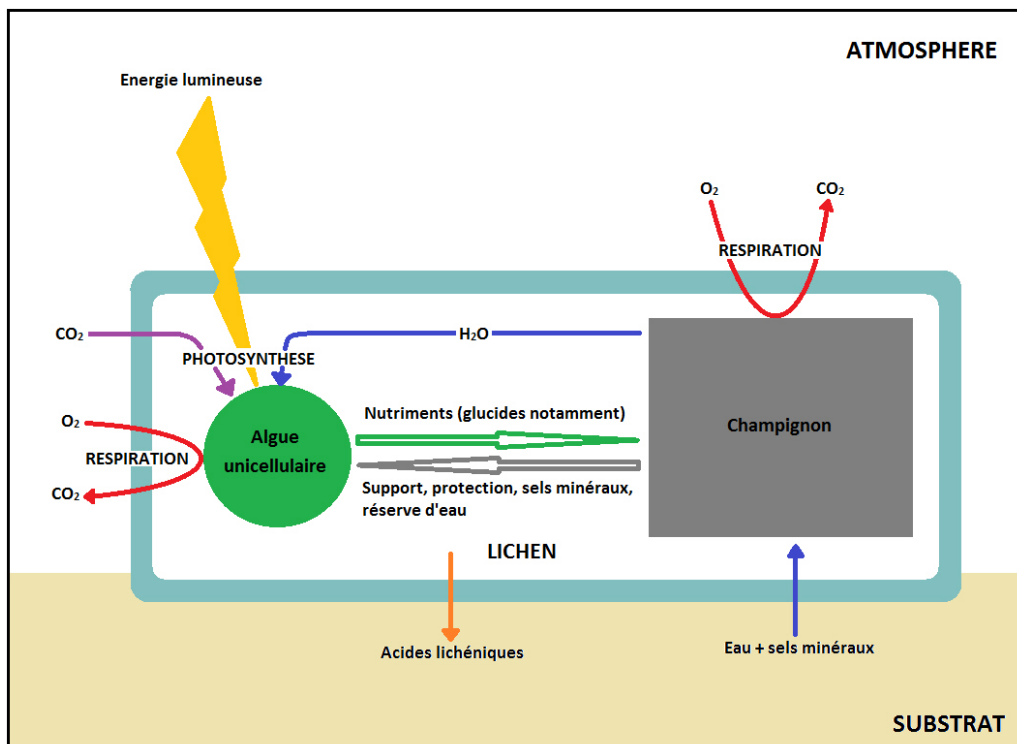
Des individus appartenant à des espèces différentes peuvent vivre en association étroite. On appelle symbiose ces associations qui bénéficient aux deux partenaires en interaction. Elles doivent le plus souvent être renouvelées à chaque génération.

Les **Lichens** vivent le plus souvent sur des supports pauvres en nutriments comme les roches ou les écorces d'arbres. Ils sont constitués par



l'association d'un champignon et d'une algue unicellulaire. Le champignon capte les eaux de pluie et des minéraux, l'algue fournit au champignon les molécules organiques produites par photosynthèse.

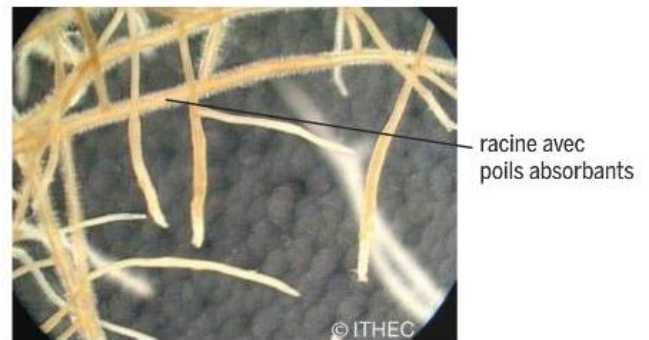
Schéma correction TP 5





Les **mycorhizes** sont ainsi des symbioses, plutôt fréquentes (90% des plantes) entre un **champignon et les racines** d'une plante. Le champignon grâce à son réseau de filaments, explore le sol, transfère des éléments minéraux à la plante et reçoit de cette dernière des glucides fabriquées par photosynthèse.

En additionnant leurs capacités, les partenaires d'une symbiose occupent souvent une place dans l'écosystème qu'aucun n'occuperait seul. Les symbioses peuvent être aussi à l'origine de **nouvelles fonctions**, comme l'assimilation de l'azote atmosphérique par les plantes légumineuses (Trèfle, Luzerne, Lentilles, Soja...) vivant en symbiose avec certaines **bactéries** (rhizobium). Les symbioses sont donc un puissant moteur de la diversification du vivant.



B. L'acquisition de comportements.

Exercice acquisition chant des Pinsons

Le chant du Pinson des arbres n'est pas inné ni propre à l'espèce, **il s'acquiert par un apprentissage** lors de son élevage parmi ses congénères. Il s'avère que ce chant varie selon la région de provenance du pinson, ce qui montre l'importance de ce comportement comme source de diversité. Ce chant joue un rôle essentiel dans l'installation d'un pinson dans un territoire, ce dernier étant chassé si son chant diffère trop de celui des pinsons de la région.



Cet apprentissage est répandu chez les Primates où l'utilisation d'outils dans le recherche de nourriture, les techniques de chasse ou de reconnaissance de plantes potentiellement nocives ou curatives résultent d'un apprentissage des jeunes. Cet élément trouve également son importance chez l'Homme où la culture diffère grandement selon les peuples. Un individu va ainsi acquérir une langue, une écriture et une maîtrise des outils qui sera très

différente selon la région dans laquelle il naît ainsi que selon ses besoins personnels et professionnels.

Ainsi chez les vertébrés, des comportements sont transmis de manière non génétique et sont aussi source de diversité.

Pour info :

- En 1999 : a été réalisé un inventaire des **us et coutumes des Chimpanzés** des sept sites de l'Afrique équatoriale (Guinée – Tanzanie – Ouganda). On a dénombré 39 traditions régionales de fabrication d'outils, d'épouillage, de technique d'alimentation et de parades sexuelles qui sont coutumières dans certaines communautés et inconnues dans d'autres, malgré un environnement forestier quasi semblable. Ainsi les mâles de tous les sites pratiquent-ils une danse rituelle pour célébrer les premières ondées de la saison des pluies à la fin de février. Sauf à Bossou en Guinée. À Gombé, en Tanzanie, les chimpanzés pêchent les termites à l'aide d'une sonde faite d'une brindille dépouillée de ses feuilles, alors que les mêmes termites sont simplement ramassés avec la main à Taï ou bien à Kibalé en Ouganda. "À l'image de l'homme, nous pouvons parler de traditions de la société Taï, de la société Gombé, ou encore de la société de Mahalé en bordure du lac Tanganyika"

Comportement et outil associé	Population de Chimpanzés		
	Boussou (Guinée)	Taï (Côte-d'Ivoire)	Gombé (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
Ecraser 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			

- **Le lavage des Pommes de terre et du Blé par les Macaques Japonnais.** Vers 1950, des chercheurs distribuaient des patates douces aux macaques sur la plage de l'îlot japonais de Koshima. Un jour, Imo, une petite femelle eut l'idée d'aller laver sa patate dans l'eau. Dans les mois qui suivirent, plusieurs de ses compagnons firent de même. Quelques années plus tard, presque tous les membres du groupe étaient capables de laver leurs aliments. Seuls ceux qui avaient plus de dix ans lors de la découverte n'ont jamais appris, probablement parce qu'ils ne regardaient pas beaucoup les plus jeunes. Par la suite, la tradition s'est transmise de la mère aux petits : les petits apprennent en suivant leur mère dans l'eau et en ramassant les morceaux qu'elle fait tomber. D'autres traditions sont apparues chez les macaques japonais. A Koshima, les macaques ont appris à lancer des poignées de blé dans la mer pour séparer les grains du sable.