

Chapitre 2 :

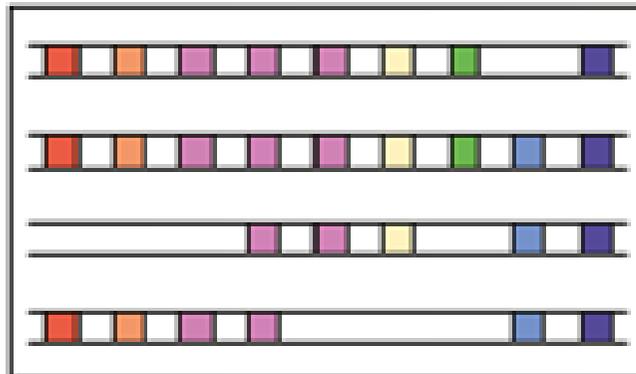
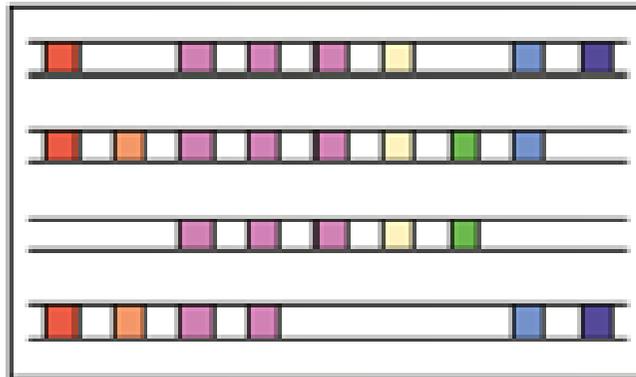
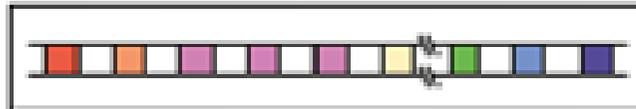
Mécanismes de diversification du vivant

- I. Mécanismes génétiques de diversification du vivant ayant lieu au cours de la reproduction sexuée
- II. Modifications dans l'expression de gènes et diversification du vivant
 - A. Les gènes de développement
 - B. Des modifications de la zone d'expression des gènes de développement
 - C. Des modifications dans l'intensité, la durée ou la chronologie d'expression des gènes de développement
- III. Modification des génomes et diversification du vivant
- IV. Des processus de diversification du vivant non génétiques

Des gènes de développement

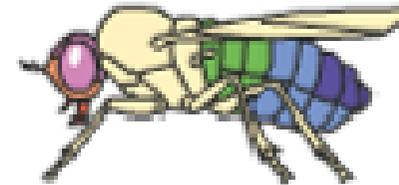
Organisation des complexes de gènes homéotiques et leurs domaines d'expression chez trois animaux

Disposition des gènes sur les chromosomes

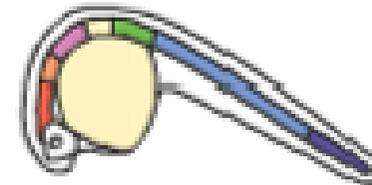


Régions où les gènes s'expriment

drosophile



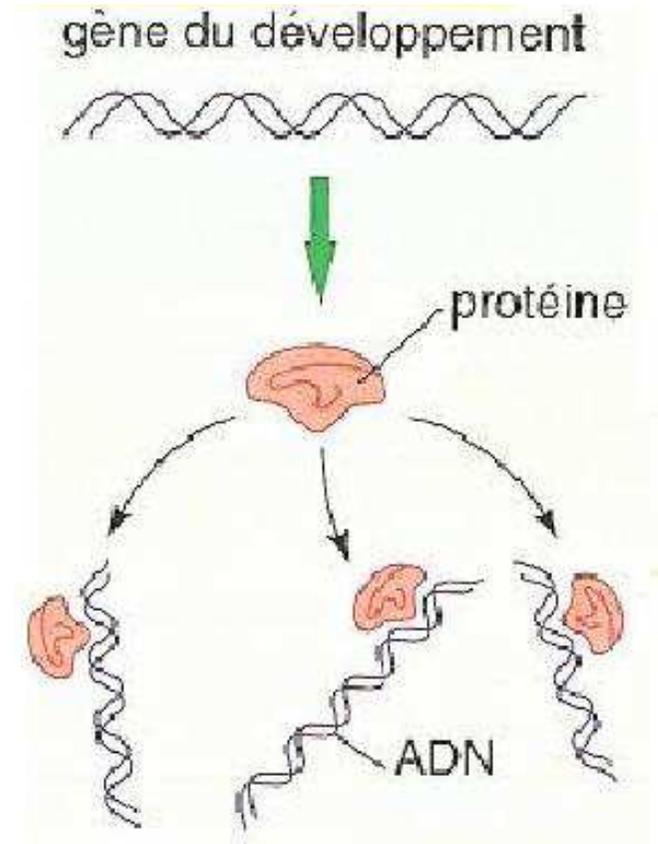
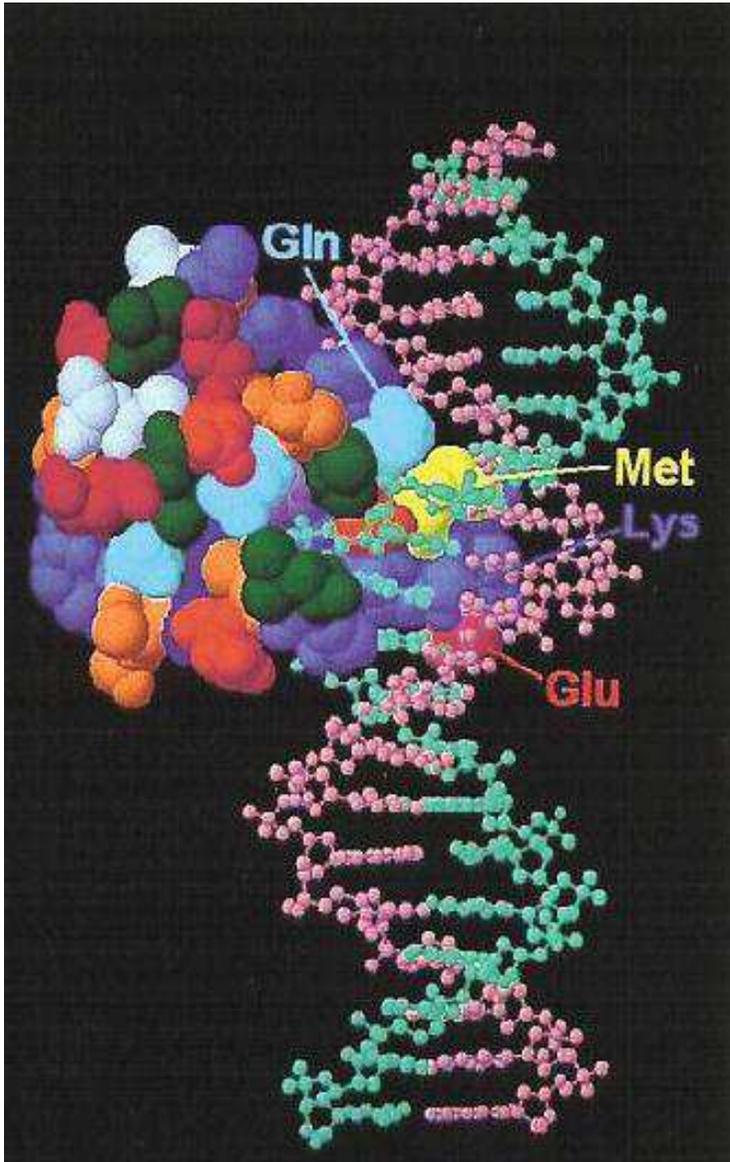
poisson zèbre (embryon)



souris (embryon)

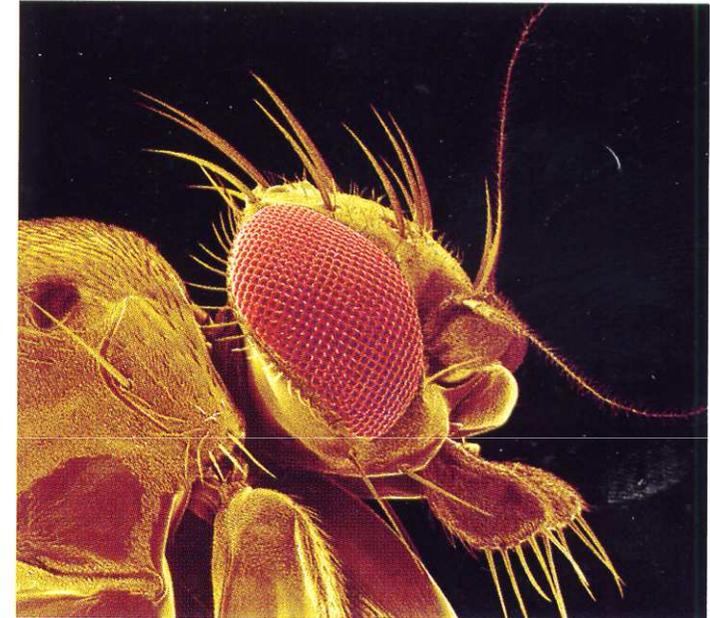
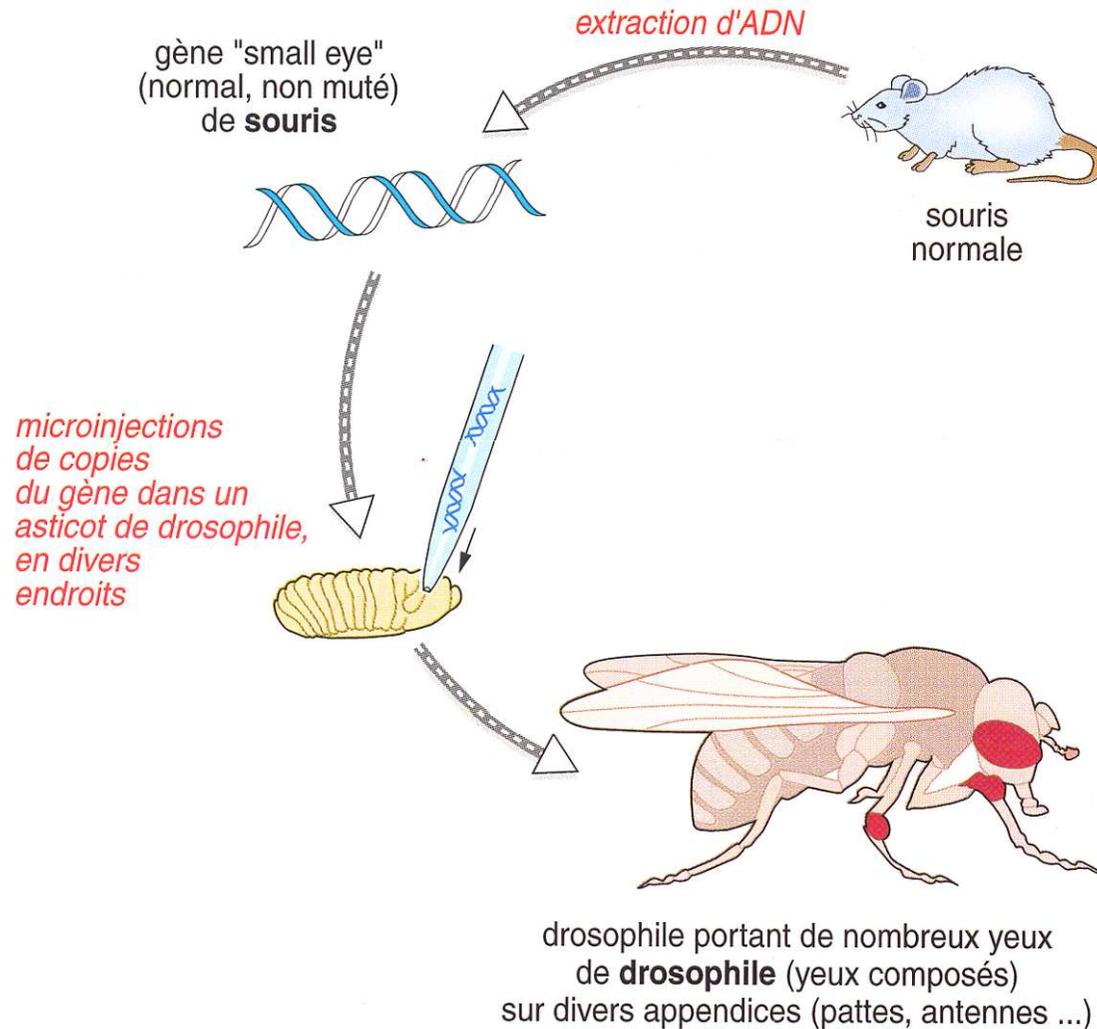


Des gènes de développement



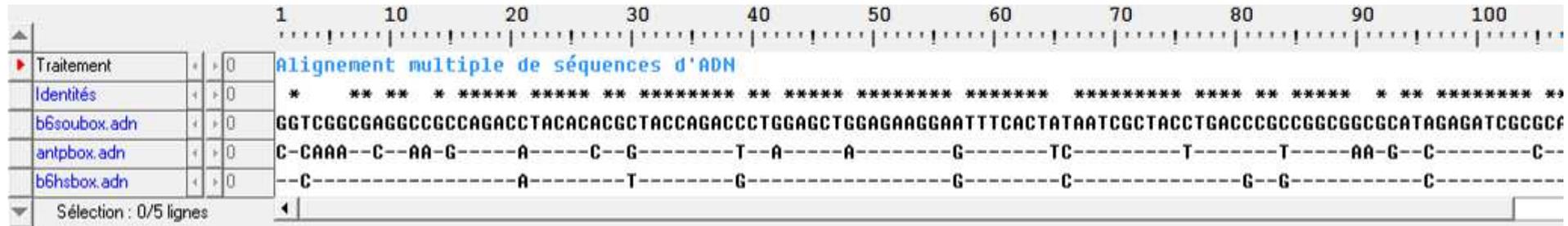
**Synthèse de toutes les protéines
nécessaires à la mise en place
d'une partie du corps**

Résultat d'une expérience de transgénèse



L'œil de drosophile est un organe complexe. C'est un œil d'insecte, très différent de celui des mammifères ; il est qualifié de « composé » car constitué de multiples facettes. On estime qu'au moins 2 500 gènes différents interviennent pour diriger la fabrication par les cellules des différents matériaux constitutifs d'un tel œil !

Comparaison du gène responsable de la formation de l'œil chez différentes espèces



	souris	drosophile	homme
Souris	100 %	81,7 %	92,2 %
drosophile		100 %	83,3 %
homme			100 %

Forte homologie de séquence (> 20 %)

Ces gènes dérivent d'un gène ancestral commun

Chapitre 2 :

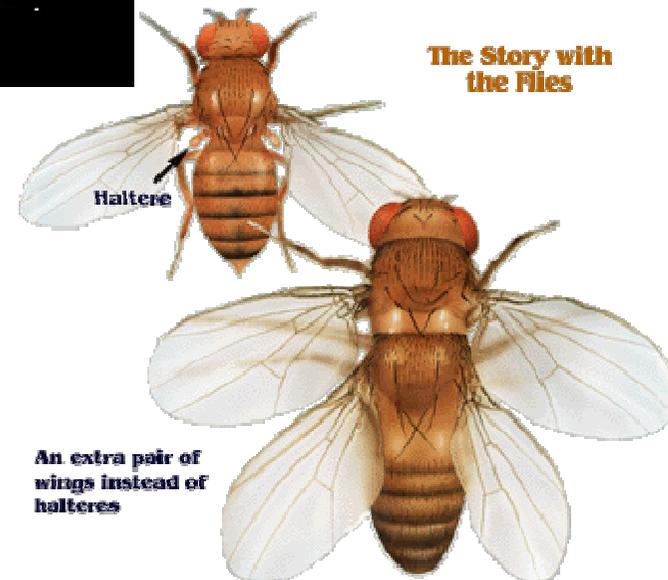
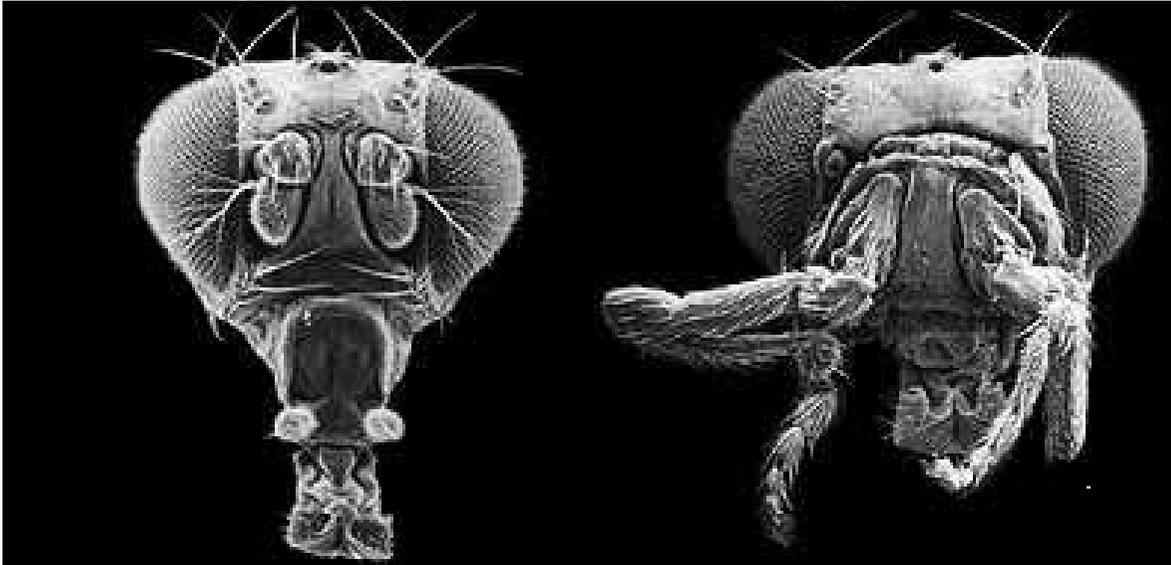
Mécanismes de diversification du vivant

- I. Mécanismes génétiques de diversification du vivant ayant lieu au cours de la reproduction sexuée
- II. Modifications dans l'expression de gènes et diversification du vivant
 - A. Les gènes de développement
 - B. Des modifications de la zone d'expression des gènes de développement
 - C. Des modifications dans l'intensité, la durée ou la chronologie d'expression des gènes de développement
- III. Modification des génomes et diversification du vivant
- IIV Des processus de diversification du vivant non génétiques

Des mutants homéotiques

wild-type *drosophila*

antennapedia mutant

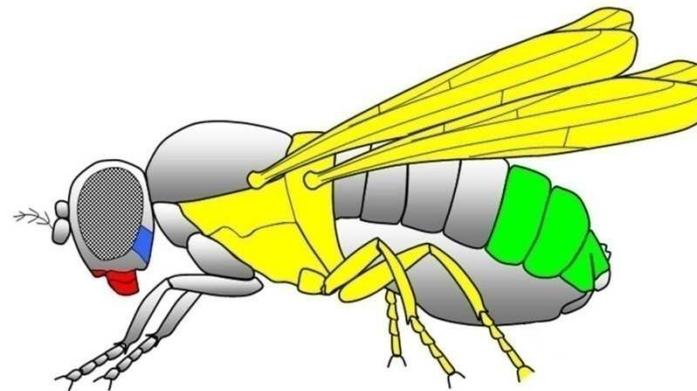
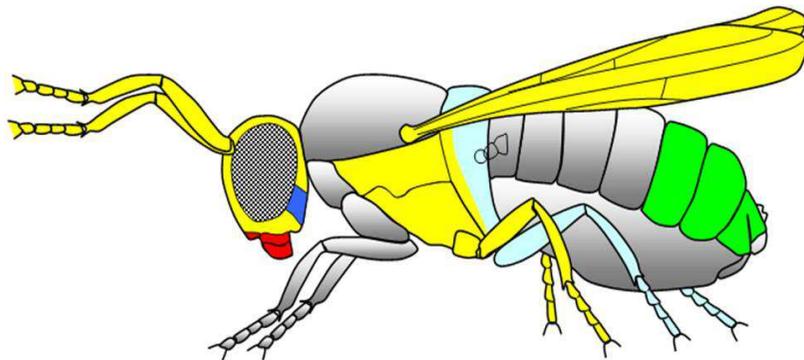
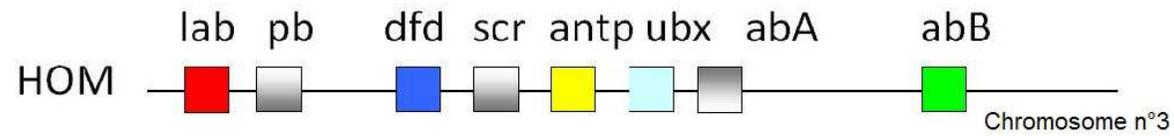
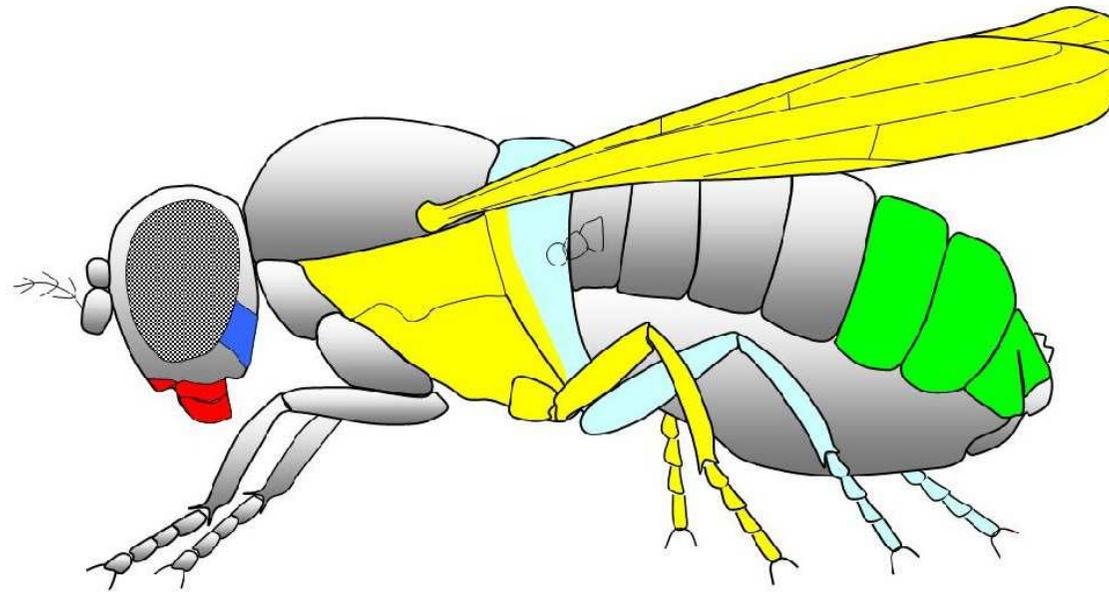


The Story with the Flies

Haltere

An extra pair of wings instead of halteres

Des modifications de la zone d'expression de gènes homéotiques



Territoires d'expression des gènes :

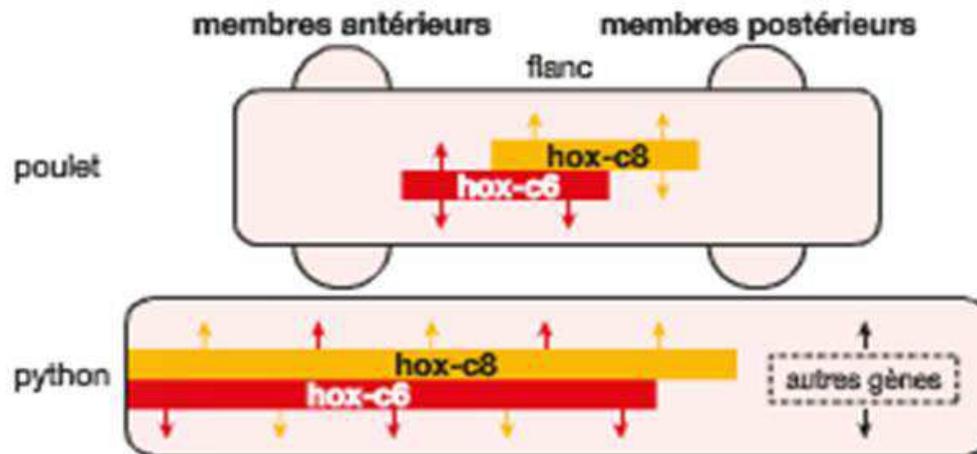
- lab
- pb
- dfd
- scr
- antp
- ubx
- abA
- abB

Des modifications de la zone d'expression de gènes homéotiques

existe
ciques
n sont
imaux

nt par
' toute
tre).

(crotale) ▶
elette



Comparaison de l'expression de deux gènes Hox chez le poulet et le python

chez les serpents.

Chapitre 2 :

Mécanismes de diversification du vivant

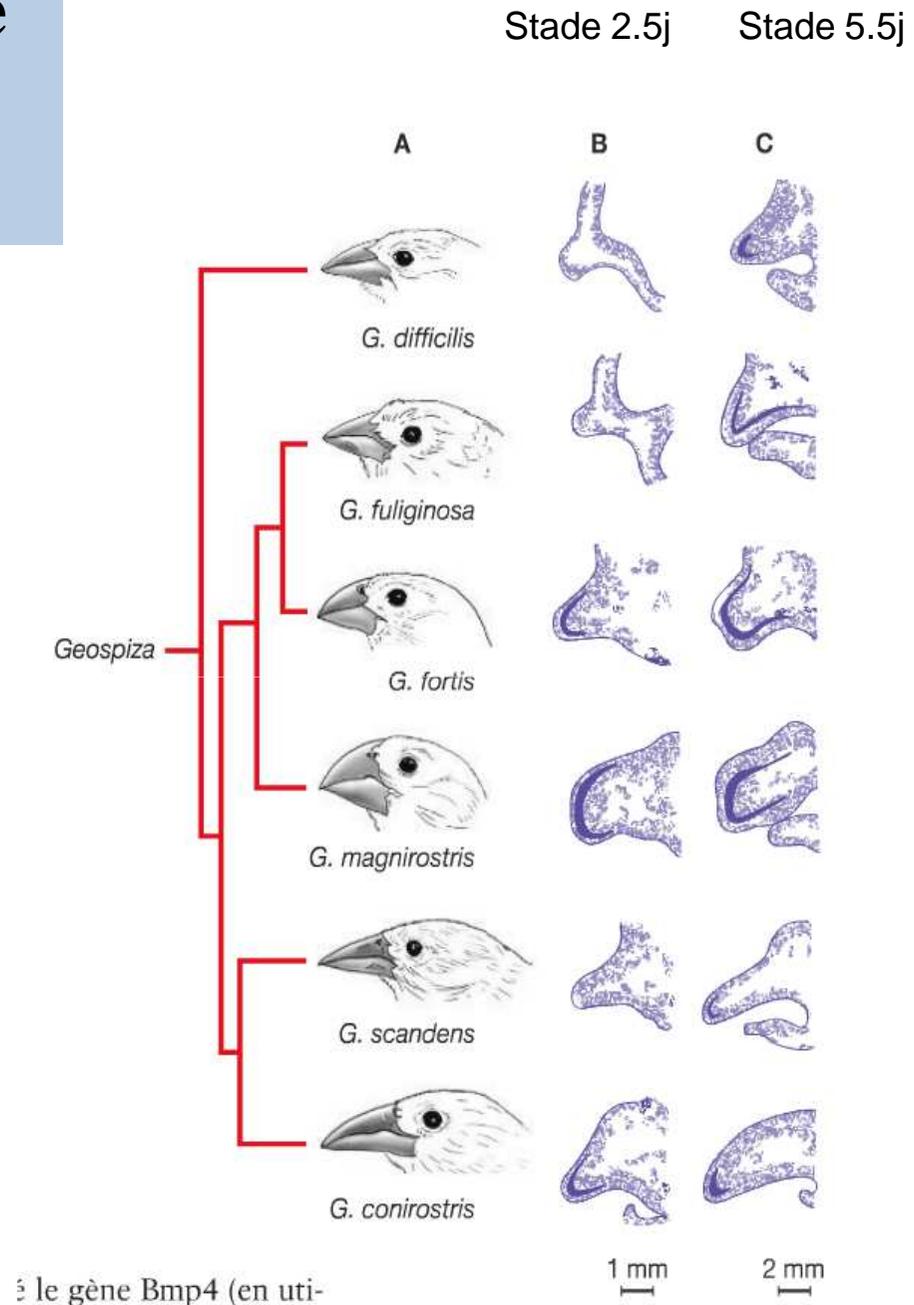
- I. Mécanismes génétiques de diversification du vivant ayant lieu au cours de la reproduction sexuée
- II. Modifications dans l'expression de gènes et diversification du vivant
 - A. Les gènes de développement
 - B. Des modifications de la zone d'expression des gènes de développement
 - C. Des modifications dans l'intensité, la durée ou la chronologie d'expression des gènes de développement
- III. Modification des génomes et diversification du vivant
- IIV Des processus de diversification du vivant non génétiques

- Exemple de modifications de **l'intensité d'expression** de certains gènes du développement

Variation de la zone et de l'intensité d'expression d'un gène

Zone violette = zone d'expression du gène Bmp4

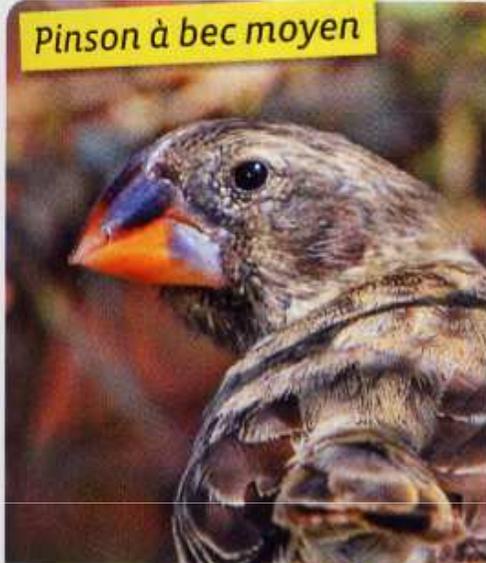
Intensité du violet = intensité d'expression du gène Bmp4



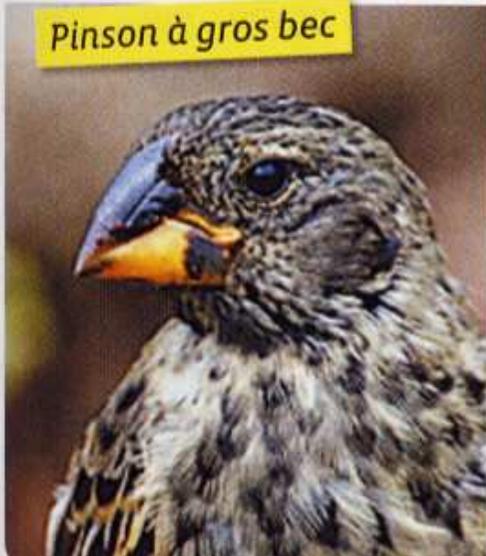
é le gène Bmp4 (en uti-

Variation de l'intensité d'expression d'un gène

Pinson à bec moyen



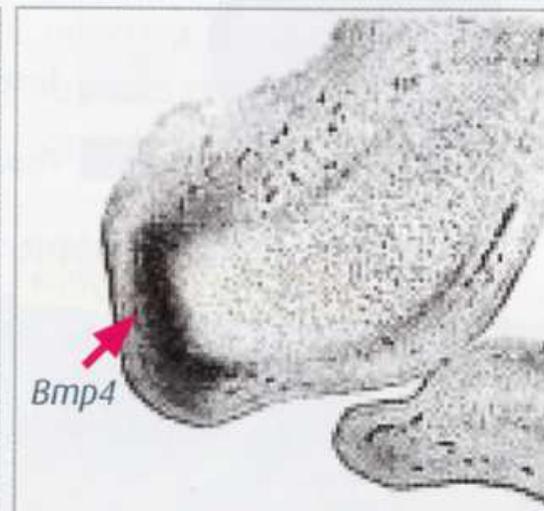
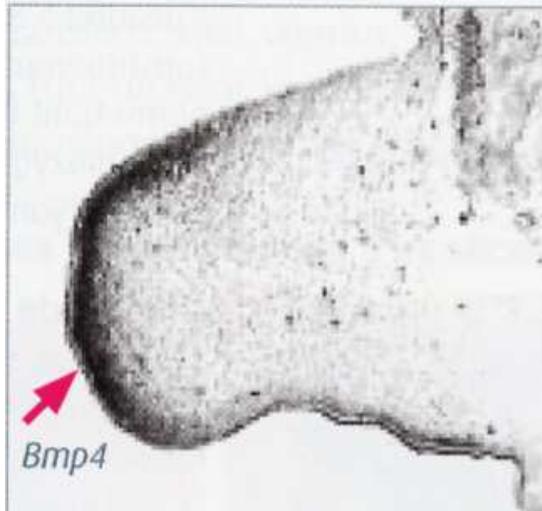
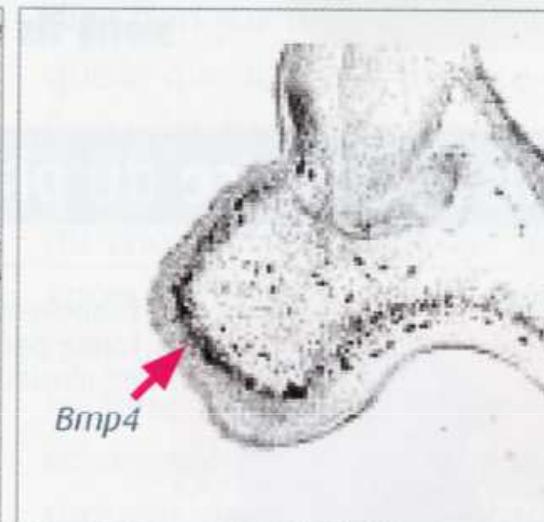
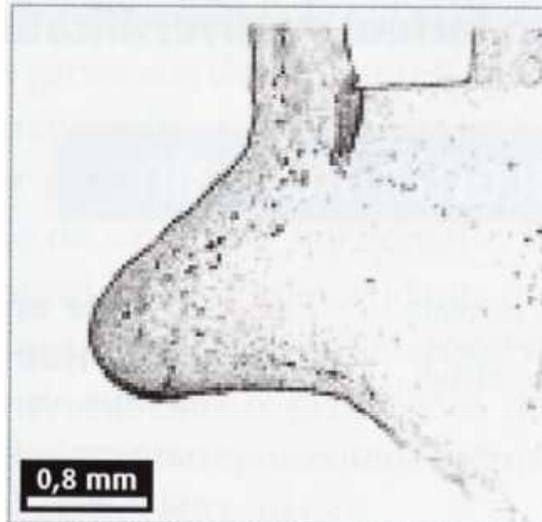
Pinson à gros bec



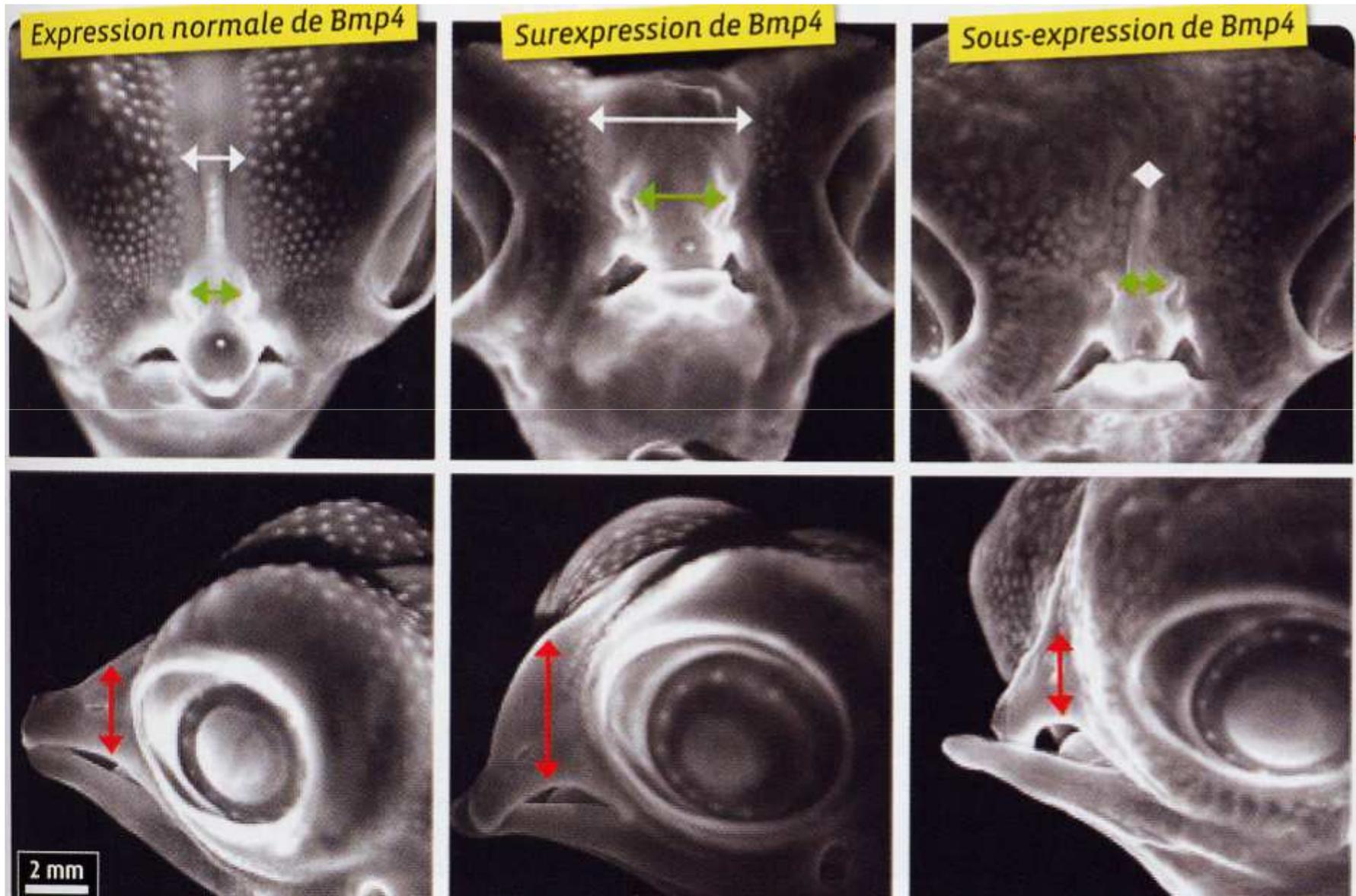
Expression du gène *Bmp4*

Après 25 h de développement

Après 29 h de développement

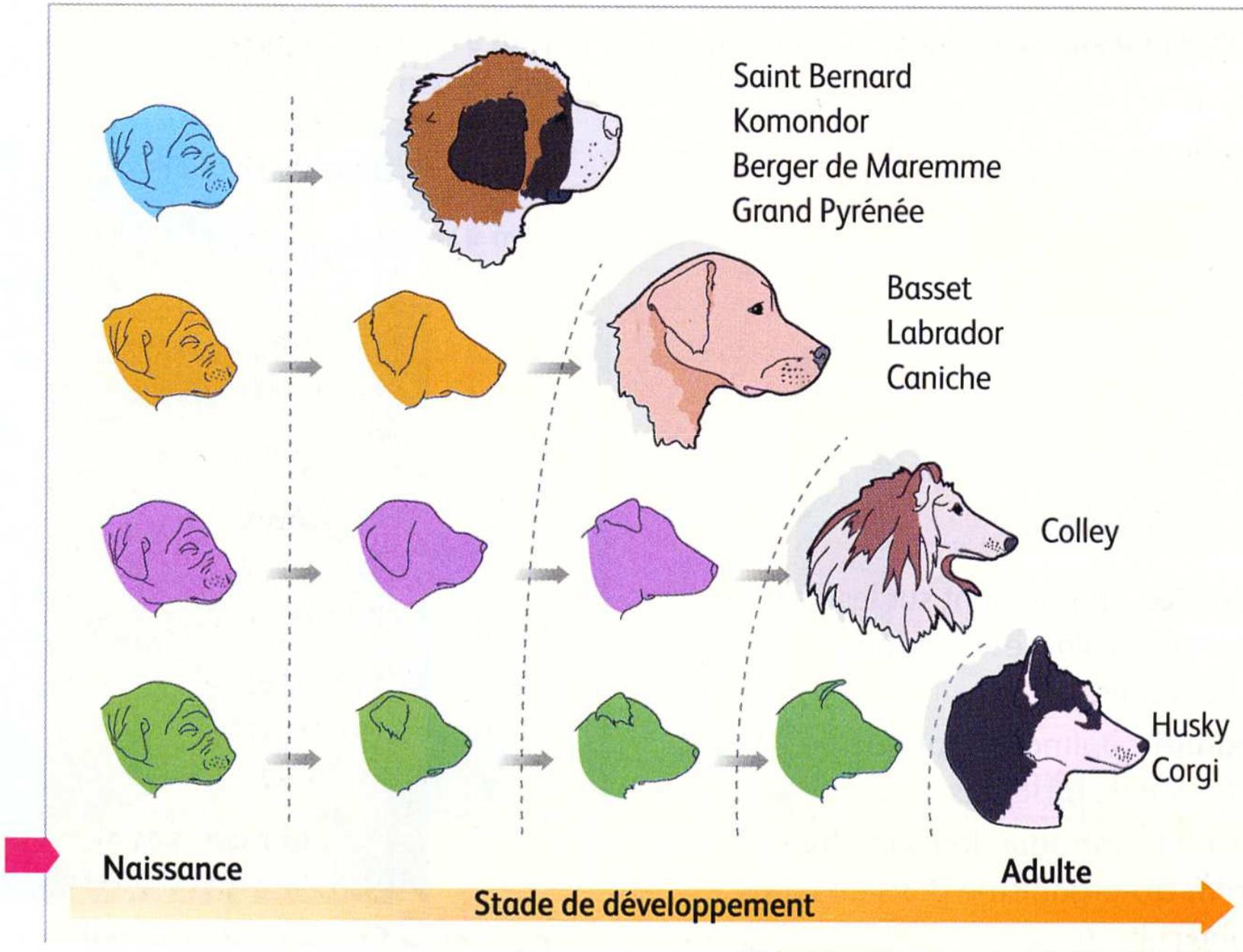


Variation de l'intensité d'expression d'un gène

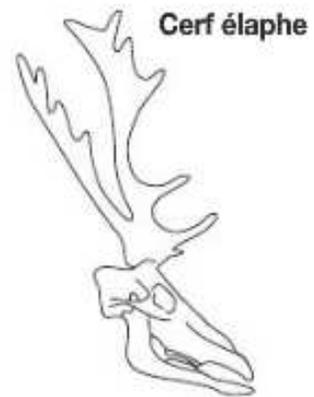


- Exemple de modifications de l'intensité d'expression de certains gènes du développement
- Exemples de modifications de la chronologie ou de la durée d'expression de certains gènes du développement (=hétérochronie)

Hétérochronie chez les canidés



Hétérochronie chez le cerf



phase juvénile phase adulte

Cerf de Crête



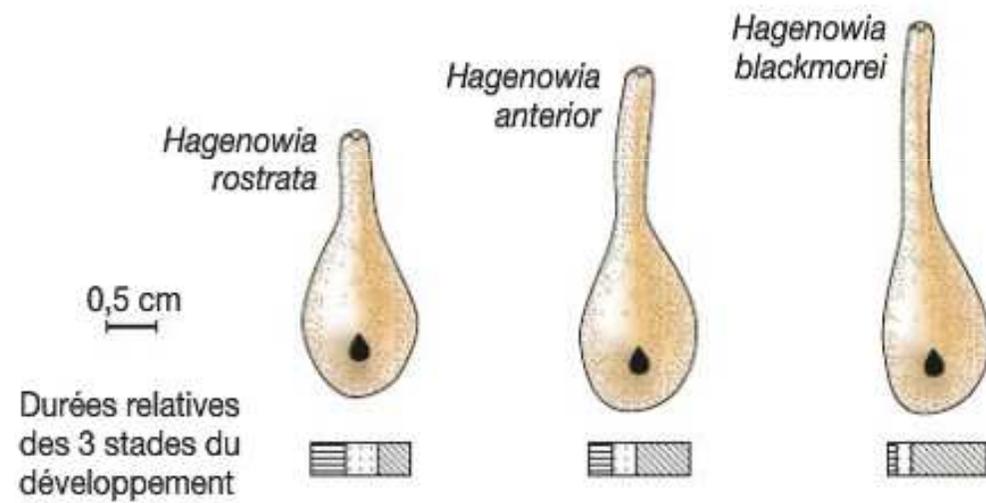
10 cm



Hétérochronie chez l'oursin



Test d'Hagenowia  rostrata.



Bricolage de l'évolution

- *Utilisation des mêmes outils de manière différente*
- La diversité dans l'expression de gènes communs est source de diversité (*mutation des séquences régulatrices de l'expression gènes*)

Chapitre 2 :

Mécanismes de diversification du vivant

- I. Mécanismes génétiques de diversification du vivant ayant lieu au cours de la reproduction sexuée
- II. Modifications dans l'expression de gènes et diversification du vivant
- III. Modification des génomes et diversification du vivant**
 - A. Hybridation et polyploïdisation
 - B. Les transferts horizontaux de matériel génétique
- IIV Des processus de diversification du vivant non génétiques

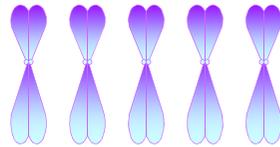
Quelques définitions

- **Polyploïde** = cellule ou noyau ou organisme possédant plus de deux jeux complets de chromosomes.

Polyploidie

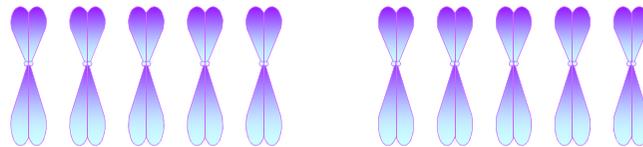
Notons $x = 1$ lot complet de chromosomes

Haploïde
 $x=5$



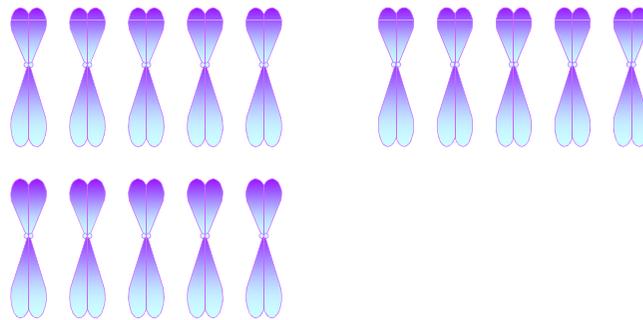
Cas de nos gamètes

Diploïde
 $2x=10$

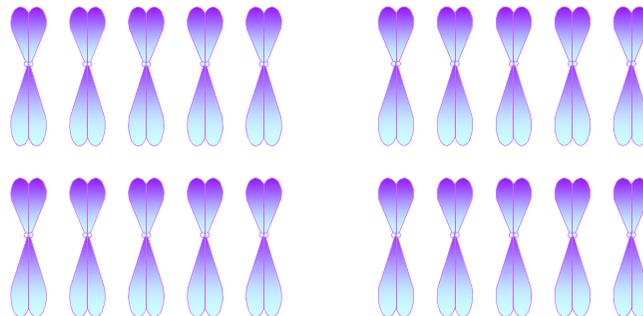


Cas de nos cellules somatiques

Triploïde
 $3x=15$



Tétraploïde
 $4x=20$



Pentaploïde (5x)
Hexaploïde (6x)
Heptaploïde (7x)
Octaploïde (8x)

Quelques définitions

- **Polyploïde** = cellule ou noyau ou organisme possédant plus de deux jeux complets de chromosomes.

Autoploïde (*si les lots de chromosomes proviennent de la même espèce*).

Alloploïde (*si les lots de chromosomes proviennent de deux espèces différentes*)

Hybridation = croisement entre deux espèces différentes
(*ou entre deux races /variétés différentes*).

Deux origines pour les polyploïdes

AUTOPOLYPLOÏDE : duplication des chromosomes au sein de la même espèce



Pomme de terre - 4x - 48 chromosomes

Banane - 3x - 33 chromosomes

Cacahuète - 4x - 40 chromosomes

Patate douce - 6x - 90 chromosomes



ALLOPOLYPLOÏDE : Hybridation entre deux ou plusieurs espèces



Tabac - 4x - 48 chromosomes

Coton - 4x - 52 chromosomes

Blé tendre - 6x - 42 chromosomes

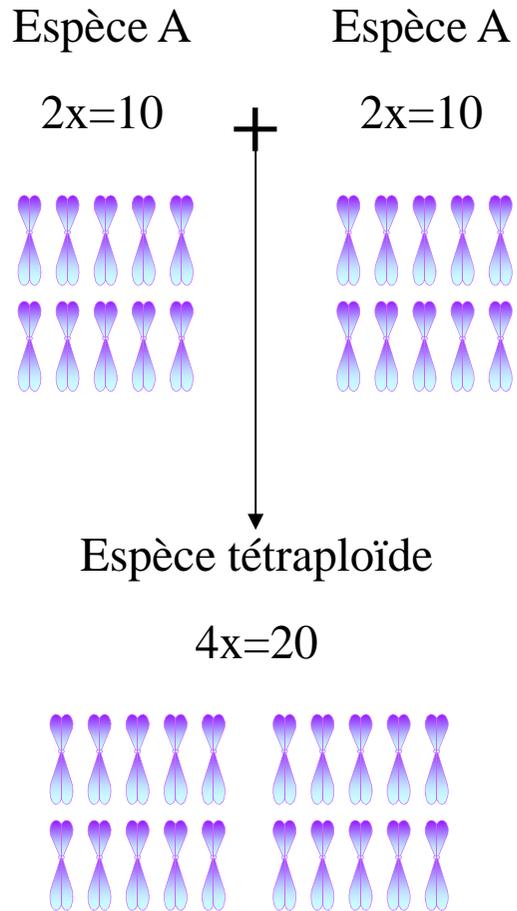
Avoine - 6x - 42 chromosomes

Canne à sucre - 8x - 80 chromosomes

Fraise - 8x - 56 chromosomes

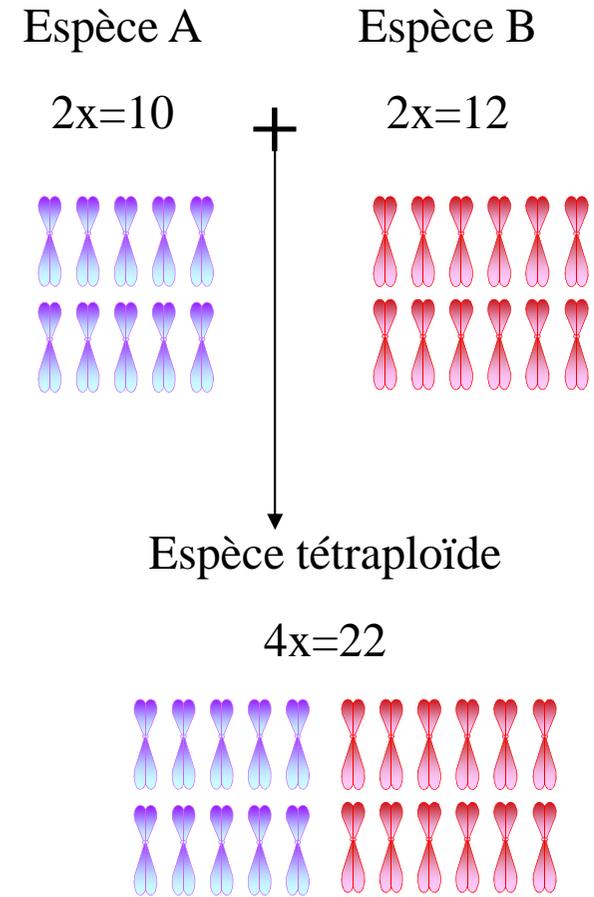


Autoploïdie



duplication du même génome

Alloploïdie

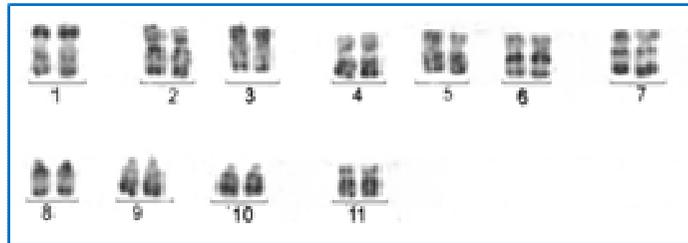
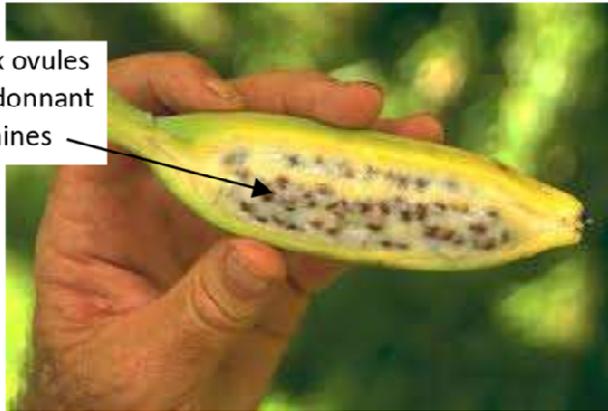


association de génomes différents

La banane, un autoploïde

Banane sauvage

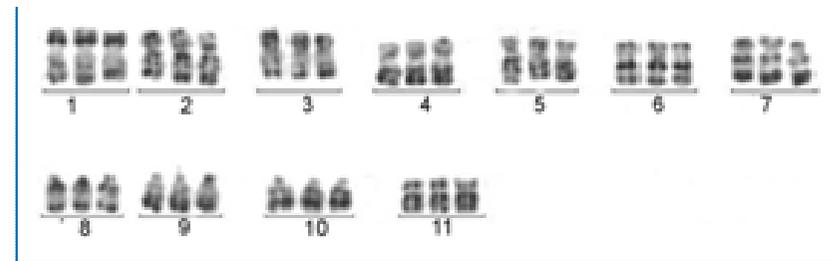
Nombreux ovules fécondés donnant des graines



$$2n=22$$

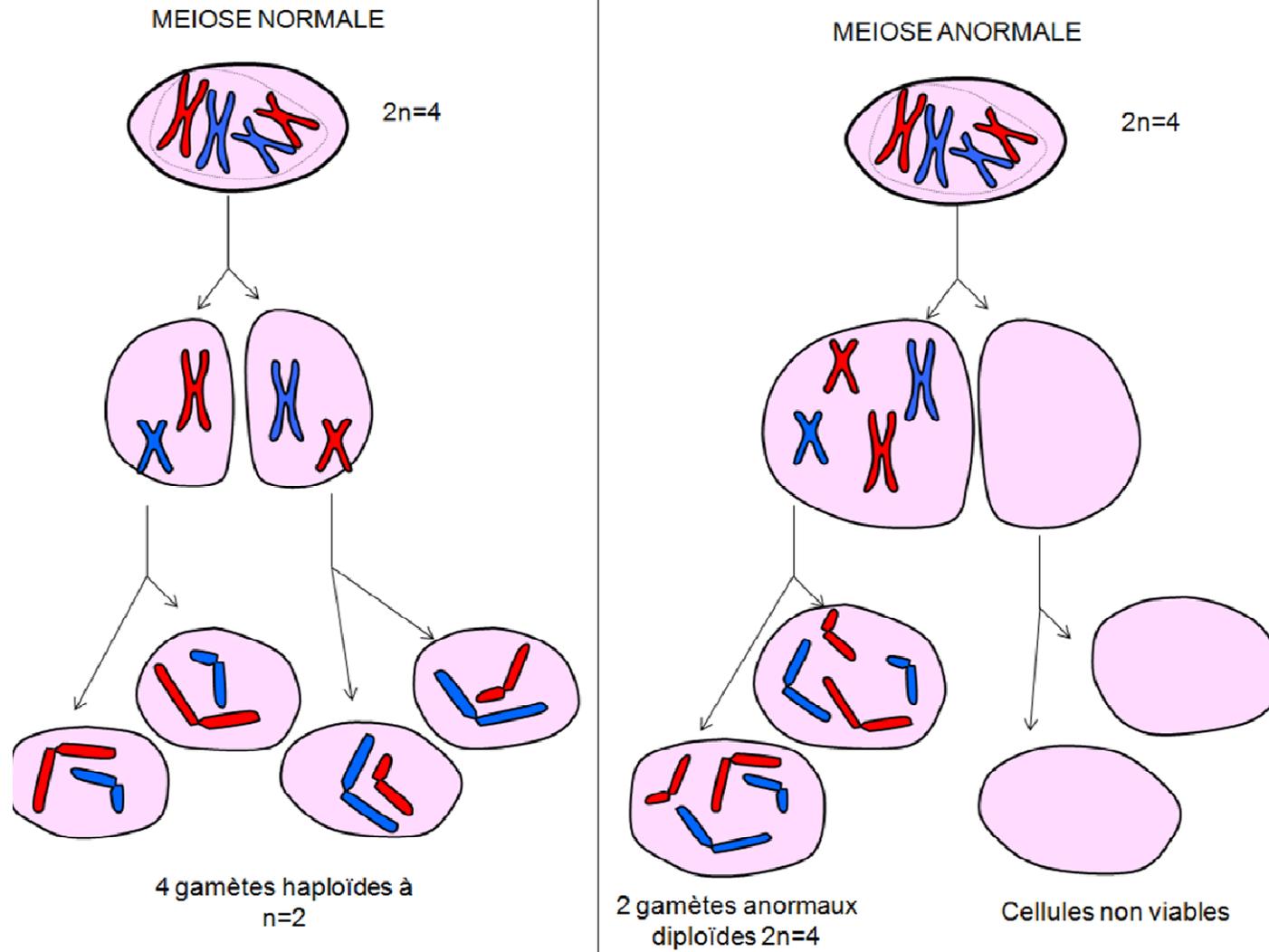
Banane domestique

Nombreux ovules avortés ne donnant jamais de graines

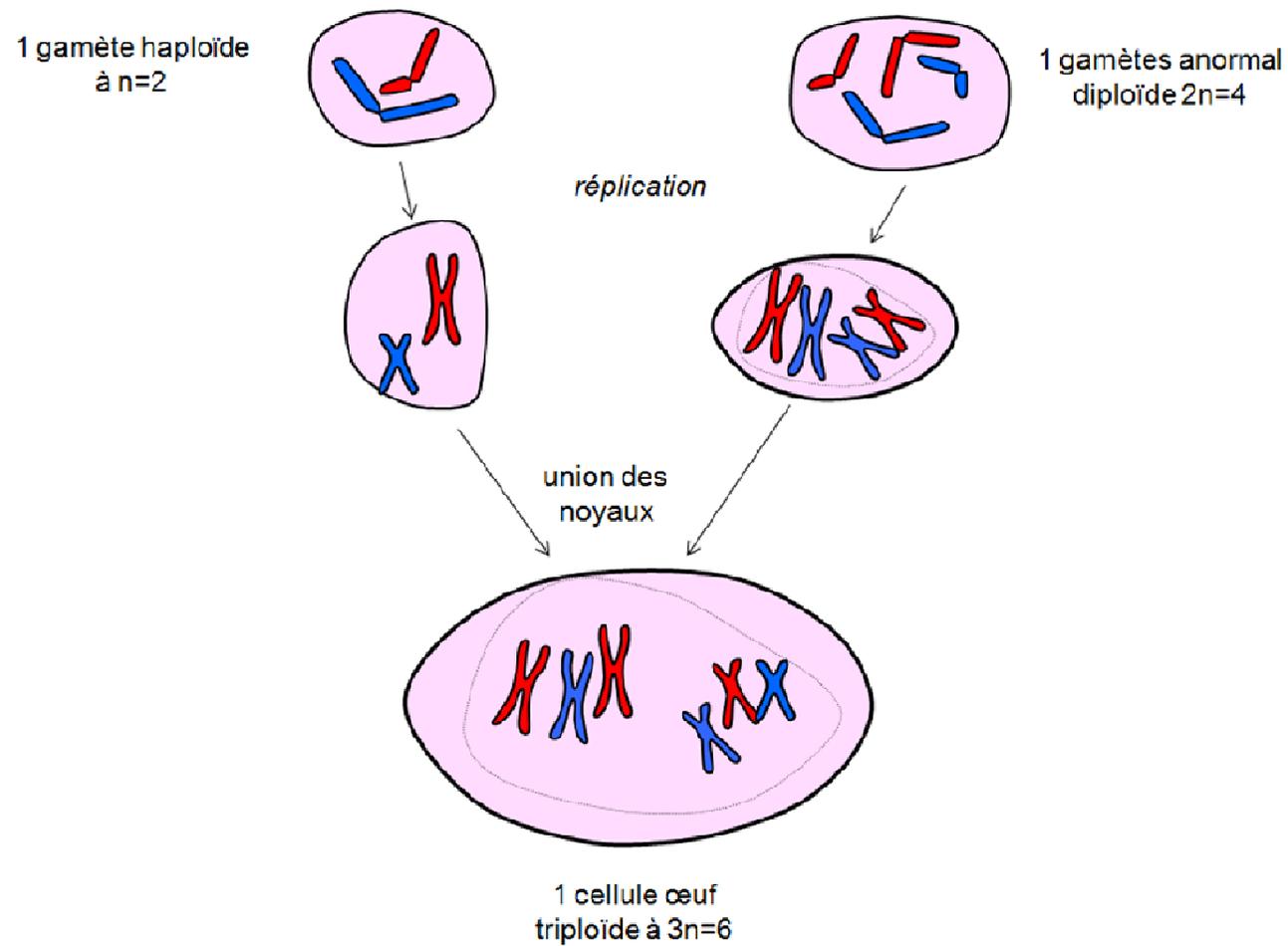


$$3n=33$$

La banane, un autoploïde



La banane, un autoploïde



L'histoire d'une nouvelle espèce



$2n=60$

Spartina maritima

Gamète $x=30$

$2n=62$

Spartina alterniflora

Gamète $x=31$



Hybride F1

Spartina townsendii

stérile

$2x=61$ chromosomes

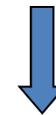


Spartina anglica

$4x=122$ $2n=122$

Evènement accidentel
(mitose anormale) => doublement
du nombre de chromosome
Polyploïde

Présence de caractères différents

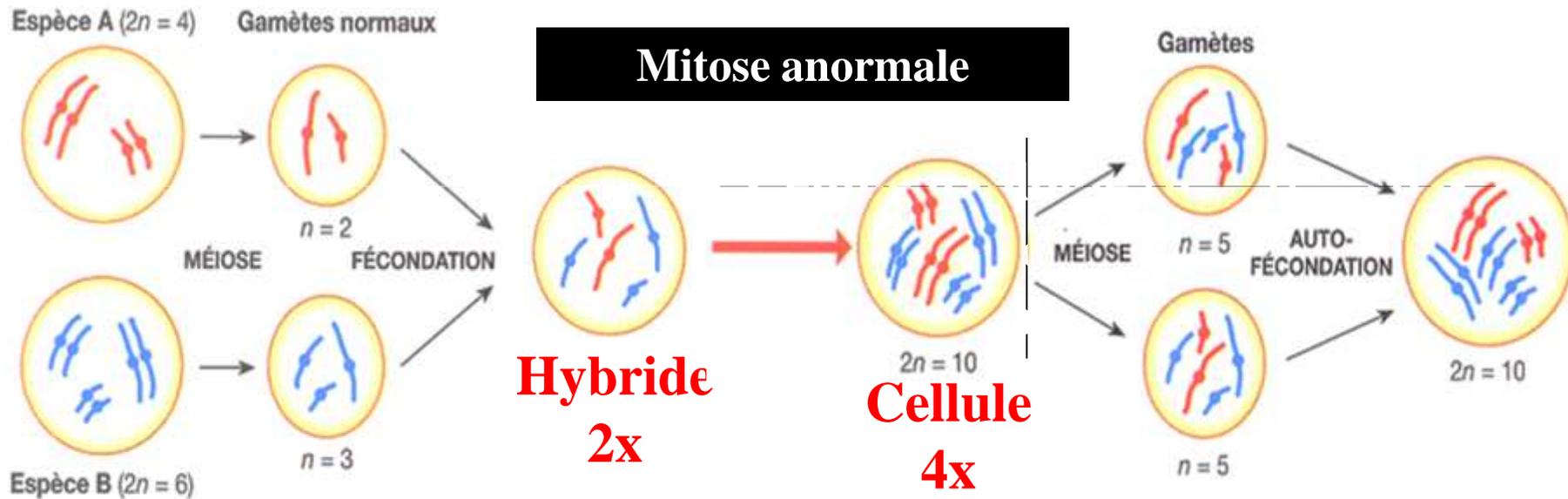


Nouvelle espèce



Exemple de mécanisme permettant l'apparition d'une espèce polyploïde : allopolyploïdie

Gamète normal x



Gamète normal x

Polyploïdisation dans le monde vivant

Banane → triploïde

33 chromosomes

Pomme de terre → tétraploïde

48 chromosomes

La fraise → octoploïde

56 chromosomes



Insectes	91
Poissons	50
Amphibiens	30
Reptiles	16
Oiseaux	0
Mammifères	2*



Polyploïdisation et diversification du vivant

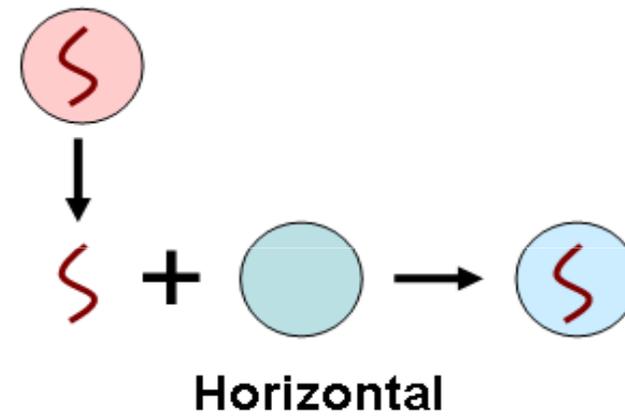
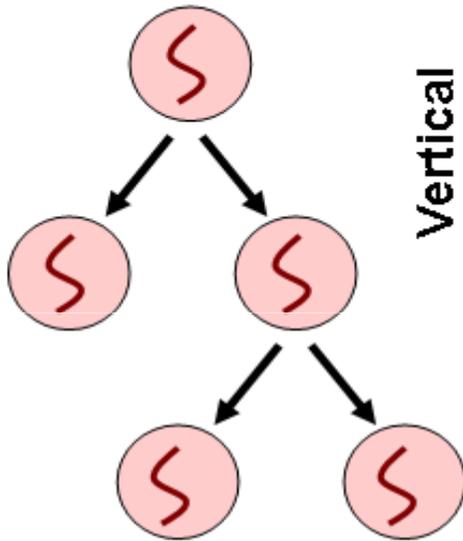
- Polyploïdisation est **source de diversification**
- **Fabrication de nouveaux génomes** par association de génomes existant

Chapitre 2 :

Mécanismes de diversification du vivant

- I. Mécanismes génétiques de diversification du vivant ayant lieu au cours de la reproduction sexuée
- II. Modifications dans l'expression de gènes et diversification du vivant
- III. Modification des génomes et diversification du vivant
 - A. Hybridation et polyploïdisation
 - B. Les transferts horizontaux de matériel génétique
- IV Des processus de diversification du vivant non génétiques

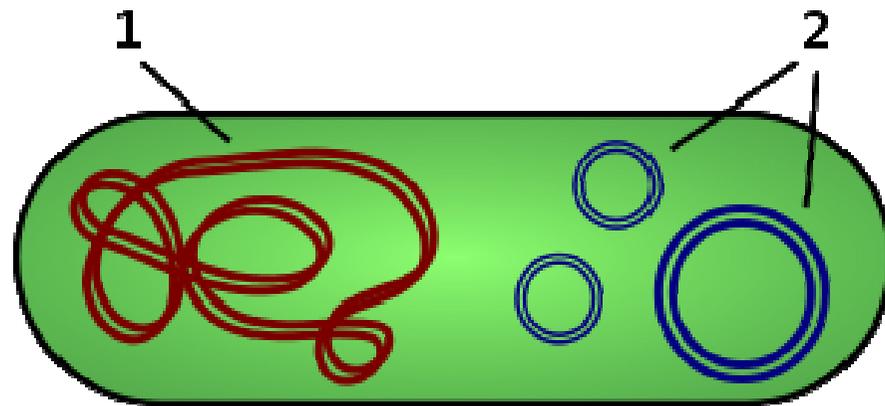
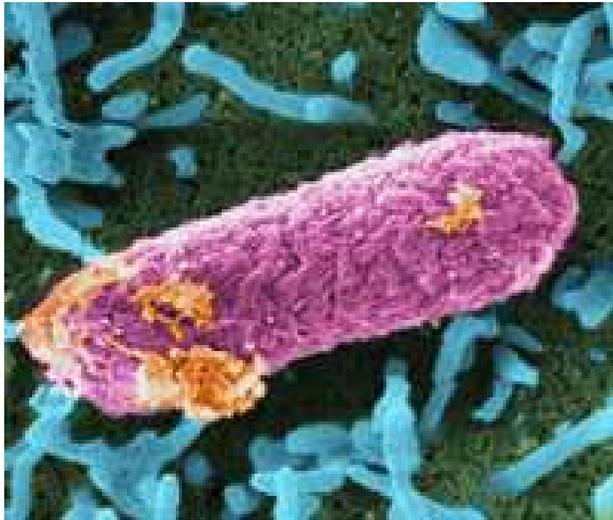
Transfert vertical versus transfert horizontal



Deux mécanismes connus

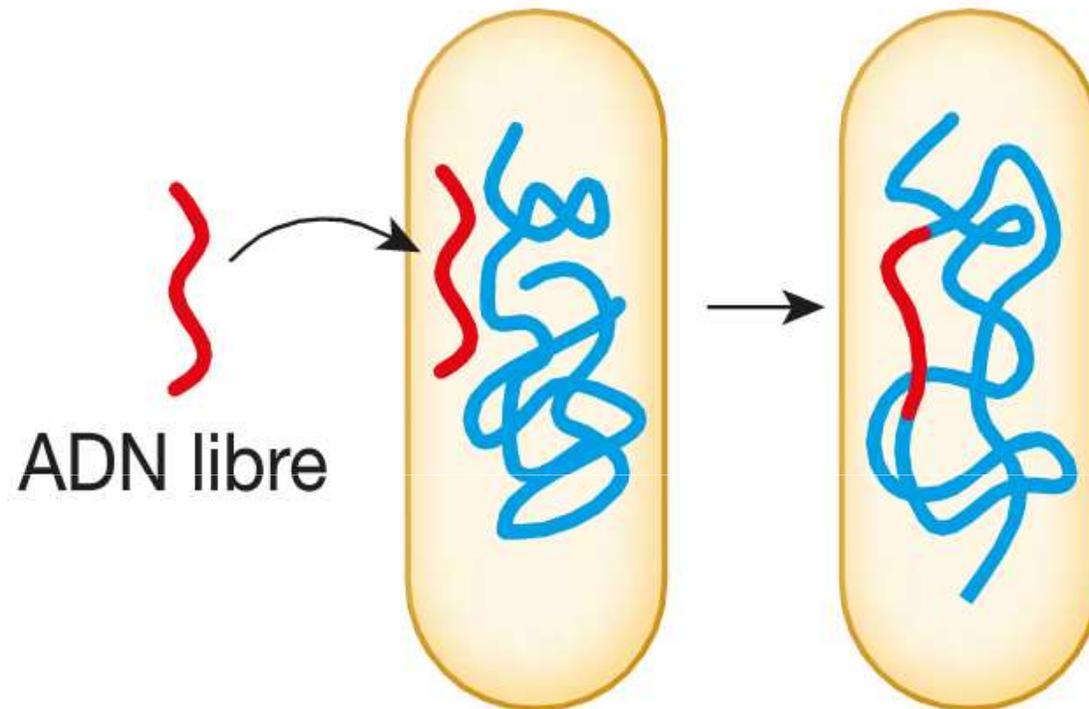
- Intégration d'ADN libre dans le milieu
- Transfert par voie virale

Transfert horizontal fréquent chez les bactéries



Propagation de la résistance aux antibiotiques

Transfert horizontal à partir d'ADN libre dans le milieu

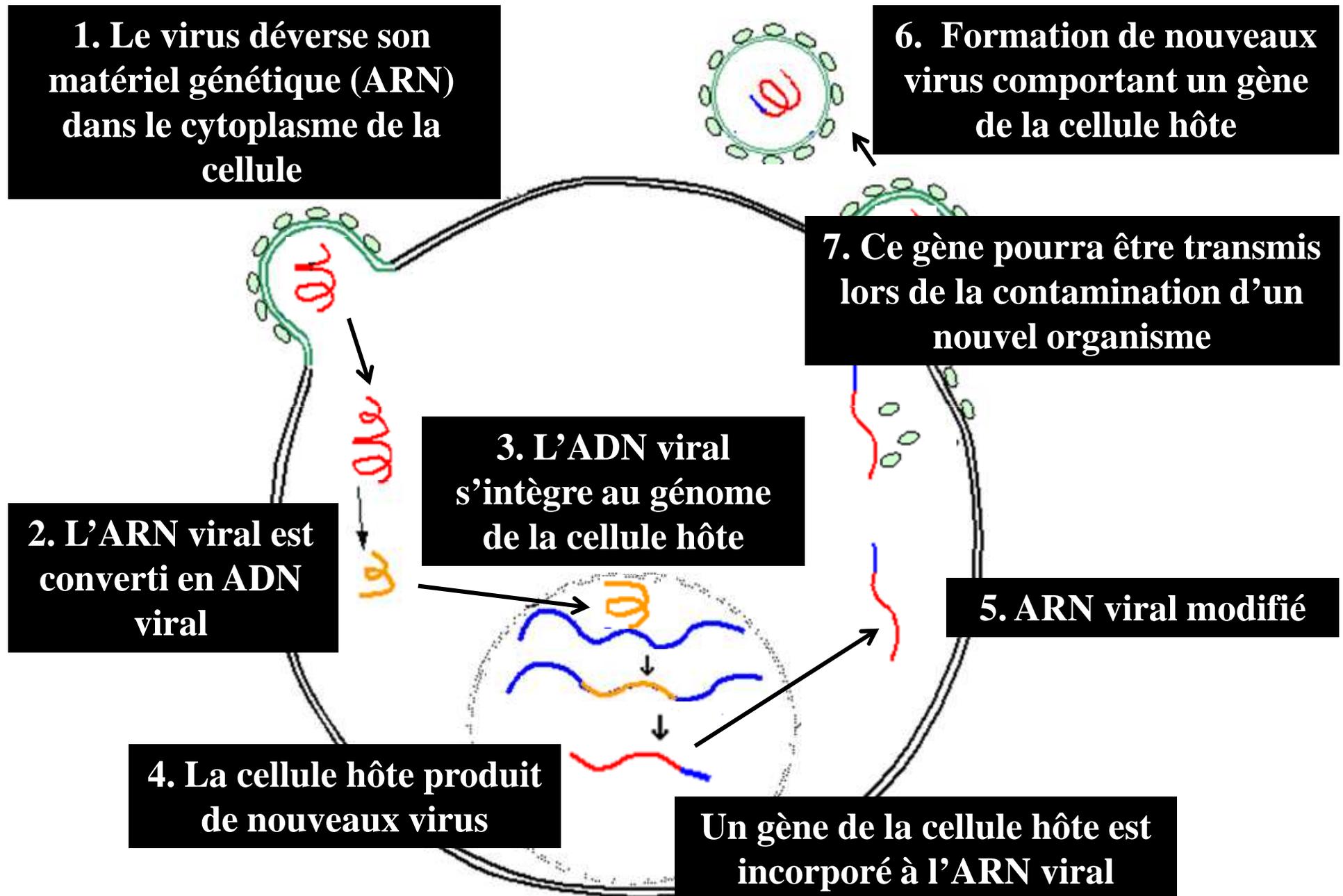


L'ADN libre passe dans la cellule
et est intégré à l'ADN cellulaire.

Deux mécanismes connus

- Intégration d'ADN libre dans le milieu
- Transfert par voie virale

Transfert horizontal par voie virale



Réseau phylogénétique



← Arbre phylogénétique de transferts verticaux

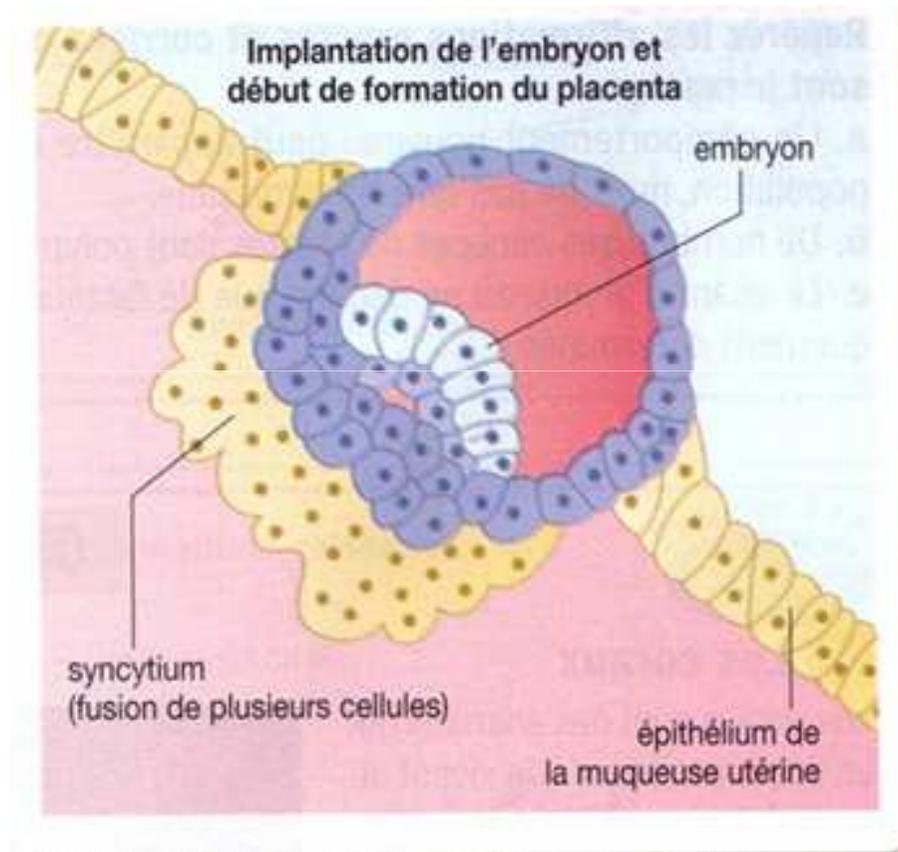
Réseau phylogénétique des transferts verticaux et horizontaux



Estimation de la quantité d'ADN viral présent dans l'ADN cellulaire

- 10% chez les humains
- 50% dans le génome de maïs

Un virus à l'origine du placenta ?



Transfert horizontal et diversification du vivant

- Transfert horizontal est **source de diversification**
- **Enrichissement de génomes** existant par acquisition de nouvelles séquences d'ADN (codant éventuellement pour de nouveaux caractères)

Chapitre 2 :

Mécanismes de diversification du vivant

- I. Mécanismes génétiques de diversification du vivant ayant lieu au cours de la reproduction sexuée
- II. Modifications dans l'expression de gènes et diversification du vivant
- III. Modification des génomes et diversification du vivant
- IV. Des processus de diversification du vivant non génétiques
 - A. La symbiose, une association entre êtres vivants
 - B. L'acquisition et la transmission culturelle des comportements

Quelques définitions

- La symbiose est une association de deux êtres vivants durable et à bénéfices réciproques.
- Elle est **source de diversification**.

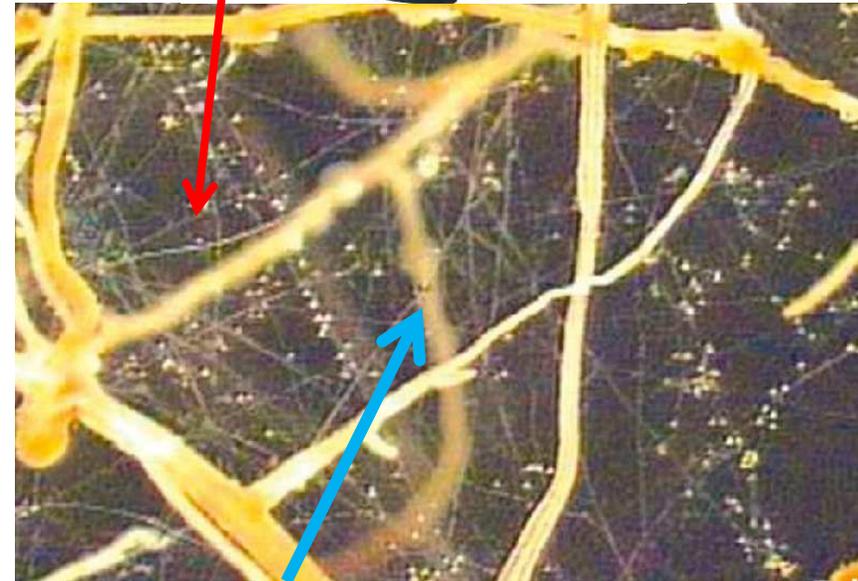
Symbiose et diversification du vivant

- **Modification de la morphologie des individus**
- Modification du métabolisme des individus
- Modification du comportement des individus

Ex 1: Symbiose entre un végétal et un champignon : mycorhize



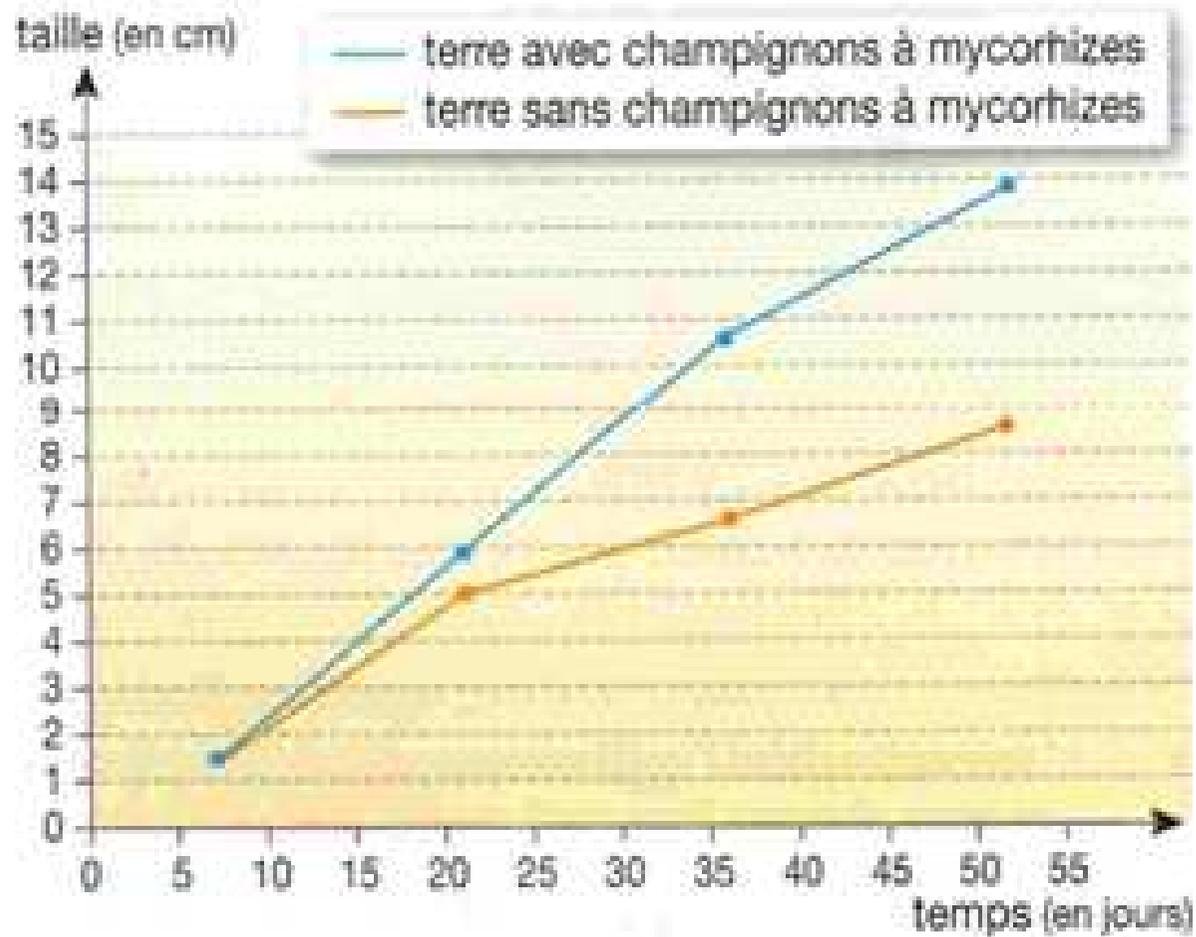
**Nombreux filaments mycéliens:
eau et sels minéraux**



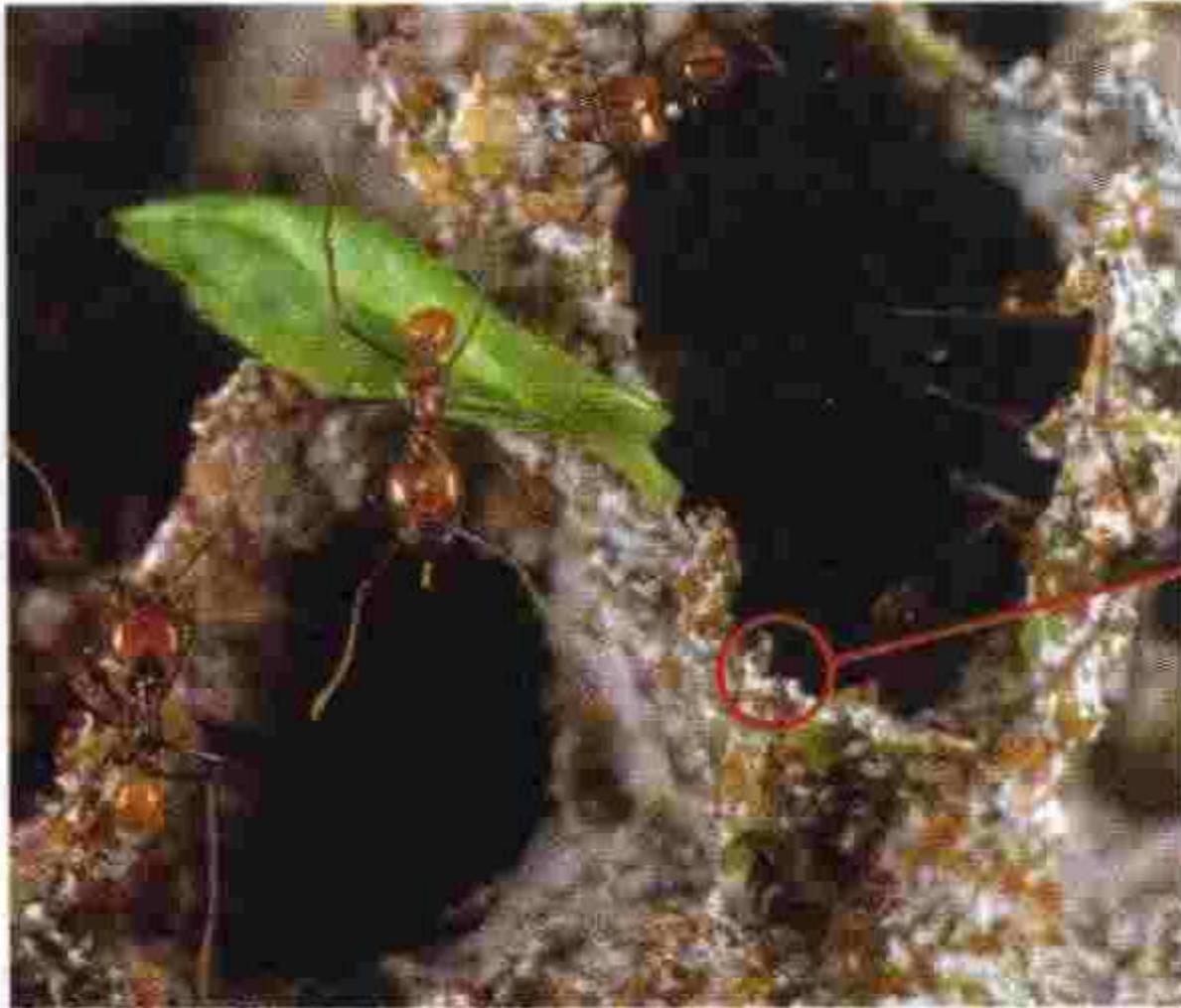
Glucides

Ex 1: Symbiose entre un végétal et un champignon : mycorhize

Croissance du basilic avec et sans mycorhizes



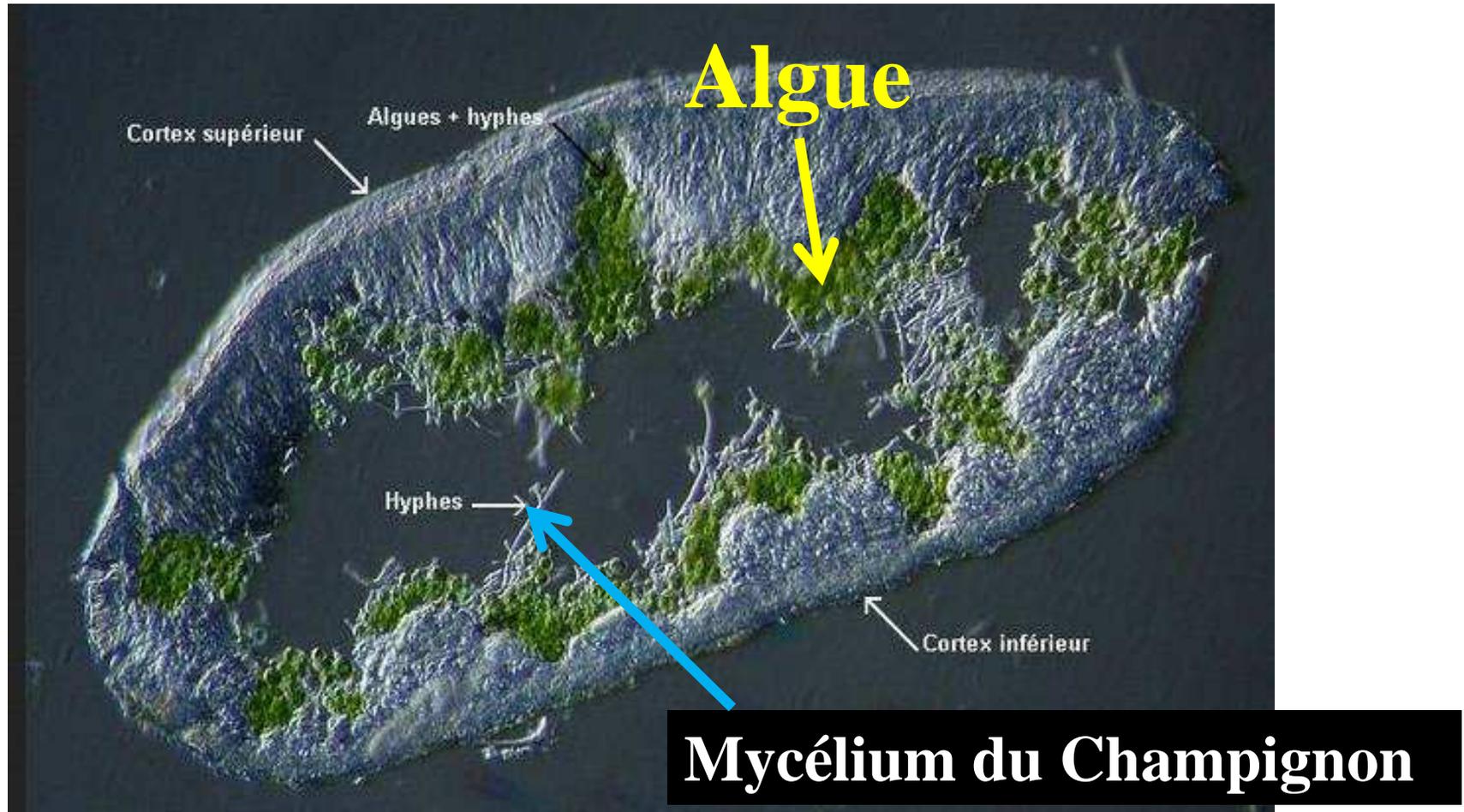
Ex 2: Symbiose entre fourmis et champignons



Symbiose et diversification du vivant

- Modification de la morphologie des individus
- **Modification du métabolisme des individus**
- Modification du comportement des individus

Ex 1 : Symbiose entre une algue et un champignon : le lichen

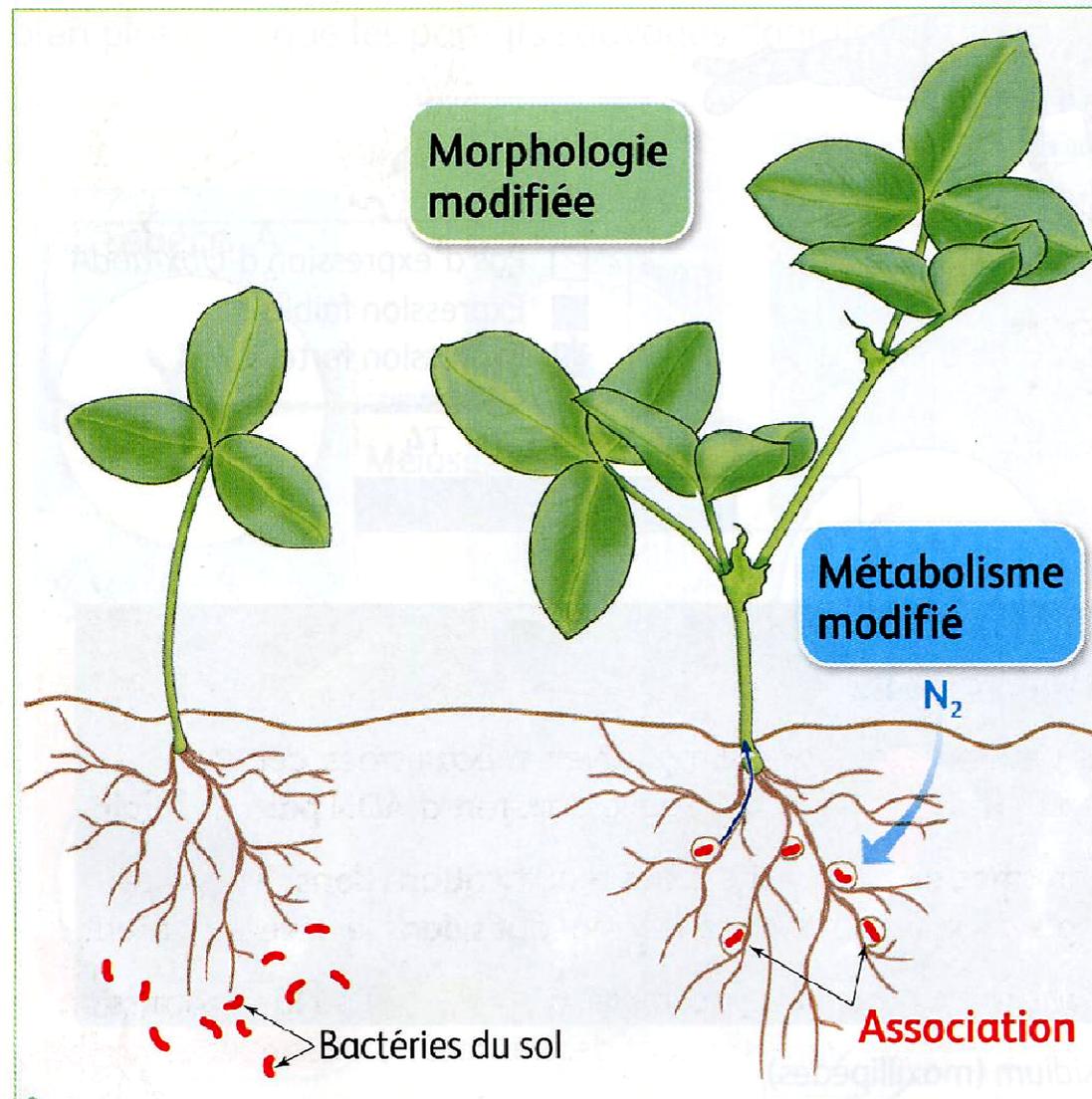


Synthèse de nouvelles molécules



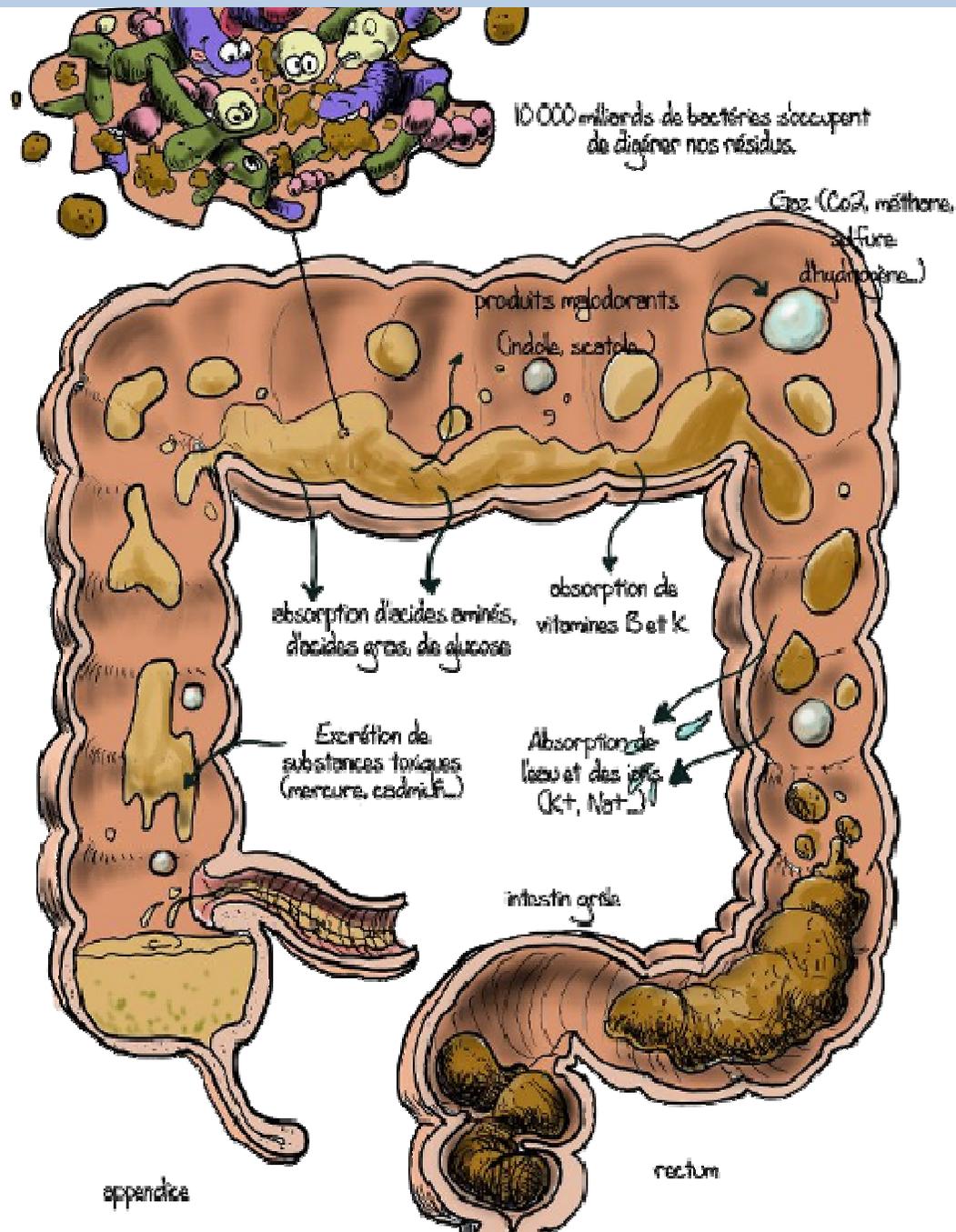
**synthèse d'acide
lichénique qui les
protège des
prédateurs**

Exemple 2 : légumineuses et bactéries



3 Les associations sont une source de diversité.

Exemple 3 bactéries du tube digestif



- Au moins 195 espèces de bactéries dans le côlon
- 1/3 des excréments

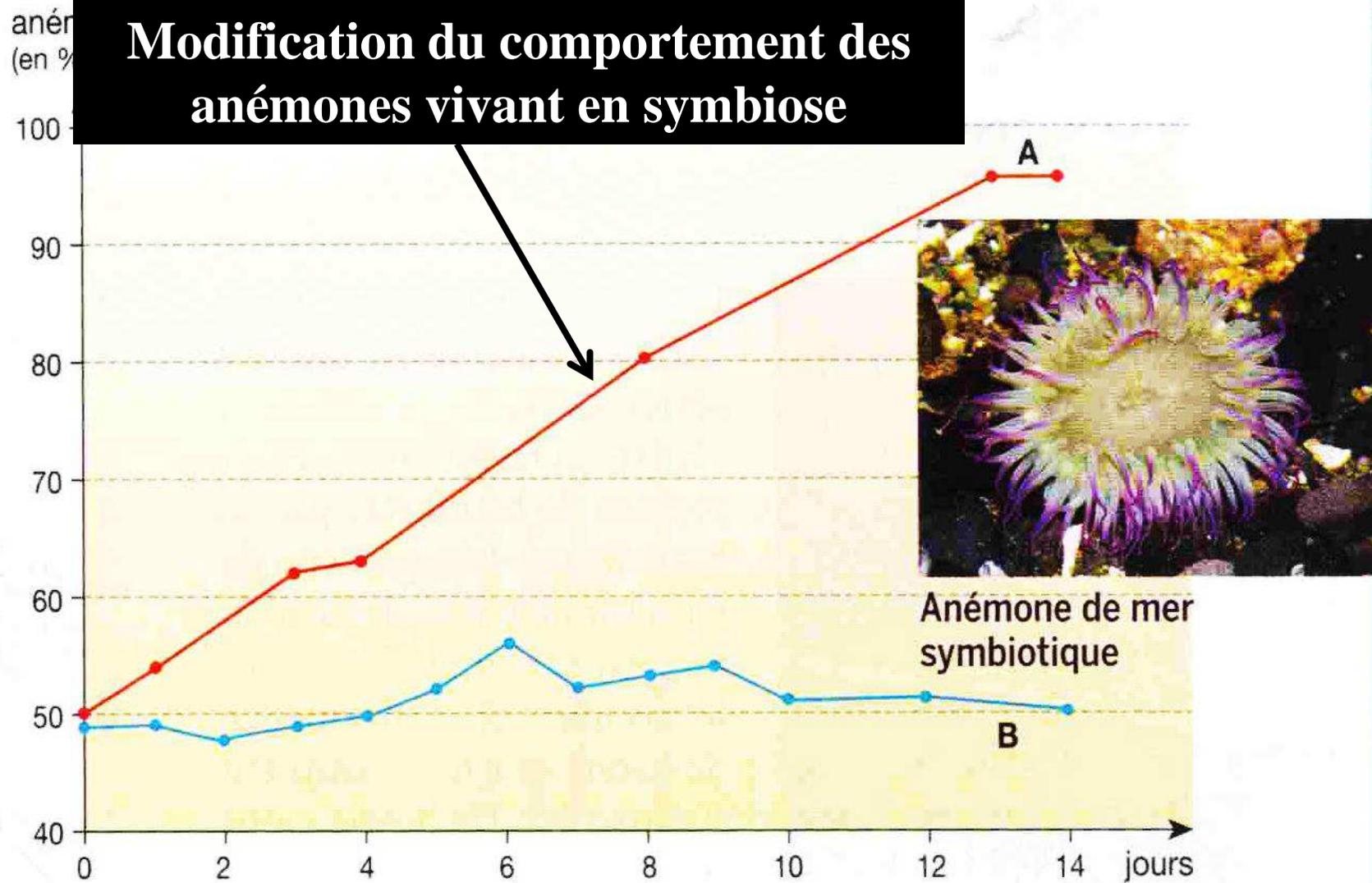
Exemple 3 bactéries du tube digestif



Symbiose et diversification du vivant

- Modification de la morphologie des individus
- Modification du métabolisme des individus
- **Modification du comportement des individus**

Symbiose entre une anémone de mer et une algue verte



Associations symbiotiques

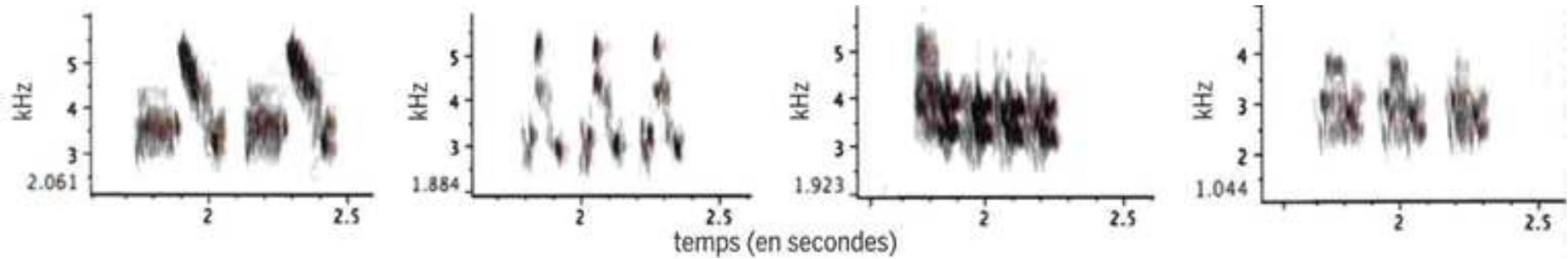
- source de diversité (morphologie différente, synthèse de nouvelles molécules, modification de comportements) **sans modification de l'information génétique** des individus.

Chapitre 2 :

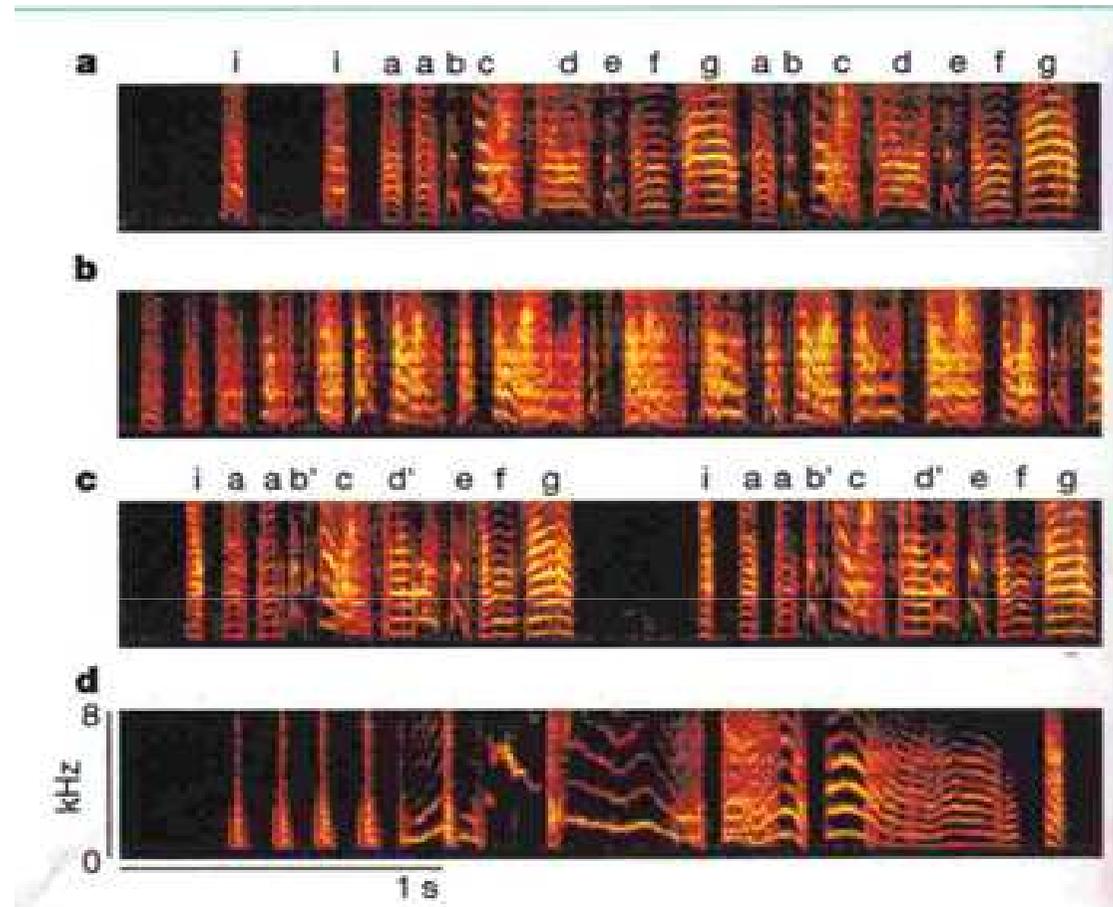
Mécanismes de diversification du vivant

- I. Mécanismes génétiques de diversification du vivant ayant lieu au cours de la reproduction sexuée
- II. Modifications dans l'expression de gènes et diversification du vivant
- III. Modification des génomes et diversification du vivant
- IV Des processus de diversification du vivant non génétiques
 - A. La symbiose, une association entre êtres vivants
 - B. L'acquisition et la transmission culturelle des comportements

L'apprentissage du chant chez les oiseaux



Transmission du chant du Diamant mandarin



a : Chant d'un Diamant mandarin adulte au moment où il a été capturé.

b : Chant d'un Diamant mandarin élevé en présence de l'adulte (a), enregistré au plus jeune âge.

c : Chant du même Diamant mandarin (b), enregistré à l'âge adulte.

d : Chant d'un Diamant mandarin adulte, élevé isolément de ses congénères.

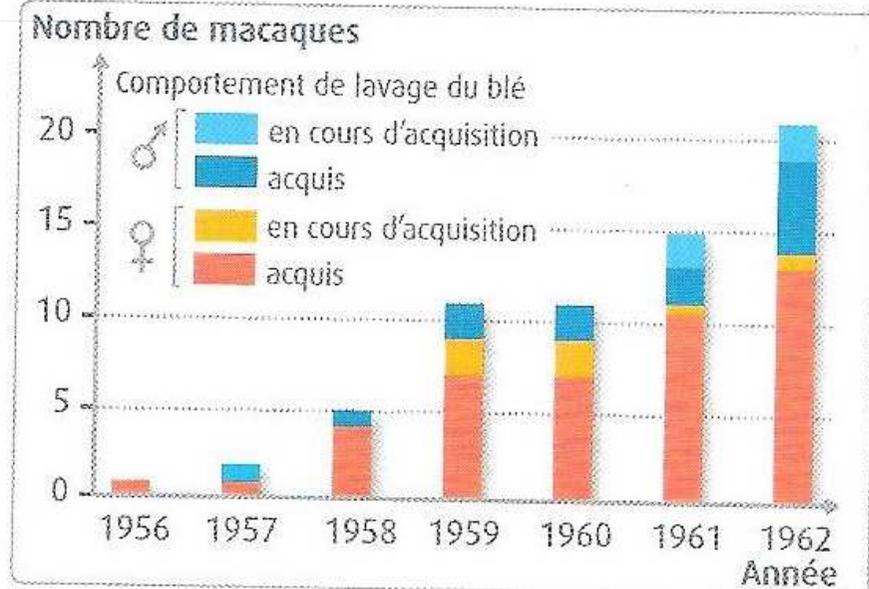
Transmission culturelle chez le chimpanzé



Acquisition d'un comportement nouveau chez les macaques



Récolte des grains (gauche) et lavage du blé (droite).

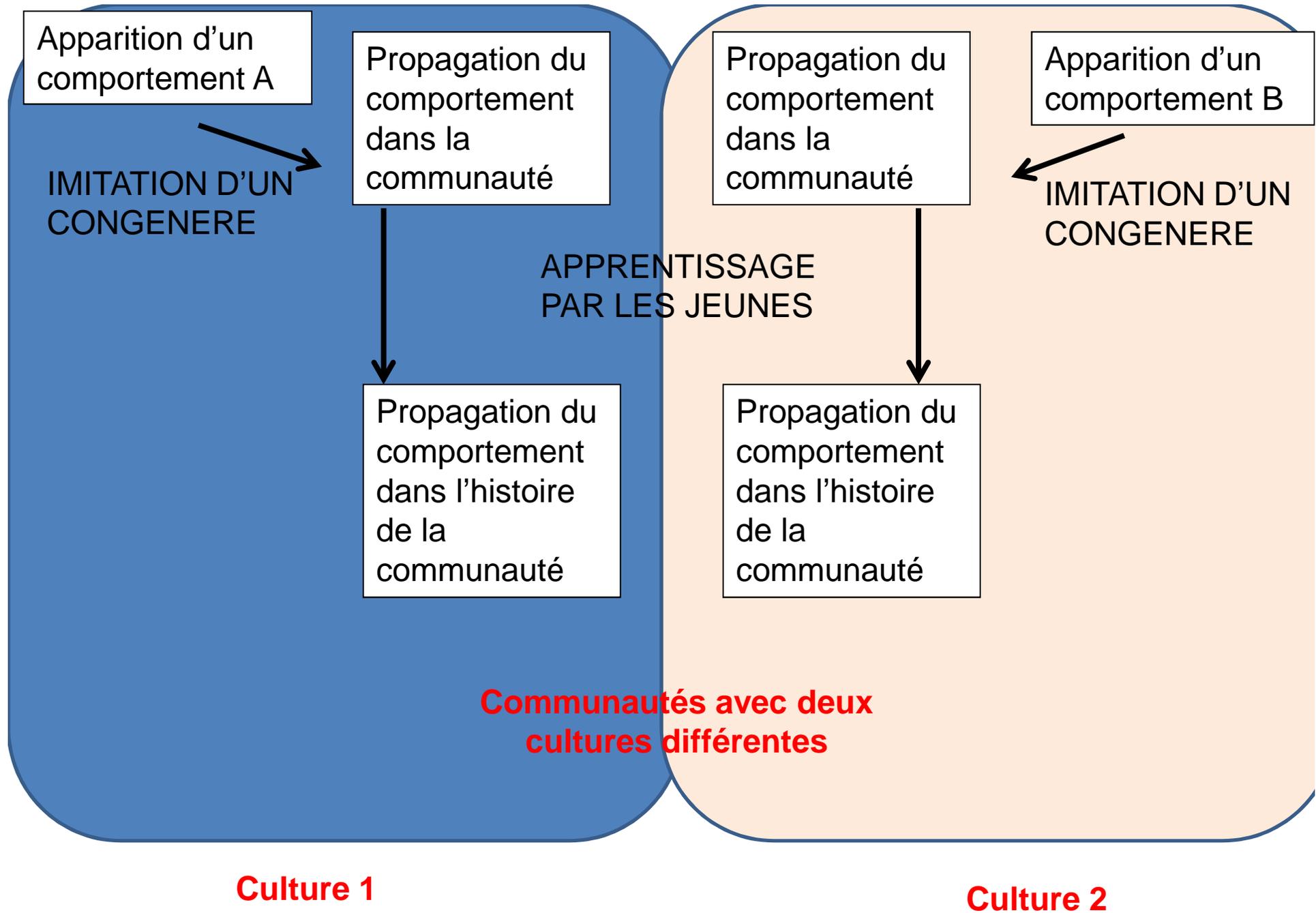


Nombre d'individus ayant appris le comportement de lavage du blé entre 1956 et 1962.

Des cultures variées chez le chimpanzé

- Culture Taiï : percuteur / bâton à fourmis
- Culture Gombe : bâton à fourmis / pas de percuteur
- Culture Mahale : pas de percuteur ni de bâton ...
- *Pas d'argument écologique expliquant ces différences*





Transmission culturelle chez le Castor



Transmission culturelle des comportements

- **source de diversification** du vivant (permet de transmettre dans une communauté puis au cours des générations des comportements apparus chez un individu) **non génétique**

Conclusion

- Quelques mécanismes de diversification du vivant (non exhaustif)
- Enrichissement de la biodiversité
- Rôle très important dans les mécanismes de l'évolution

Une idée pour bien réviser

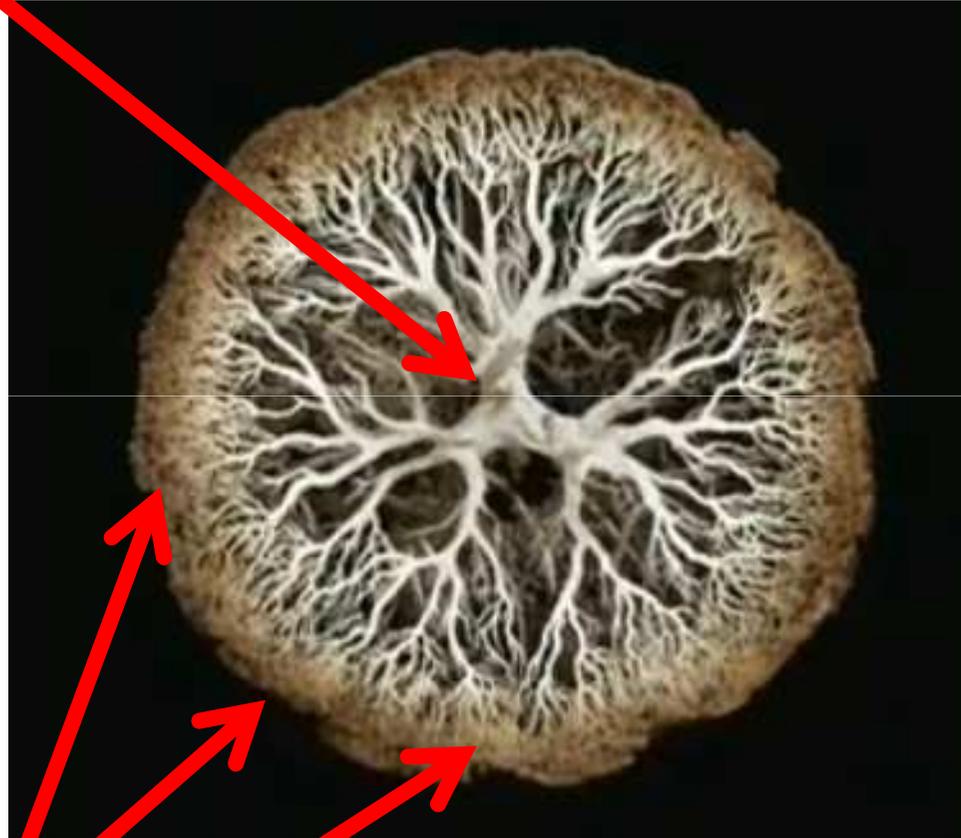
Construire un **tableau bilan** avec tous les **mécanismes de diversification vus** (brassage intra et inter chromosomique au cours de la méiose, brassage au cours de la fécondation, anomalies de la méiose provoquant une anomalie du nombre de chromosome, crossing over inégal, modification de l'expression de gènes de développement, polyploïdisation, transfert horizontal, symbiose, transmission culturelle des comportements)

Et pour chaque mécanisme:

- Définition
- Mécanisme : Comment ça se produit?
- En quoi cela crée de la diversité?

L'arbre du vivant

Un ancêtre commun



**Plusieurs millions
d'espèces actuelles
ou passées.**

Chapitre 3

- Quels sont les mécanismes qui entraînent la persistance ou la disparition d'un caractère nouveau ?