

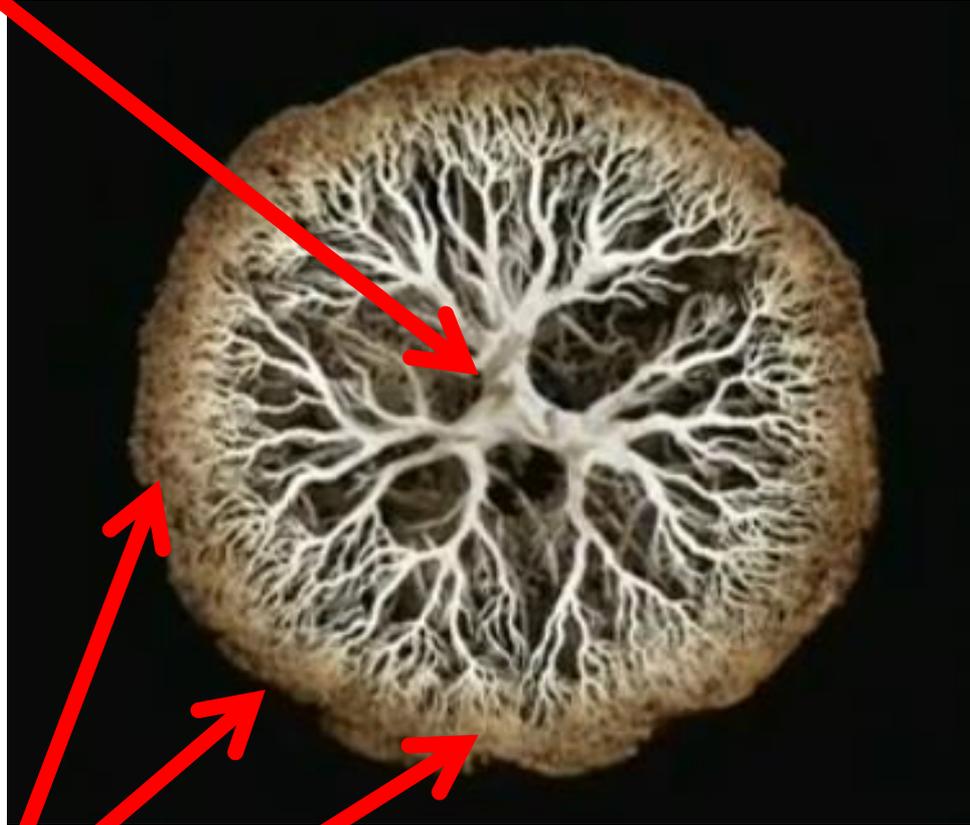
TS

# ***Thème I: Génétique et évolution***



# L'arbre du vivant

**Un ancêtre commun**

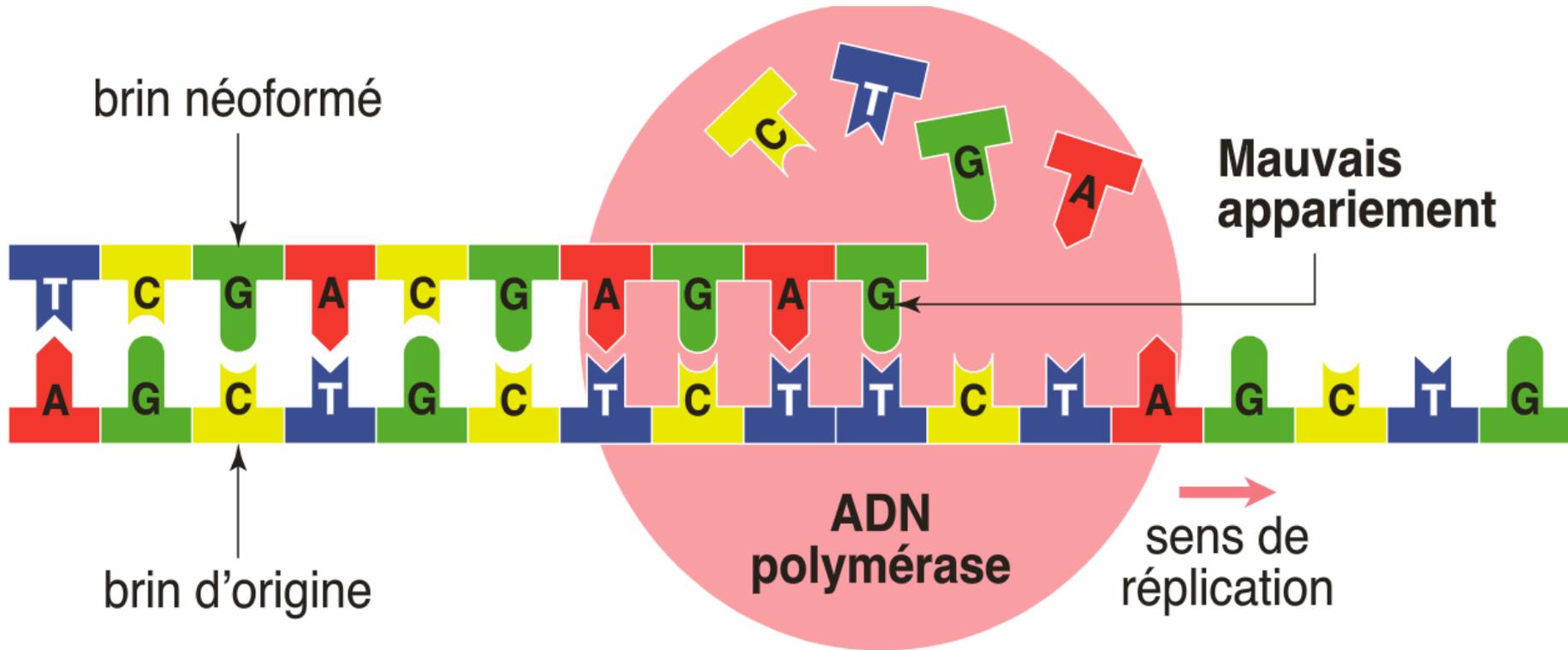


**Plusieurs millions  
d'espèces actuelles  
ou passées.**

Quels sont les mécanismes  
générateurs de diversité au sein  
du vivant ?

# Thème : Génétique et évolution.

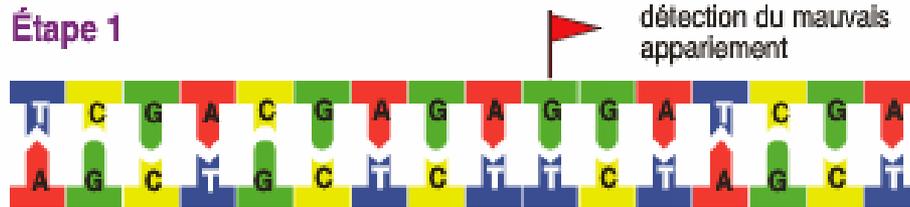
## Chapitre 2 : Mécanismes de diversification des êtres vivants



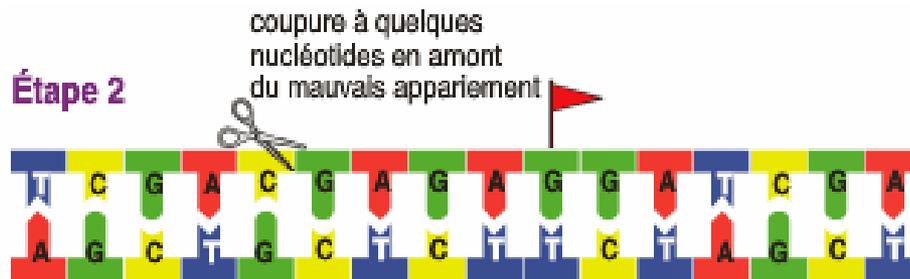
**L'ADN polymérase commet 1 erreur sur 100 000 nucléotides**

## Les étapes de la correction d'une erreur d'appariement

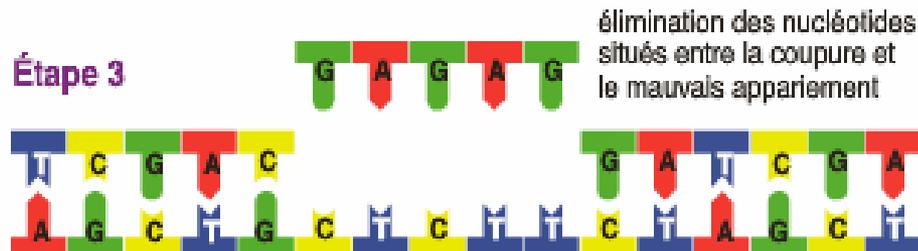
### Étape 1



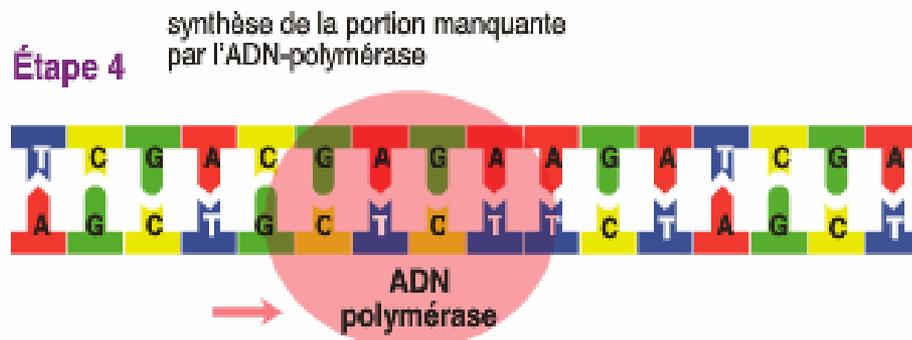
### Étape 2



### Étape 3

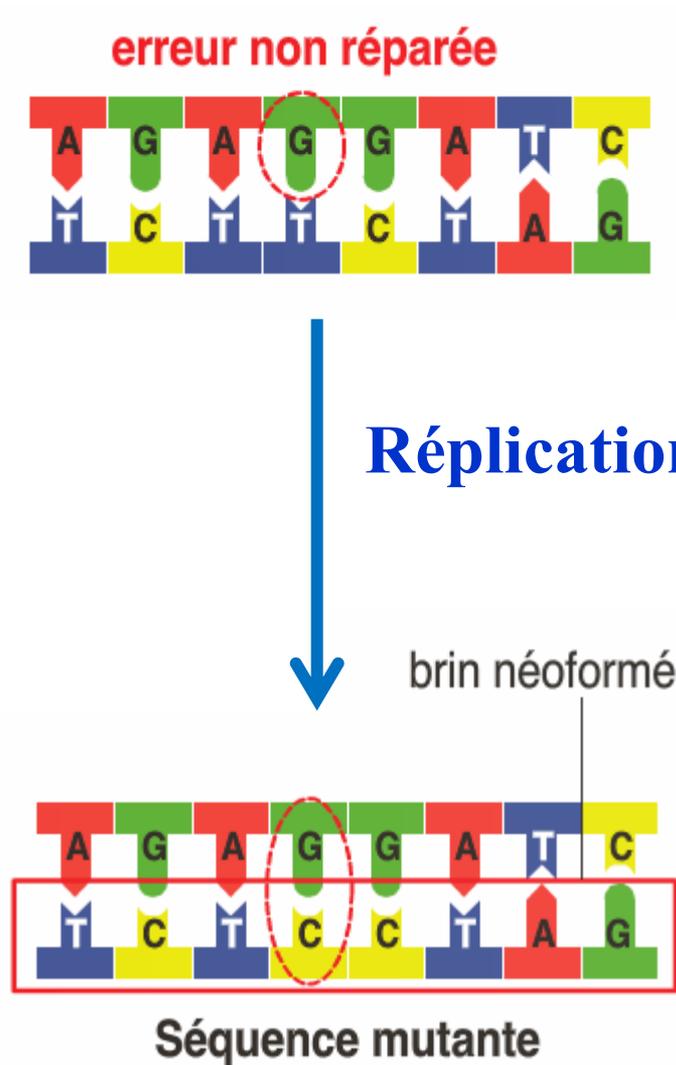


### Étape 4

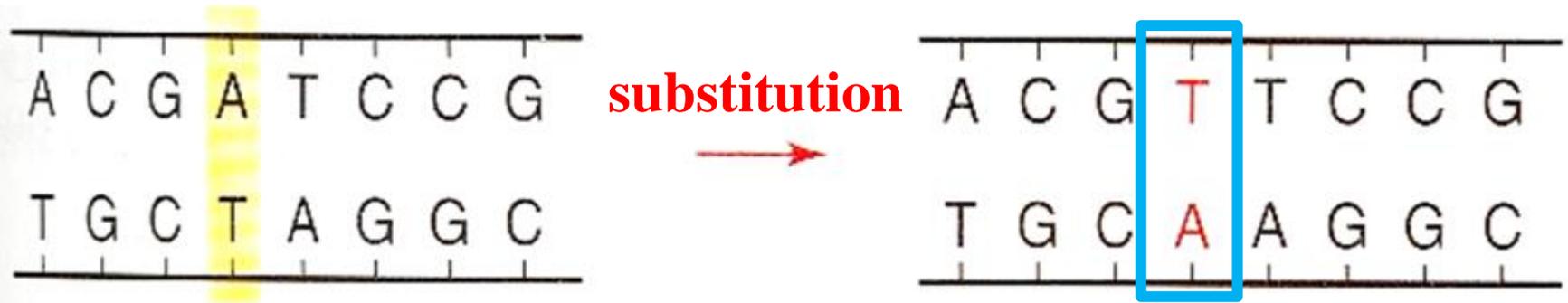


**=> 99,9 % des erreurs sont corrigées**

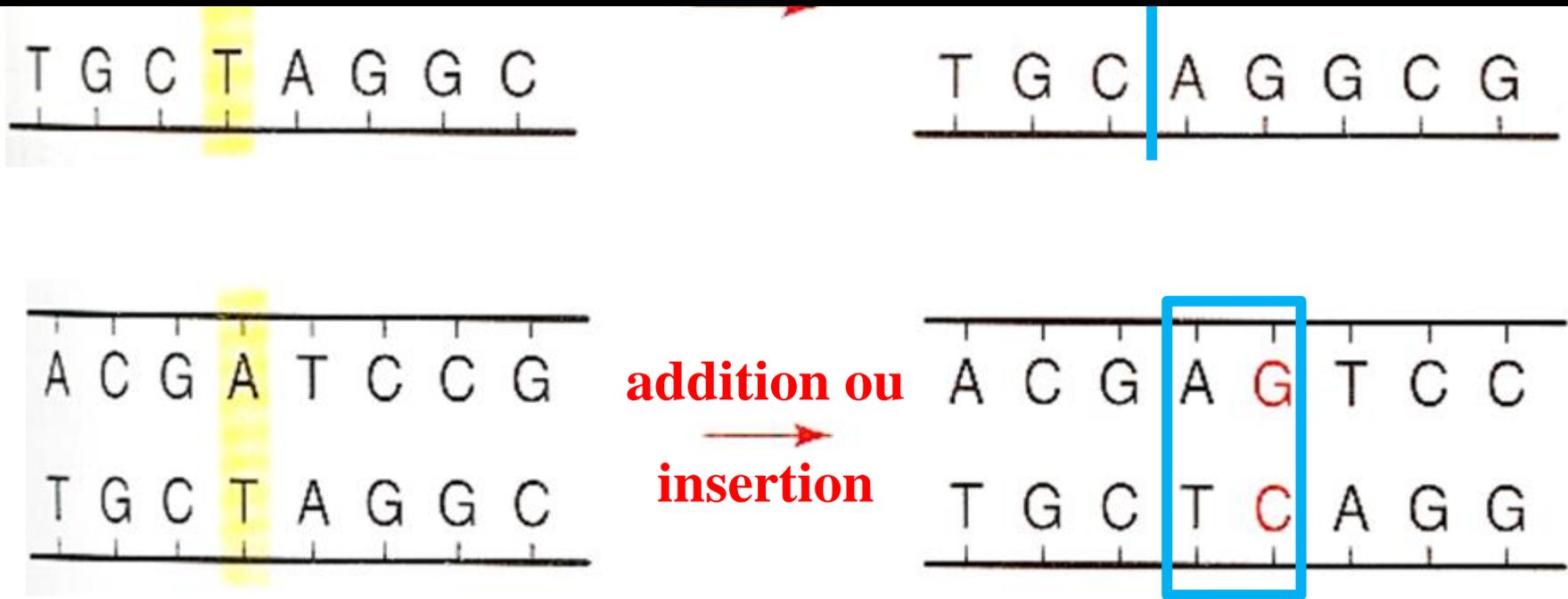
# Si l'erreur d'appariement n'est pas réparée ...



**=> mutation**



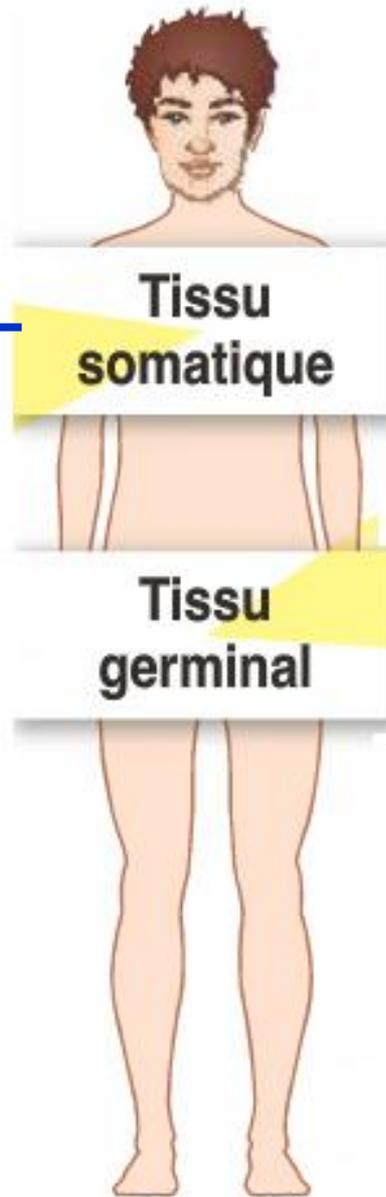
# Diversité : création d'une nouvelle version d'un gène (= allèle)



# Le devenir d'une mutation dépend de la cellule qu'elle affecte

Toutes les cellules  
de l'organismes  
sauf les cellules  
reproductrices

La mutation  
n'est pas  
transmise à la  
descendance



Cellules à l'origine  
des gamètes (ovules  
ou spermatozoïdes)

La mutation  
peut être  
transmise à la  
descendance

**Quels mécanismes (autres que les mutations) créent de la diversité ?**

# Thème : Génétique et évolution.

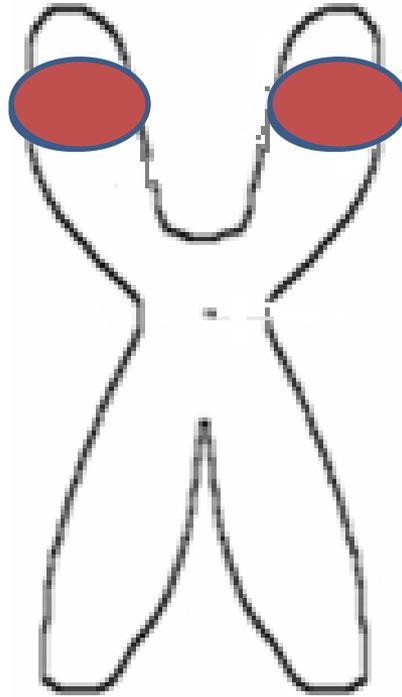
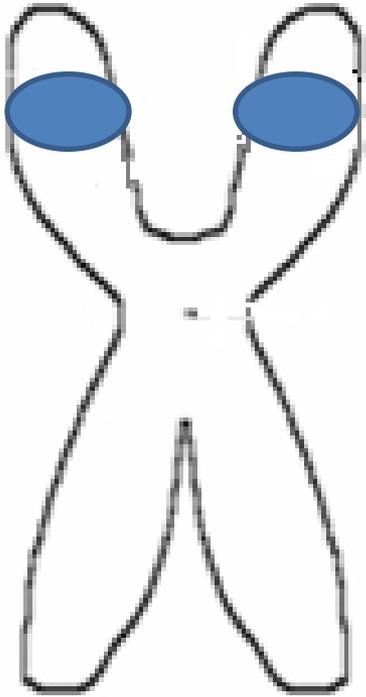
## Chapitre 2 : Mécanismes de diversification des êtres vivants

### I. Les mécanismes génétiques ayant lieu au cours de la reproduction sexuée (méiose et fécondation)

#### A. Les brassages génétiques au cours de la méiose

##### 1. Définitions et conventions d'écriture

## Quelques rappels



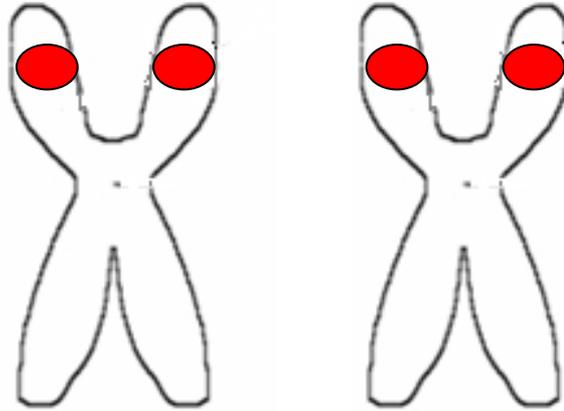
Même gène au même locus  
sur deux chromosomes  
homologues

Les deux chromosomes  
homologues peuvent  
porter les mêmes allèles  
ou des allèles différents

Un chromosome à  
deux chromatides

Une paire de chromosomes homologues

# définitions

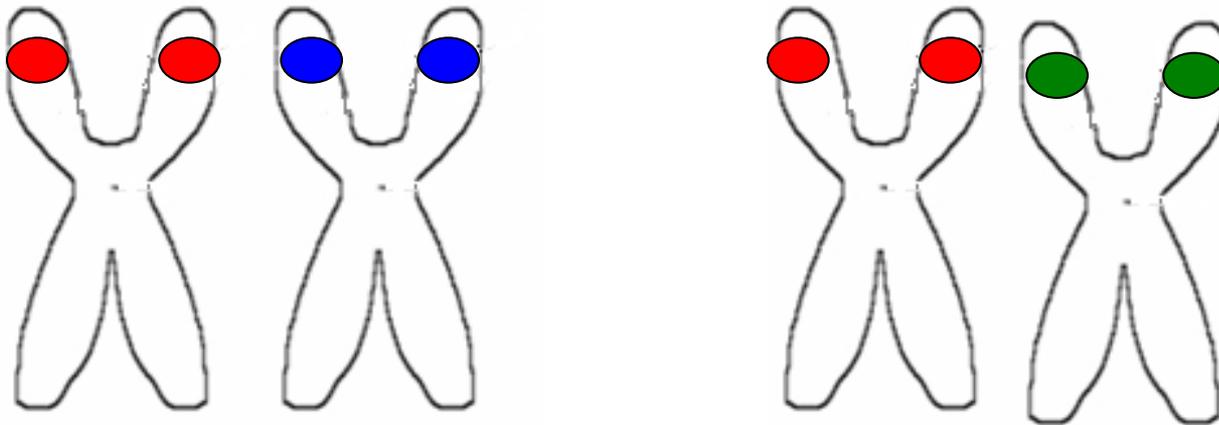


● Allèle A

● Allèle B

● Allèle O

Individu homozygote pour le gène responsable des groupes sanguins



Individu hétérozygote pour le gène responsable des groupes sanguins

## Conventions d'écriture du phénotype et du génotype

phénotype



S'écrit entre [ ]

génotype



S'écrit entre ( )

Cellule diploïde



Les deux allèles sont séparés par deux barres obliques symbolisant les 2 chr. homologues

Cellule haploïde  
(gamète)

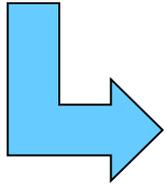


L'allèle est écrit avant une barre oblique symbolisant 1 chr. de la paire

## Conventions d'écriture du phénotype et du génotype

Gène 1 Allèle A et a  
Gène 2 allèle B et b

Si les deux gènes sont indépendants ( pas sur la même paire d'homologues)



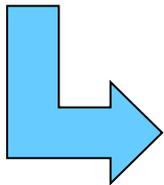
Génotype

★(A//A,B//B)  
★(A//a,B//b)  
★(a//a, b//b) .....

Phénotype

★[AB]  
★[AB]  
★[ab]

Si les deux gènes sont liés (sur la même paire d'homologues)



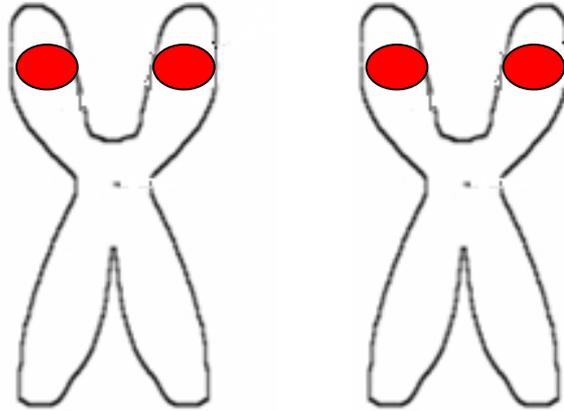
Génotype

★(AB//AB)  
★(AB//ab)  
★(ab//ab) .....

Phénotype

★[AB]  
★[AB]  
★[ab]

# définitions

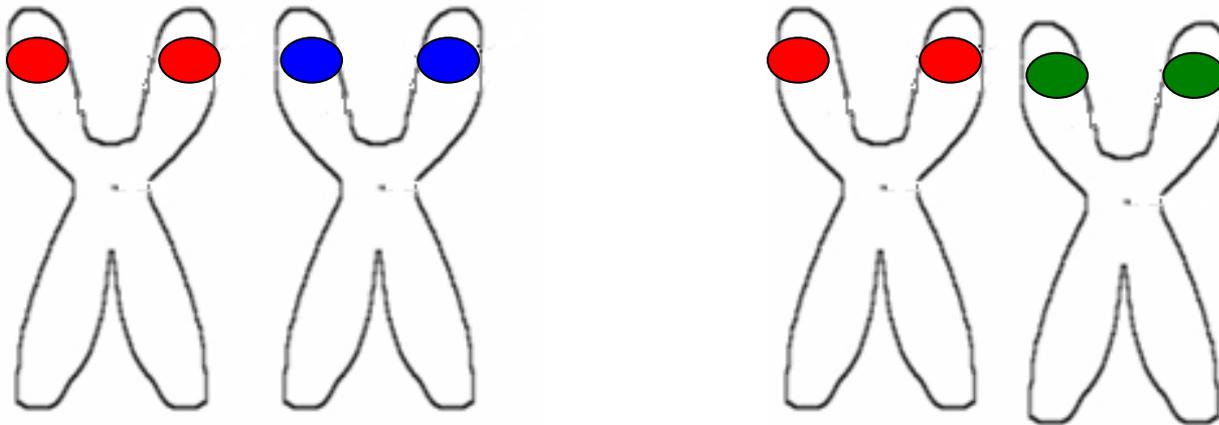


● Allèle A

● Allèle B

● Allèle O

Individu homozygote pour le gène responsable des groupes sanguins



Individu hétérozygote pour le gène responsable des groupes sanguins

# Thème : Génétique et évolution.

## Chapitre 2 : Mécanismes de diversification des êtres vivants

### I. Les mécanismes génétiques ayant lieu au cours de la reproduction sexuée (méiose et fécondation)

#### A. Les brassages génétiques au cours de la méiose

##### 1. Définitions et conventions d'écriture

##### 2. Les croisements tests et leur intérêt.



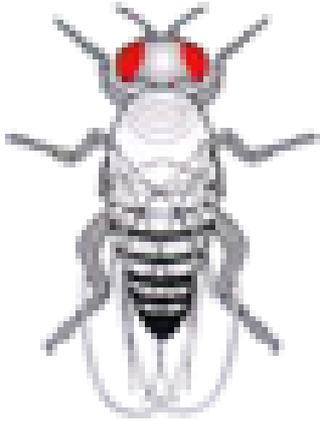
<b>Phénotype</b>
------------------

[vg]
------

Peut-on déduire son génotype ?

<b>Génotype</b>
-----------------

(vg//vg)
----------

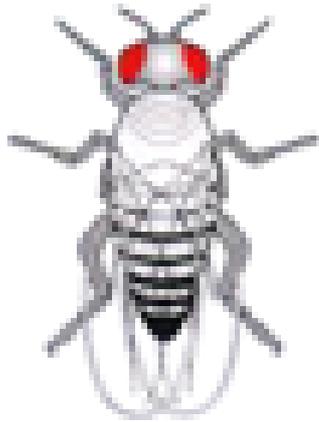


<b>Phénotype</b>
[ailes longues]

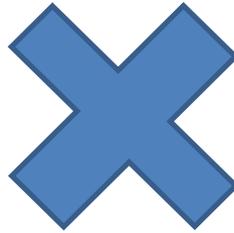
Peut-on déduire son génotype ?

<b>Génotype possible n°1</b>	<b>Génotype possible n°2</b>
$(vg^{+//}vg)$	$(vg^{+//}vg^{+})$

**A**  
Génotype  
inconnu



**croisement test**

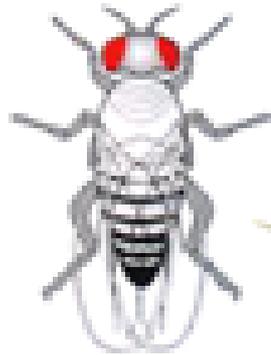


**B**  
Individu homozygote  
récessif pour le gène  
étudié



# 1<sup>er</sup> cas: descendance homogène

**A**  
Génotype  
inconnu



X

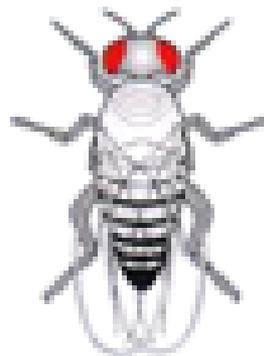


**B**  
Individu homozygote  
récessif pour le gène  
étudié



■

**D**  
100%



2<sup>nd</sup> cas : descendance hétérogène



50%

Drosophiles  
à ailes vestigiales,  
corps gris



D

50%

Drosophiles  
à ailes longues,  
corps gris



EE

**Les phénotypes des individus issus du croisement test correspondent aux génotypes des gamètes produits par l'individu que l'on étudie**

# Thème : Génétique et évolution.

## Chapitre 2 : Mécanismes de diversification des êtres vivants

### I. Les mécanismes génétiques ayant lieu au cours de la reproduction sexuée (méiose et fécondation)

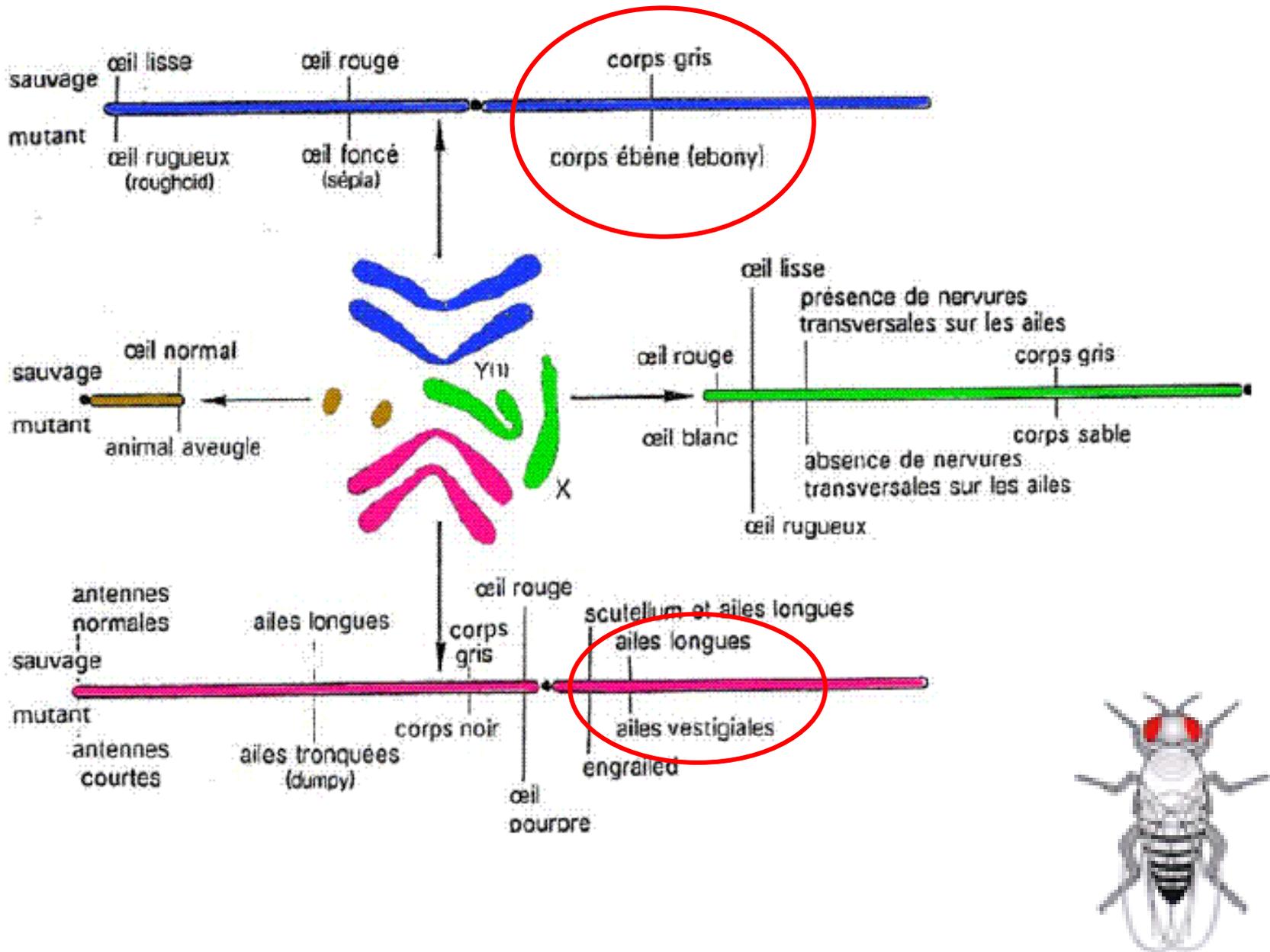
#### A. Les brassages génétiques au cours de la méiose

1. Définitions et conventions d'écriture

2. Les croisements tests et leur intérêt.

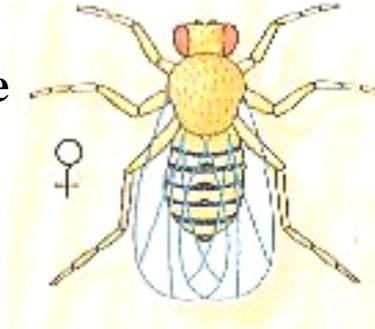
3. Le brassage inter chromosomique.

# Localisation des gènes sur les chromosomes de la drosophile



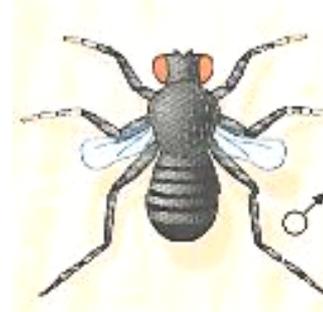
**Analyse de résultats de croisements effectués chez la drosophile.**  
**(Pour des caractères codés par des gènes situés sur 2 chromosomes différents = gènes indépendants)**

Femelle de lignée pure



**(Vg+//Vg+; eb+//eb+)**

×



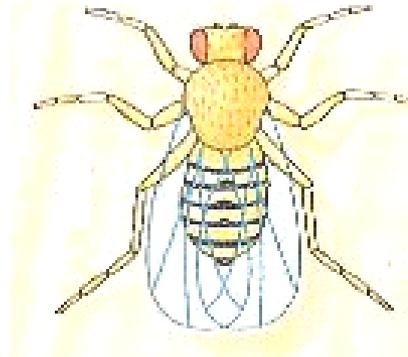
mâle de lignée pure

**(Vg//Vg ; eb//eb)**



**100 %**

Hétérozygote



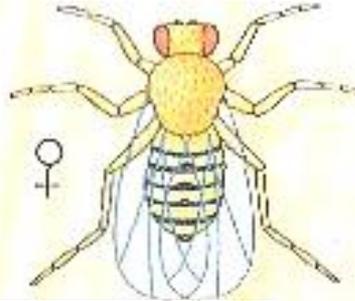
**F1**

**(Vg+//Vg ; eb+//eb)**

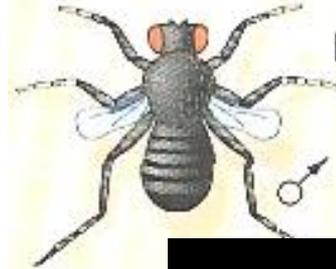
# Test-cross



Hybride F<sub>1</sub>  
ailes longues [L]  
corps gris [G]  
femelle



×



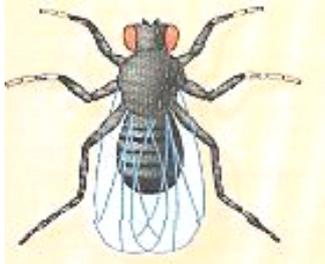
Drosophile homozygote  
ailes vestigiales [vg]  
corps noir [n]  
(double récessif)  
mâle

**(Vg+//Vg ; eb+//eb)**

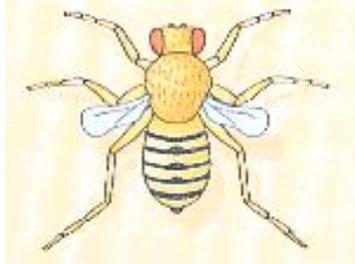
**(Vg//Vg ; eb//eb)**

Quatre phénotypes

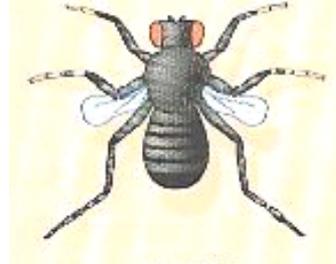
**L'hybride de la F1 a produit 4 types de gamètes**



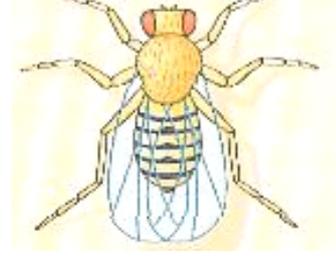
**[vg+;eb]**



**[vg;eb+]**



**[vg;eb]**

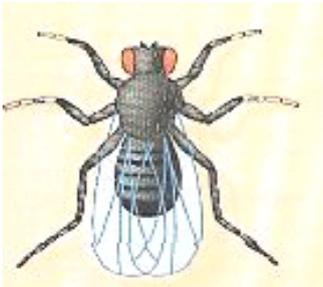


**[vg+;eb+]**

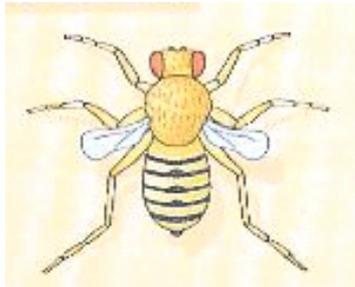
Test-cross



L'hybride de la F1 a produit 4 types de gamètes en proportion équiprobable => la séparation des chromosomes homologues est aléatoire et indépendante pour chaque paire



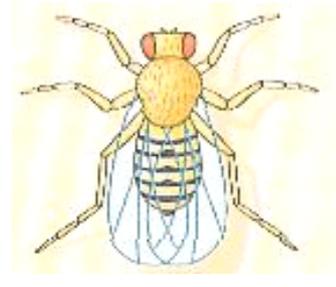
**[vg+;eb]**  
**25 %**



**[vg;eb+]**  
**25 %**

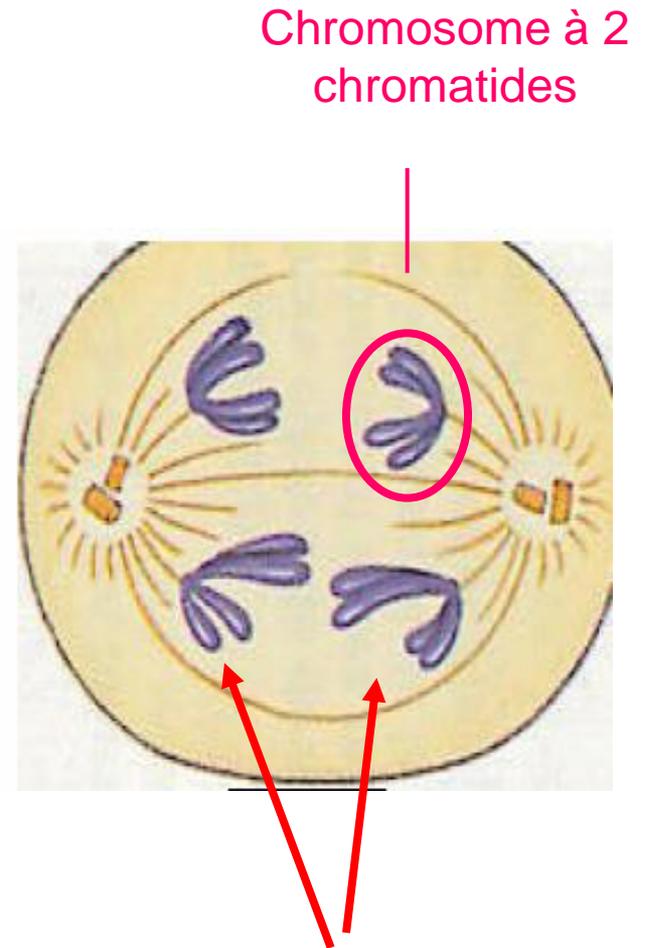


**[vg;eb]**  
**25 %**



**[vg+;eb+]**  
**25 %**

## Anaphase I



Chromosome à 2 chromatides

2 chromosomes homologues

## Brassage inter chromosomique

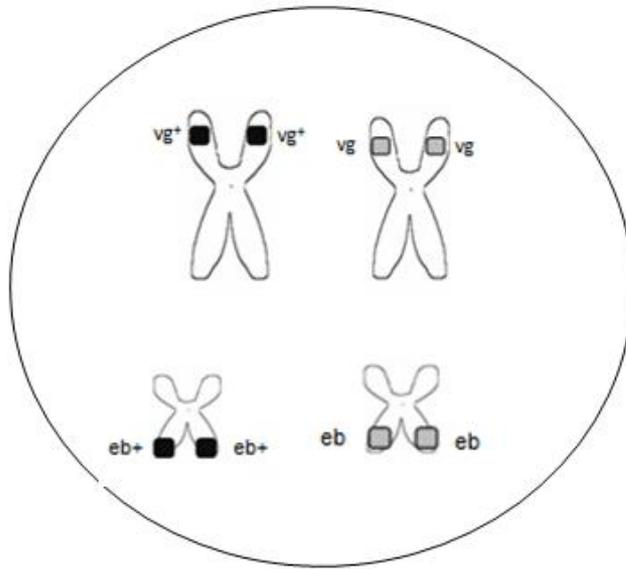
- **gènes indépendants**
- Correspond à une **association aléatoire des chromosomes** (donc des allèles qu'ils portent) dans les gamètes.
- **anaphase de la 1<sup>ère</sup> division méiotique**
- dû à la répartition **aléatoire et indépendante pour chaque paire** des chromosomes homologues dans les différents gamètes

# Répartition aléatoire des chromosomes en anaphase 1 de méiose

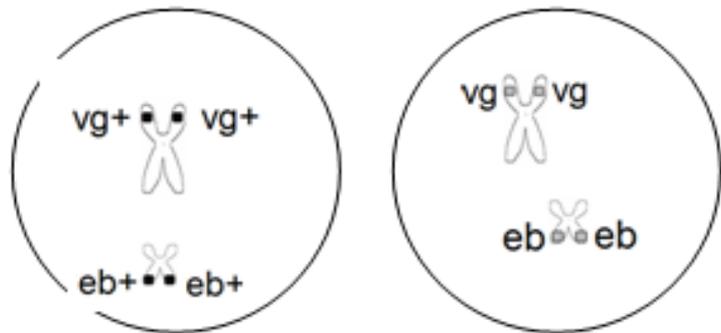
**F1**



♂ ou ♀  
(ailes longues,  
corps gris)



Anaphase 1

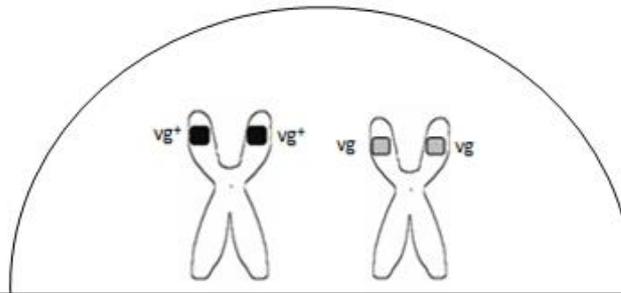


**OU**

Anaphase 1

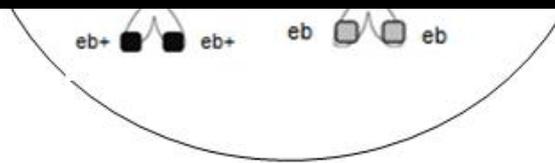


F1

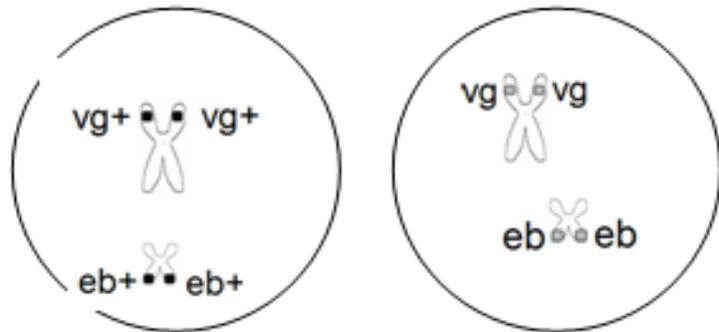


# Associations nouvelles d'allèles

(corps gris)

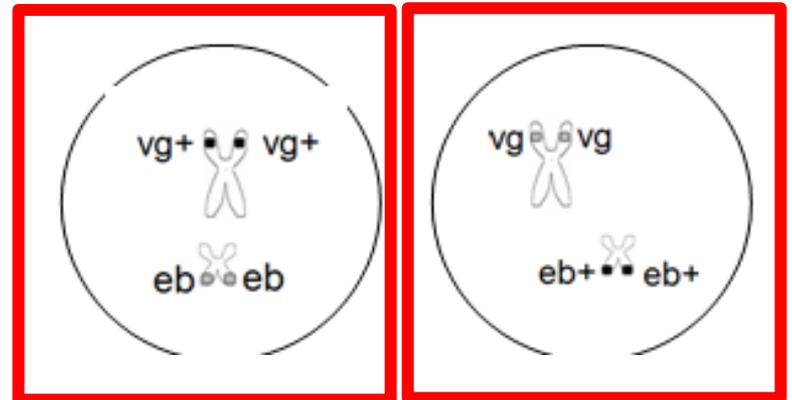


Anaphase 1



**OU**

Anaphase 1

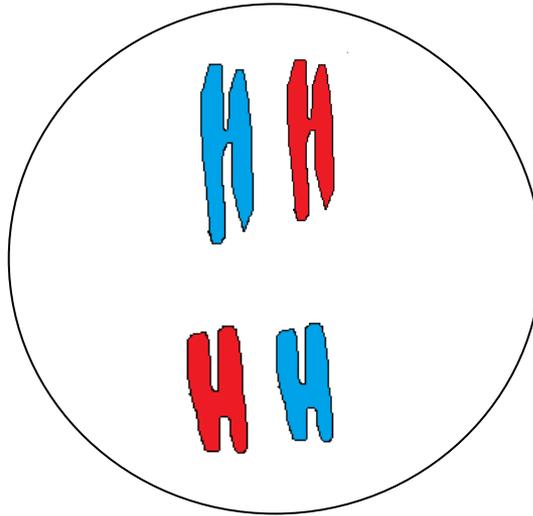


## Brassage inter chromosomique

- **gènes indépendants**
- Correspond à une **association aléatoire des chromosomes** (donc des allèles qu'ils portent) dans les gamètes.
- **anaphase de la 1<sup>ère</sup> division méiotique**
- à la répartition **aléatoire et indépendante pour chaque paire** des chromosomes homologues dans les différents gamètes
- crée des **associations d'allèles qui n'existaient pas chez les parents**

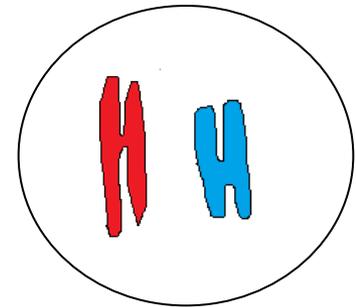
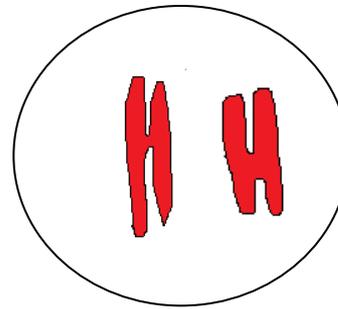
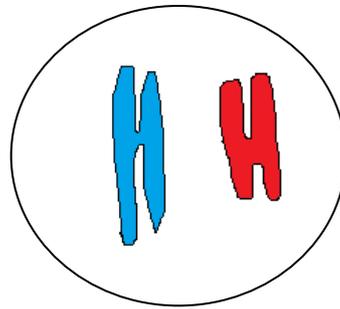
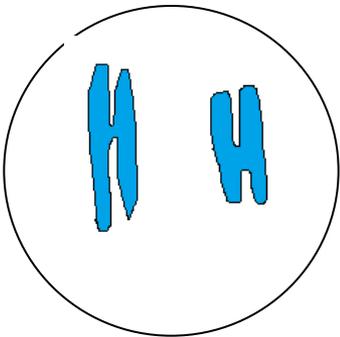
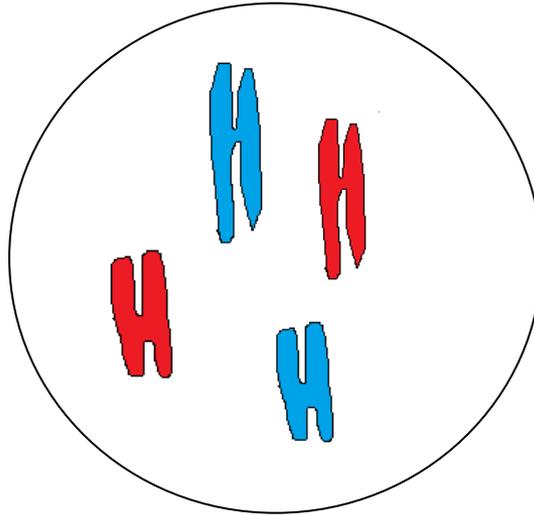
## Répartition aléatoire des chromosomes en anaphase 1 de méiose

Combien de possibilités de combinaisons en fin de 1<sup>ère</sup> division de méiose?



# Répartition aléatoire des chromosomes en anaphase 1 de méiose

4 possibilités



Combien de combinaisons possibles chez  
l'homme?

$$2^{23}$$

# Thème : Génétique et évolution.

## Chapitre 2 : Mécanismes de diversification des êtres vivants

### I. Les mécanismes génétiques ayant lieu au cours de la reproduction sexuée (méiose et fécondation)

#### A. Les brassages génétiques au cours de la méiose

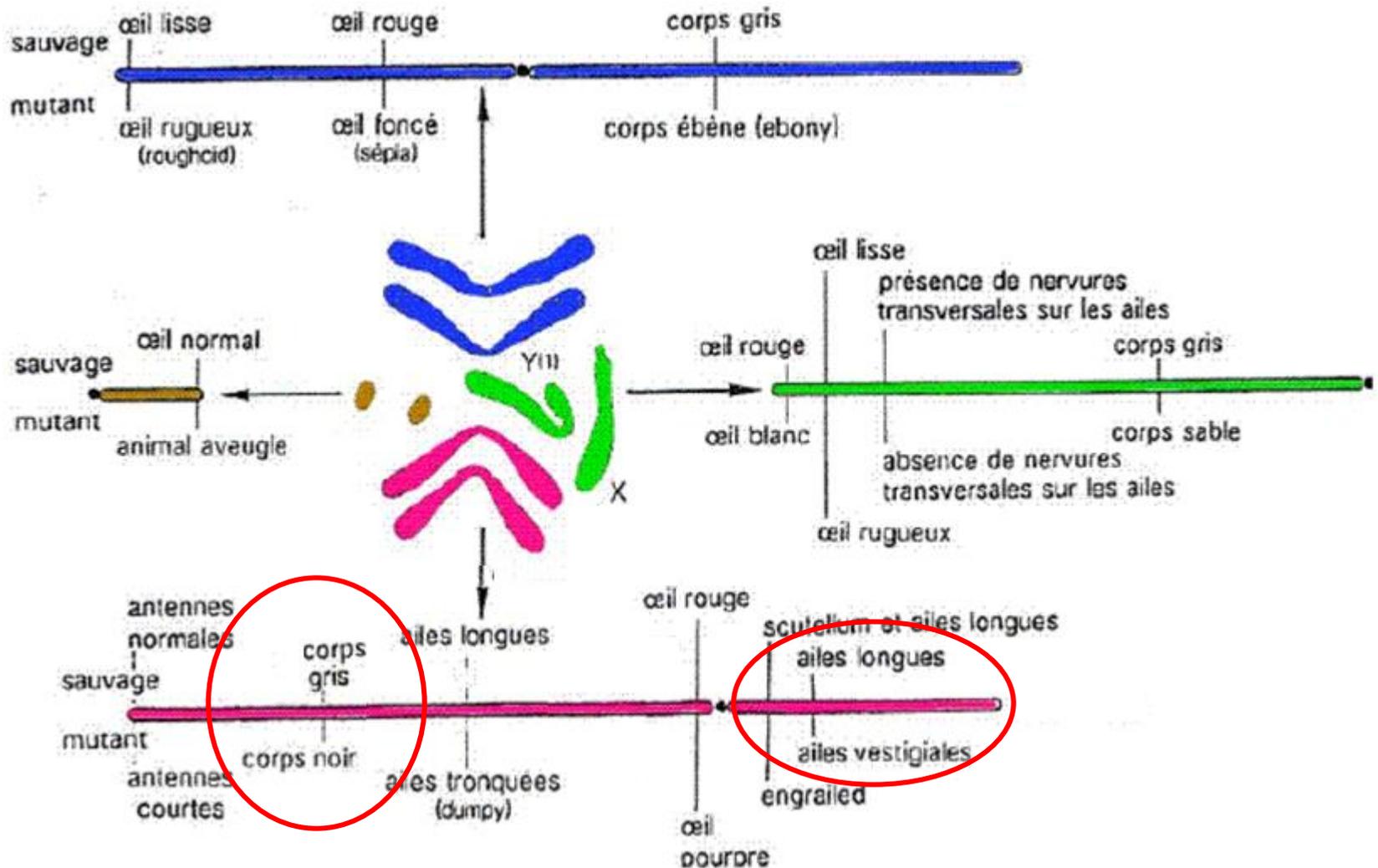
1. Définitions et conventions d'écriture

2. Les croisements tests et leur intérêt.

3. Le brassage inter chromosomique.

4. Le brassage intra chromosomique.

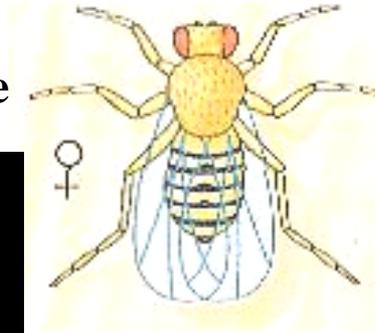
# Localisation des gènes sur les chromosomes de la drosophile



**Analyse de résultats de croisements effectués chez la drosophile.**  
**(Pour des caractères codés par des gènes situés sur le même chromosome = gènes liés)**

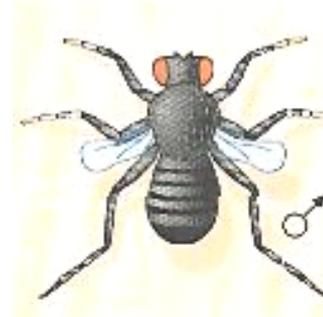
Femelle de lignée pure

**Vg+//Vg+**  
**b+//b+**



**[vg+, b+]**

×



mâle de lignée pure

**Vg//Vg**  
**b//b**

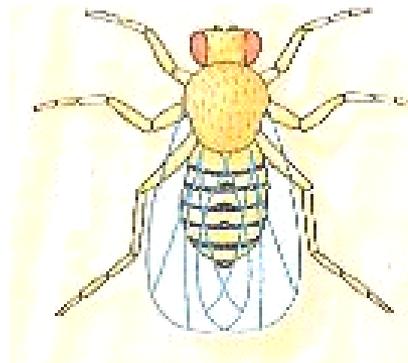
**[vg , b]**



**100 %**

**Vg+//Vg**  
**b+//b**

Hétérozygote



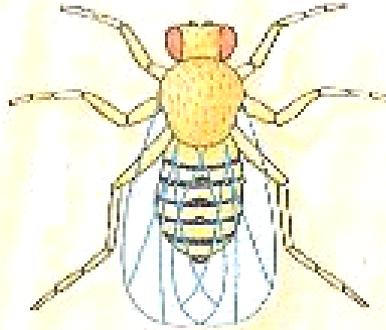
**[vg+,b+]**

**F1**

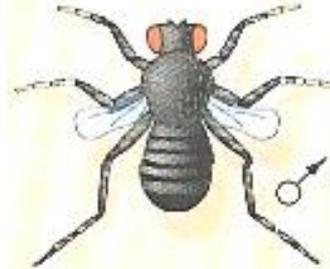
Test-cross

F1

$Vg^{+}/Vg$   
 $b^{+}/b$



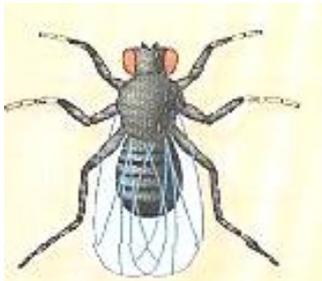
×



Drosophile homozygote  
ailes vestigiales [vg]  
corps noir [n]  
(double recessif)

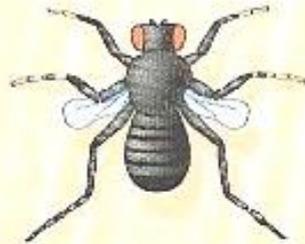
$Vg/Vg$

L'hybride de la F1 a produit 4 types de gamètes en proportion non équiprobable



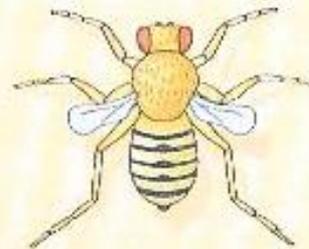
9 %  
ailes longues  
corps noir

$[Vg^{+}, b]$



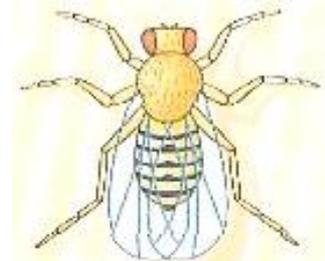
41 %  
ailes vestigiales  
corps noir

$[Vg, b]$



9 %  
ailes vestigiales  
corps gris

$[Vg, b^{+}]$



41 %  
ailes longues  
corps gris

$[Vg^{+}, b^{+}]$

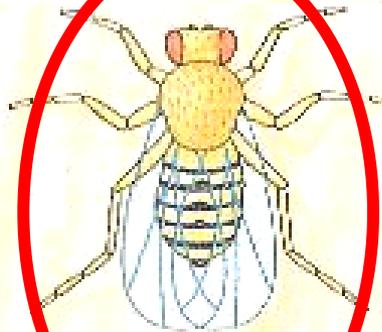
82% de phénotypes parentaux

18% de phénotypes recombinés

F1

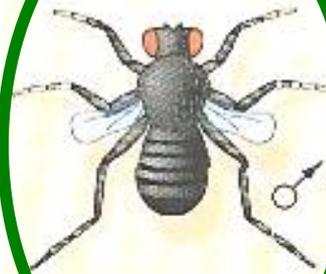
$Vg^{+}/Vg$   
 $b^{+}/b$

Hétérozygote



$[vg^{+}, b^{+}]$

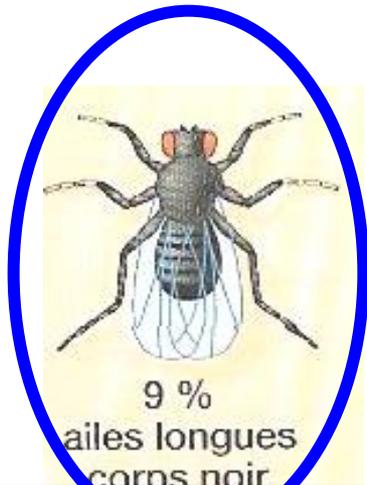
×



Drosophile homozygote  
ailes vestigiales [vg]  
corps noir [n]  
(double récessif)

$Vg/Vg$   
 $b/b$

Quatre phénotypes



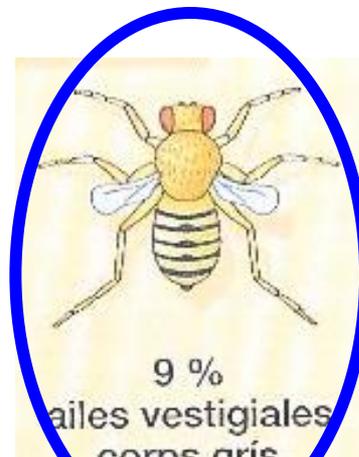
9 %  
ailes longues  
corps noir

$[Vg^{+}, b]$



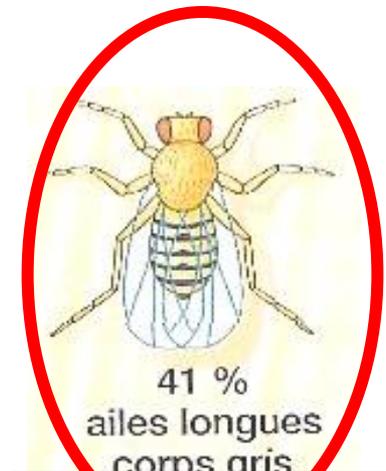
41 %  
ailes vestigiales  
corps noir

$[Vg, b]$



9 %  
ailes vestigiales  
corps gris

$[Vg, b^{+}]$



41 %  
ailes longues  
corps gris

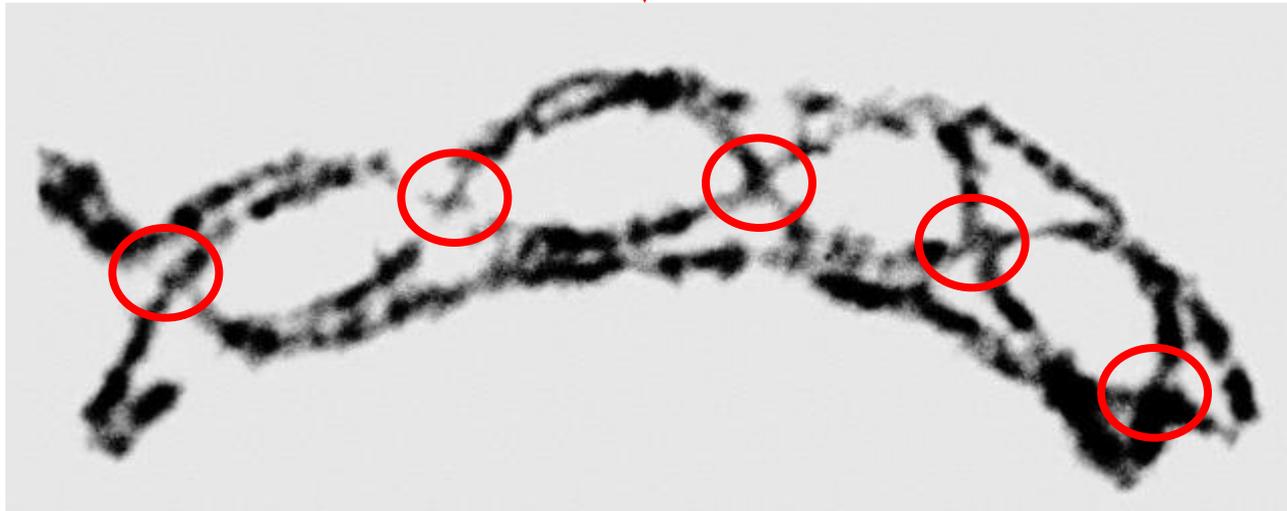
$[Vg^{+}, b^{+}]$

# Prophase de la 1<sup>ère</sup> division méiotique

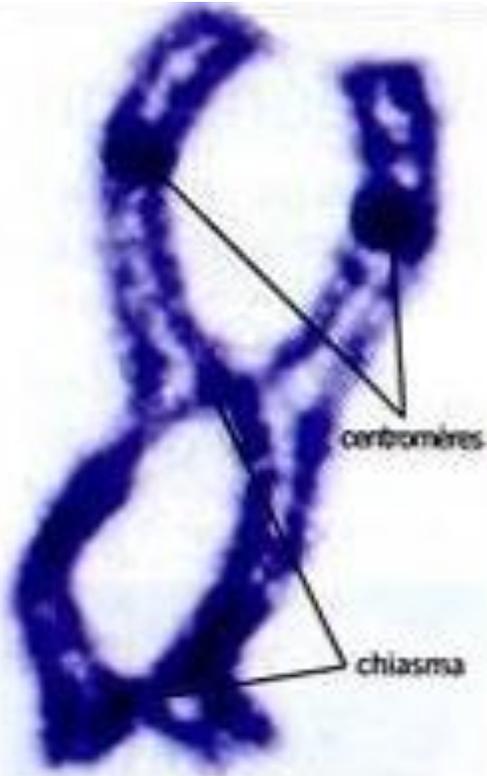
**Appariement des  
chromosomes  
homologues**



**Chiasmata**

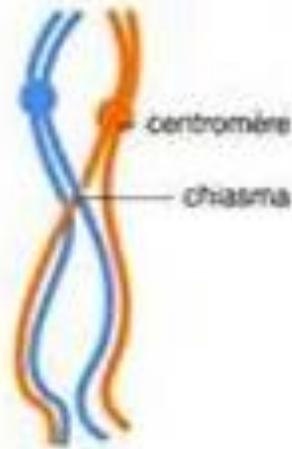


# Mécanisme du crossing over (ou enjambement)



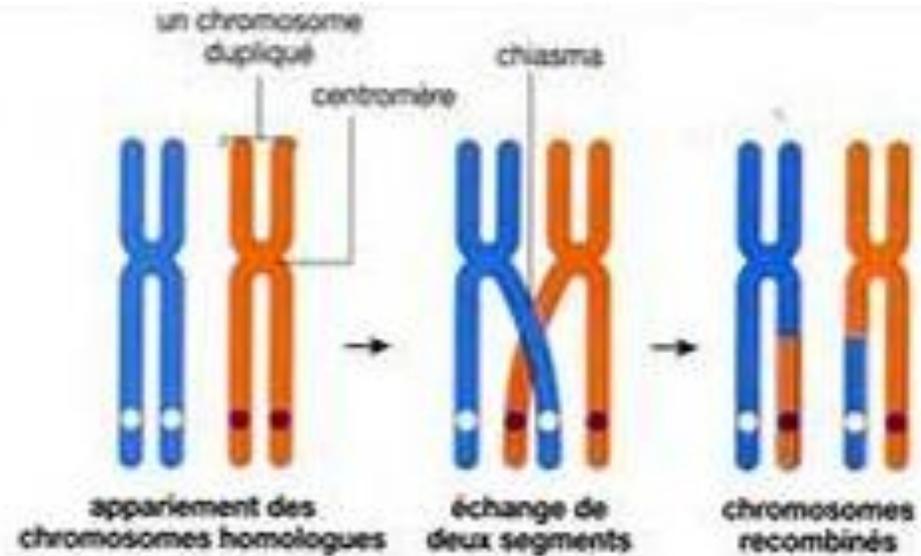
centromères

chiasma



centromère

chiasma



appariement des chromosomes homologues

échange de deux segments

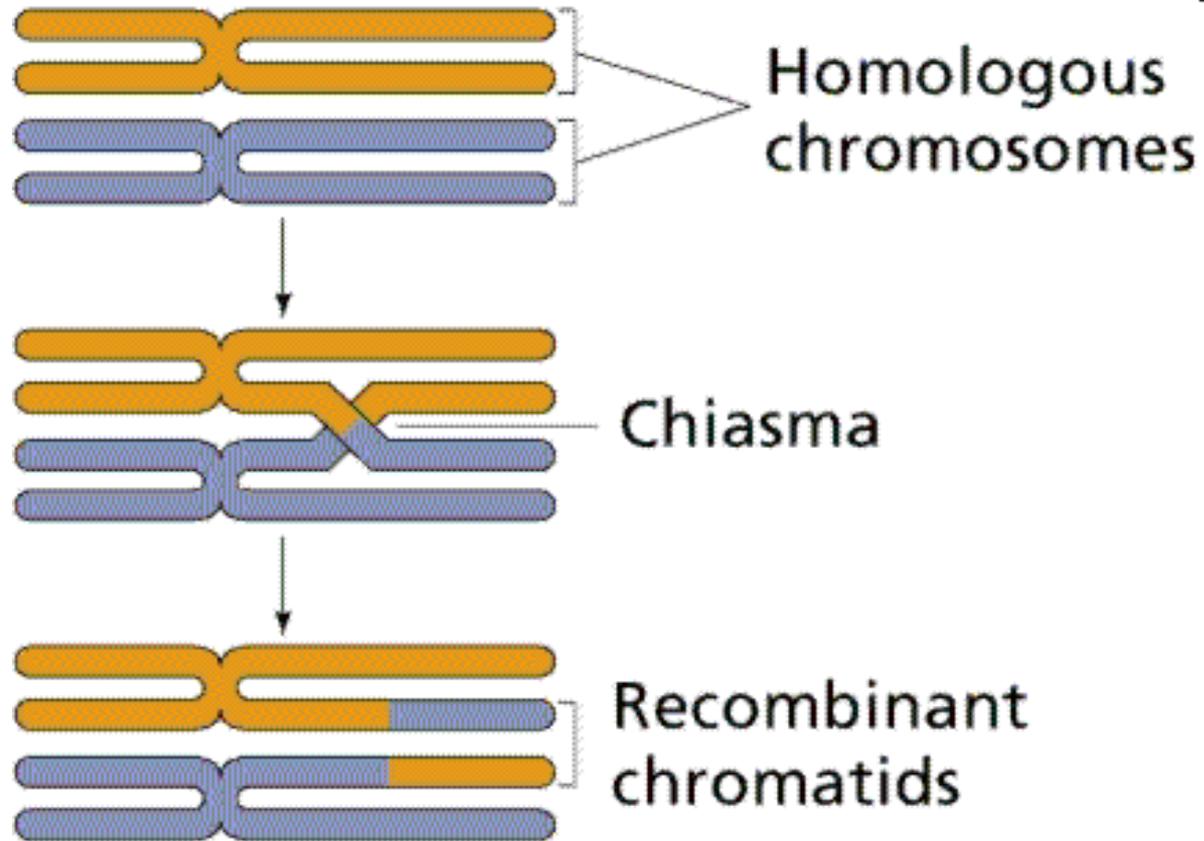
chromosomes recombinés

**Echange de fragments de chromatides entre les 2 chromosomes homologues**

**Crossing over**

Deux chromosomes homologues appariés au cours de la prophase I de la méiose

# Mécanisme du crossing over (enjambement)



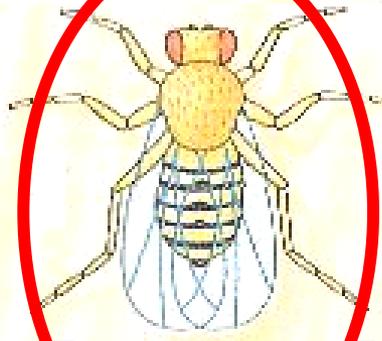
82% de phénotypes parentaux

18% de phénotypes recombinés

F1

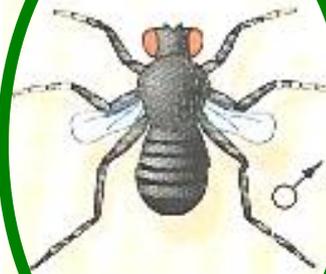
$Vg^{+}/Vg$   
 $b^{+}/b$

Hétérozygote



$[vg^{+}, b^{+}]$

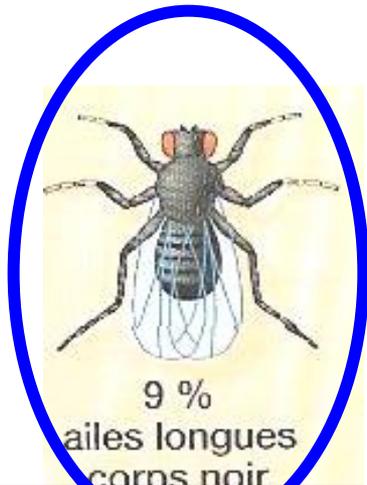
×



Drosophile homozygote  
ailes vestigiales [vg]  
corps noir [n]  
(double récessif)

$Vg/Vg$   
 $b/b$

Quatre phénotypes



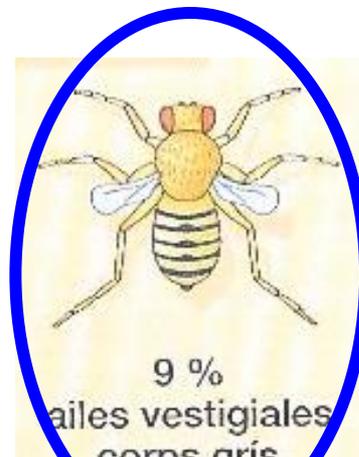
9 %  
ailes longues  
corps noir

$[Vg^{+}, b]$



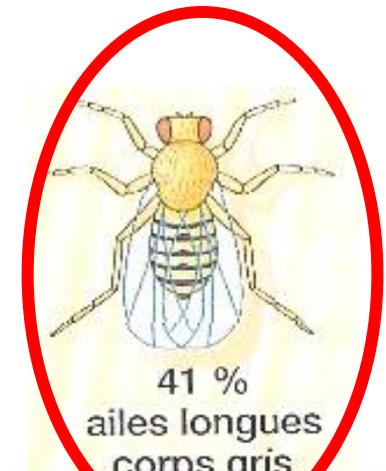
41 %  
ailes vestigiales  
corps noir

$[Vg, b]$



9 %  
ailes vestigiales  
corps gris

$[Vg, b^{+}]$



41 %  
ailes longues  
corps gris

$[Vg^{+}, b^{+}]$

# Thème : Génétique et évolution.

## Chapitre 2 : Mécanismes de diversification des êtres vivants

### I. Les mécanismes génétiques ayant lieu au cours de la reproduction sexuée (méiose et fécondation)

#### A. Les brassages génétiques au cours de la méiose

1. Définitions et conventions d'écriture

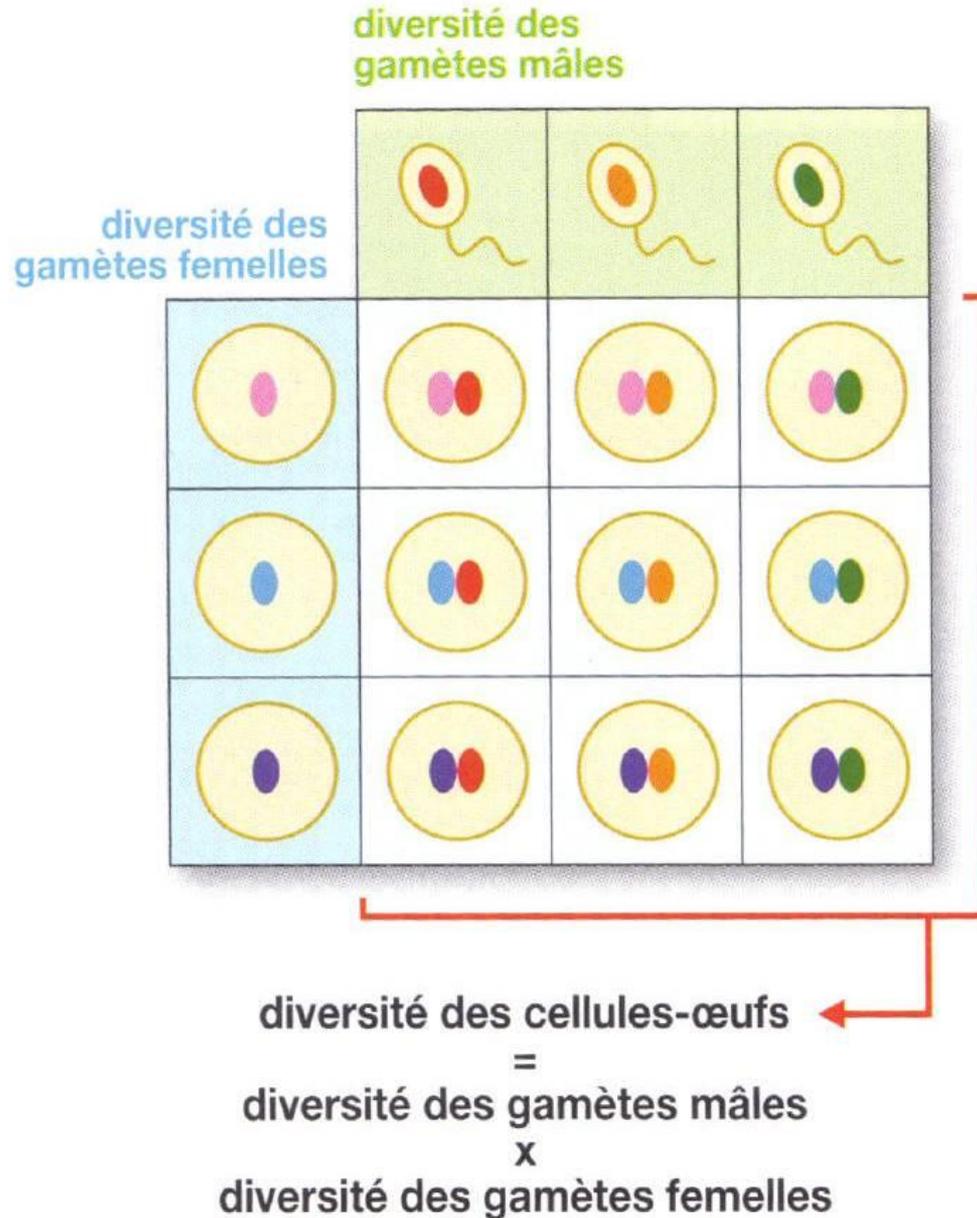
2. Les croisements tests et leur intérêt.

3. Le brassage inter chromosomique.

4. Le brassage intra chromosomique.

#### B. Le brassage génétique au cours de la fécondation

# La fécondation amplifie le brassage génétique



# Bilan sur le brassage lié à la fécondation

## Fécondation

**A quel moment se produit t-il ?**

**Description du mécanisme**

**Comment crée-t-il de la diversité ?**

**Schéma**

# Bilan sur les brassages intra et inter-chromosomiques

	Brassage inter-chromosomique	Brassage intra-chromosomique
Localisation des gènes concernés	Gènes situés sur des paires de chromosomes différentes = <b>gènes indépendants</b>	Gènes situés sur le même chromosome = <b>gènes liés</b>
A quel moment se produit t-il ?	<b>Anaphase 1</b> Lorsque les 2 chromosomes homologues se séparent	<b>prophase 1</b> Lorsque les chromosomes homologues sont étroitement <b>appariés</b> au niveau des <b>chiasmata</b>
Description du mécanisme	Dû à la <b>répartition aléatoire des chromosomes homologues</b> dans les gamètes (1 chromosome d'une paire a autant de chance de se retrouver avec n'importe lequel des chromosomes d'une autre paire)	Dû à un <b>échange de fragments de chromatides (crossing over)</b> entre les 2 chromosomes homologues
Comment crée-t-il de la diversité ?	<b>Grand nombre d'associations possibles</b> de chromosomes => grand nombre de gamètes génétiquement différents : $2^{23}$ chez l'homme <b>Gamètes équiprobables</b>	<b>Crée de nouvelles associations d'allèles</b> sur les chromosomes => formation de gamètes recombinés en faible proportion <b>(gamètes non équiprobables)</b>
Schéma pour 2 gènes		

# Bilan sur le brassage lié à la fécondation

	Fécondation
A quel moment se produit t-il ?	Au moment de la <b>fusion des noyaux</b> du spermatozoïde et de l'ovule (caryogamie)
Description du mécanisme	Dû à la <b>rencontre aléatoire</b> entre un ovule et un spermatozoïde (n'importe quel spermatozoïde du mâle peut s'unir avec n'importe quel ovule de la femelle)
Comment crée-t-il de la diversité ?	Le <b>nombre d'assortiments</b> chromosomiques possible = <b>nombre de spermatozoïdes possibles x nombre d'ovules possibles</b>
Schéma	Echiquier de croisement

# Exercice de type 1

Le caryotype est caractéristique de chaque espèce.

**Expliquez comment la méiose et la fécondation participent à la stabilité du caryotype au cours de la reproduction sexuée.**

Votre exposé sera accompagné de schémas soigneusement légendés en choisissant le caryotype  $2n = 4$ .

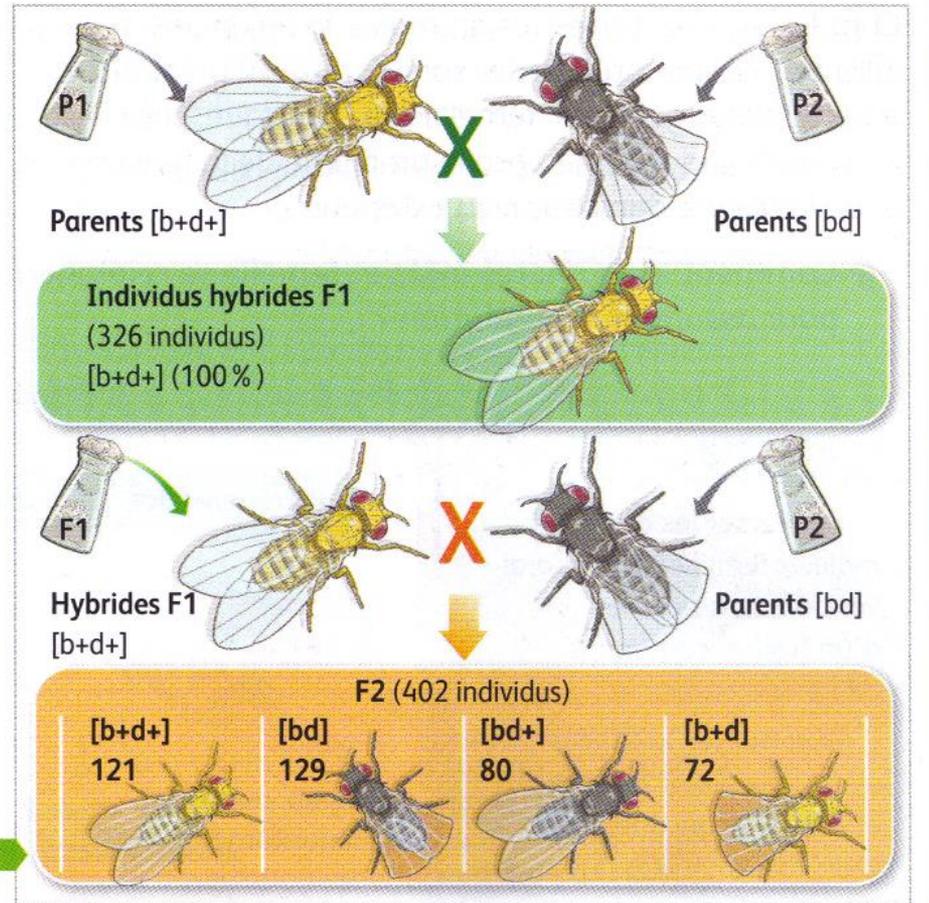
## 9 Brassage génétique chez la drosophile

- On veut étudier la transmission de deux caractères chez la drosophile : couleur du corps, gris ou noir (gène *b*), et forme de l'aile, normale ou tronquée (gène *d* = dumpy).
- Deux croisements successifs sont effectués, le premier utilisant des lignées pures.

### QUESTIONS

- Déterminez les allèles dominants et récessifs d'après le phénotype présent en F1. Écrivez les génotypes correspondant aux différents phénotypes.
- Indiquez le nom du second croisement.
- Calculez les pourcentages de chaque phénotype en F2.
- Émettez une hypothèse concernant la localisation de ces deux gènes (voir page 14).
- Illustrez le comportement des chromosomes portant ces gènes, au cours de la méiose, pour démontrer votre hypothèse.

Croisements de drosophiles pour l'étude des caractères couleur du corps, forme de l'aile.



# Croisement test

- 4 phénotypes F2 équiprobables : gènes indépendants

Le **brassage interchromosomique** est responsable des phénotypes nouveaux

- 4 phénotypes de F2 non équiprobables : gènes liés

Le **brassage intrachromosomique** est responsable des phénotypes nouveaux



Croisement n°1 :	P1	P2
[ ]	[B]	[N]
( )	(B//B)	(N//N)
Méiose, gamètes	(B/)	(n/)
F1	[Bleu] : (B//N) B et N codominants	

Croisement n°2 :	F1	HR	
[ ]	[Bleu]	[B]	
( )	(B//N)	(B//B)	
Méiose, gamètes	(B/), (N/)	(B/)	
Echiquier de croisement	HR/F1	(B/)	(N/)
	(B/)	(B//B)	(N//B)
	[ ]	[B] 50%	[bleu] 50%

Conclusion : Corrélation entre la théorie et l'observation des phénotypes, l'hypothèse est vérifiée, le caractère couleur des poulets est gouverné par un seul gène

# Thème : Génétique et évolution.

## Chapitre 2 : Mécanismes de diversification des êtres vivants

### I. Les mécanismes génétiques ayant lieu au cours de la reproduction sexuée (méiose et fécondation)

#### A. Les brassages génétiques au cours de la méiose

##### 1. Définitions et conventions d'écriture

##### 2. Les croisements tests et leur intérêt.

##### 3. Le brassage inter chromosomique.

##### 4. Le brassage intra chromosomique.

#### B. Le brassage génétique au cours de la fécondation

#### C. Des anomalies au cours de la méiose peuvent créer de la diversité.

##### 1. Une mauvaise disjonction des chromosomes modifie le phénotype.

# Trisomie 21



Un enfant sur 700

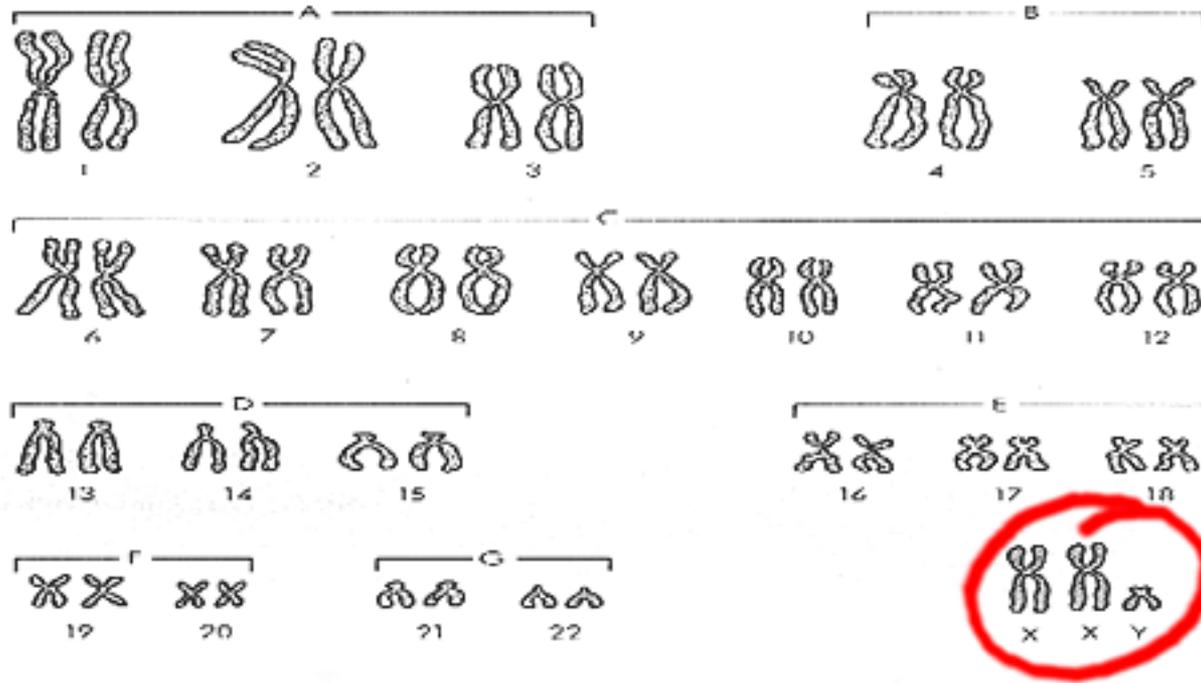


## D'autres anomalies chromosomiques

Trisomie XXY

1/800

Syndrome de Klinefelter



- Homme stérile (testicules atrophiés)
- Aspect androgyne
- Pilosité peu développée
- Développement intellectuel le + souvent normal

## D'autres anomalies chromosomiques

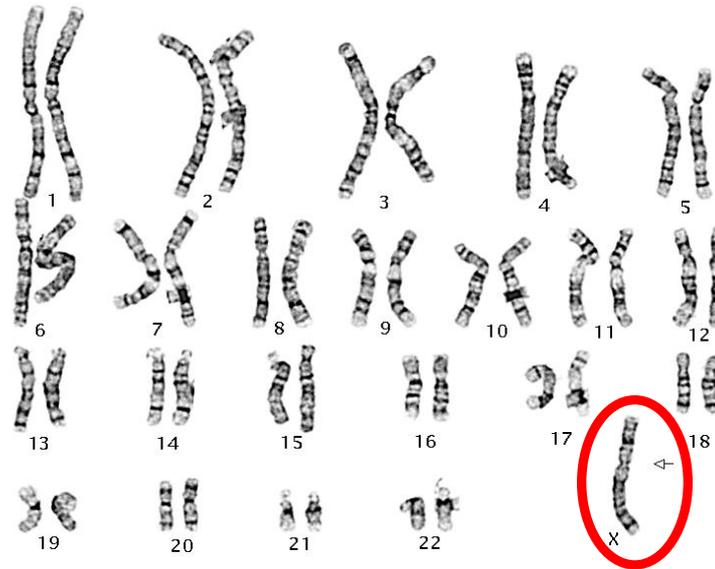
Monosomie X



1/800

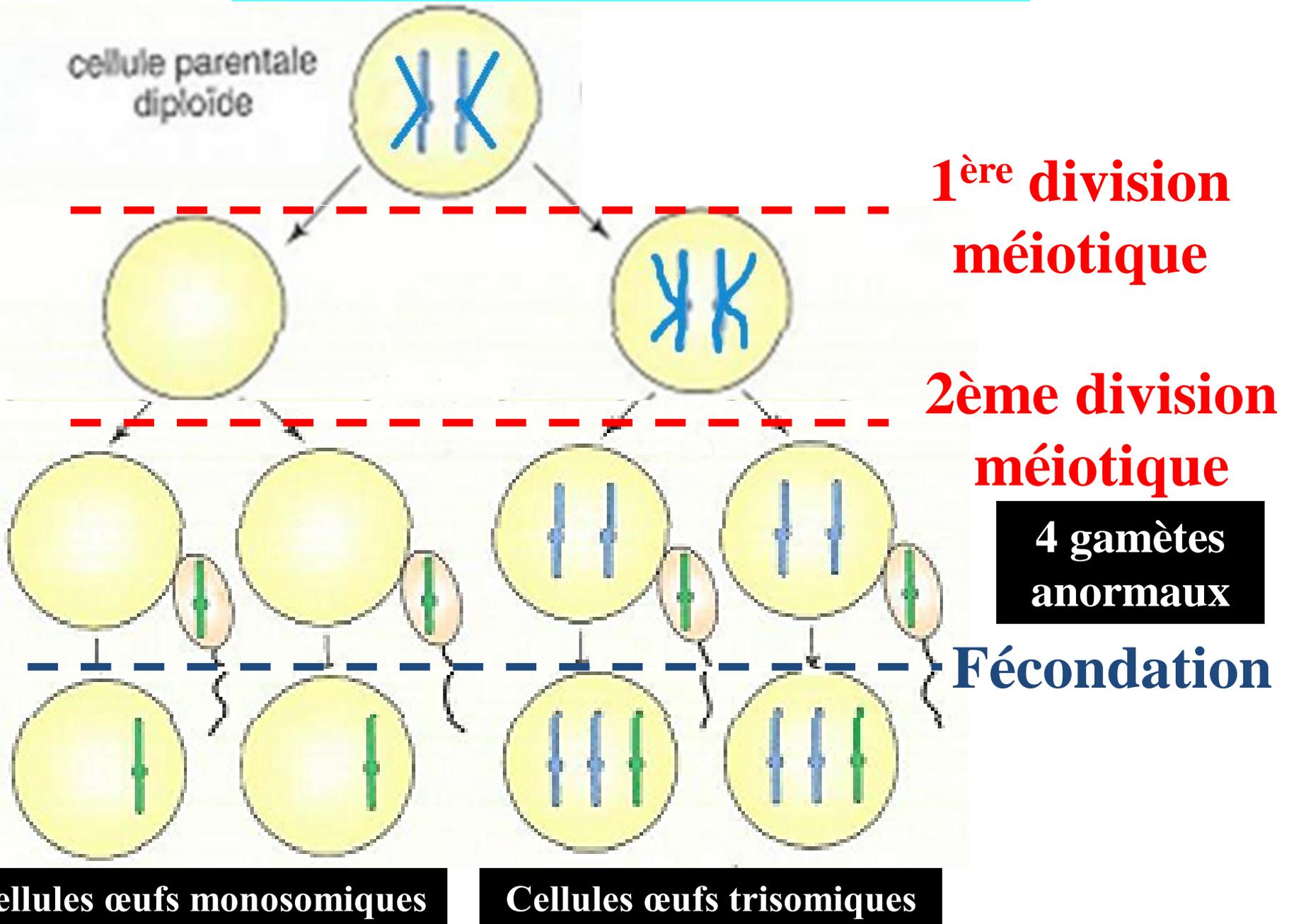


Syndrome de Turner

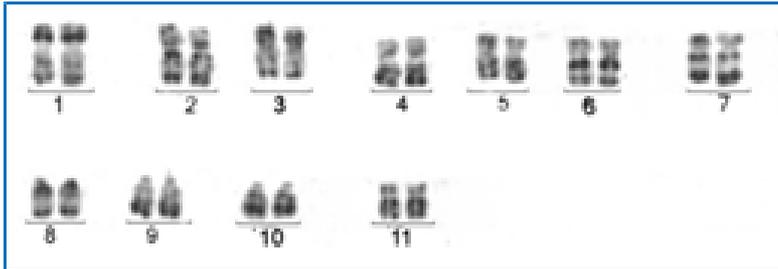
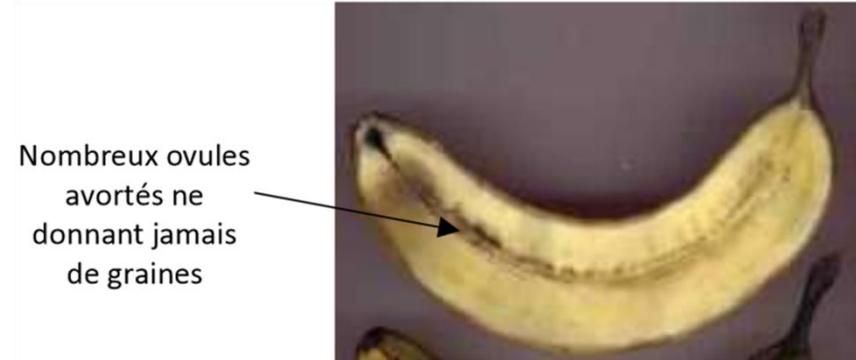
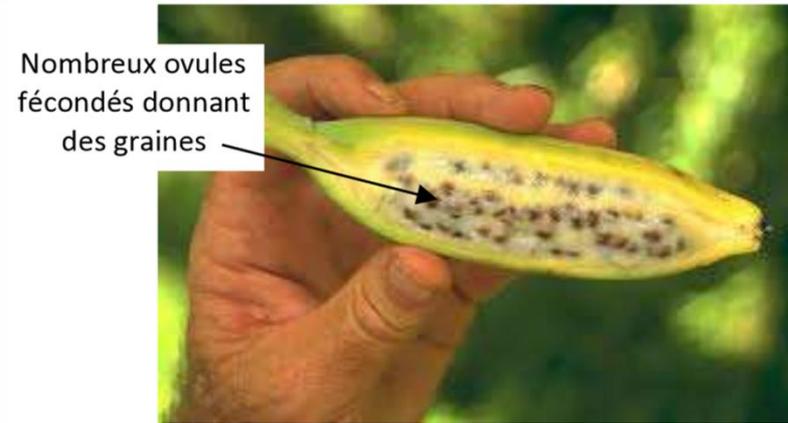


- Femme de petite taille, stérile
- absence de caractères sexuels secondaires
- Intelligence normal

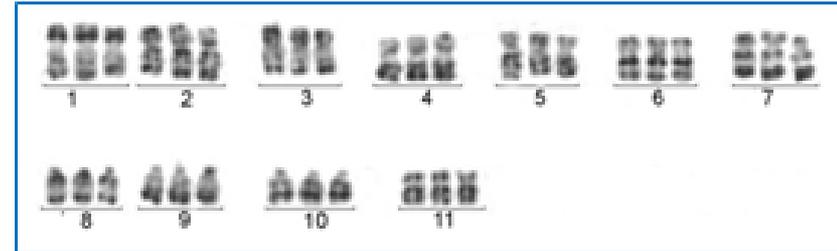
# Origine des anomalies chromosomiques



# Polyploïdie due à une mauvaise répartition des chromosomes lors de la méiose



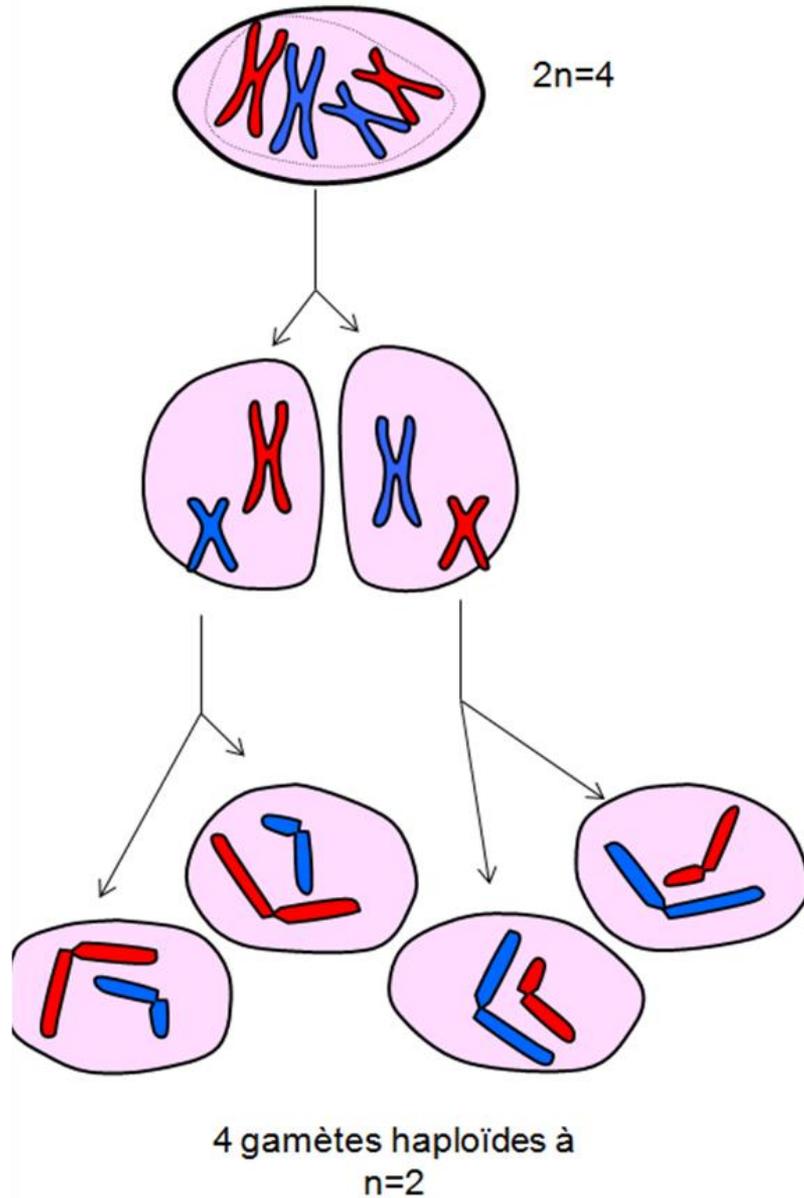
**$2n=22$**   
**espèce diploïde**



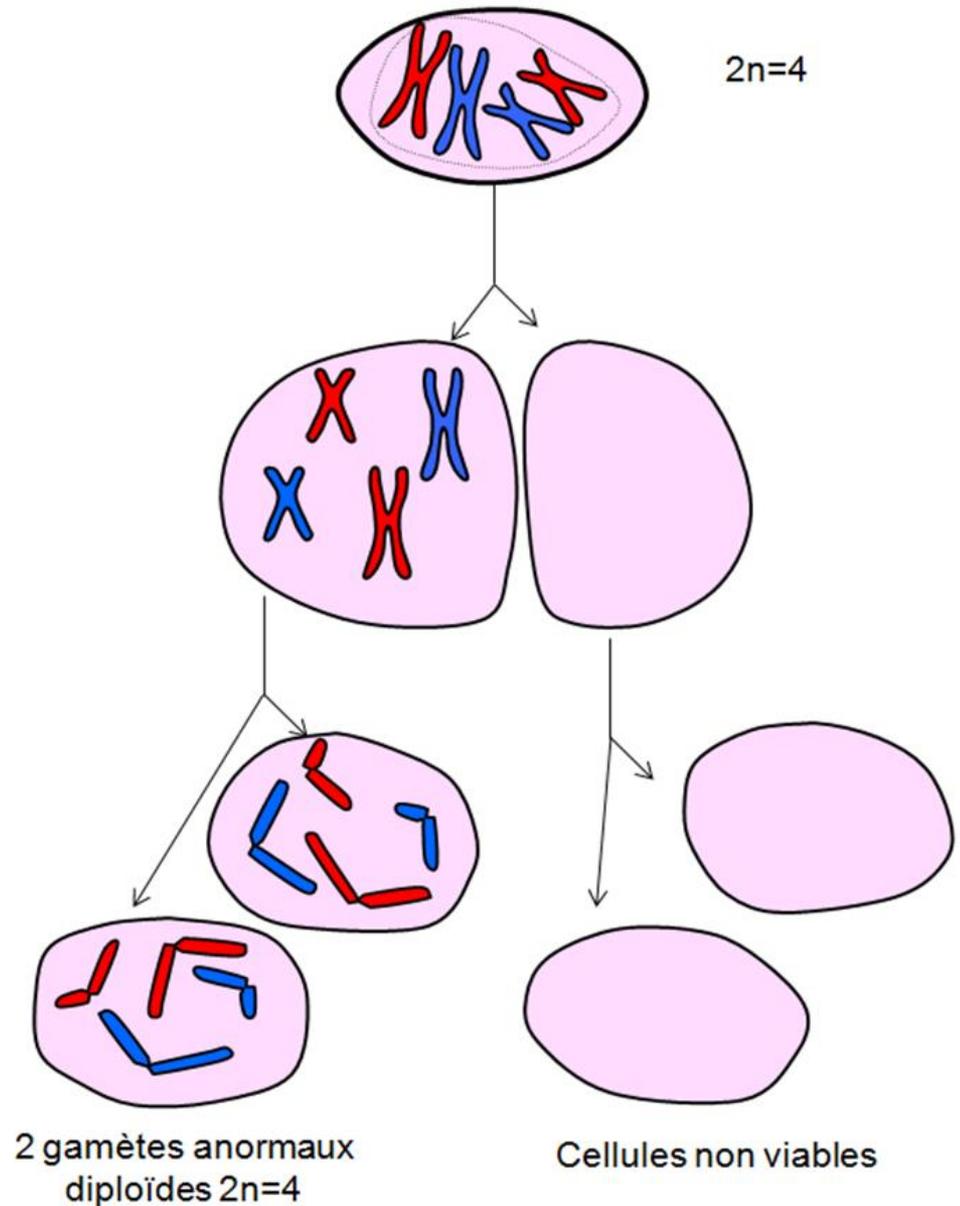
**$3n=33$**   
**espèce triploïde**  
**(polyploïde)**

# Mécanisme pouvant conduire à la formation d'une cellule triploïde

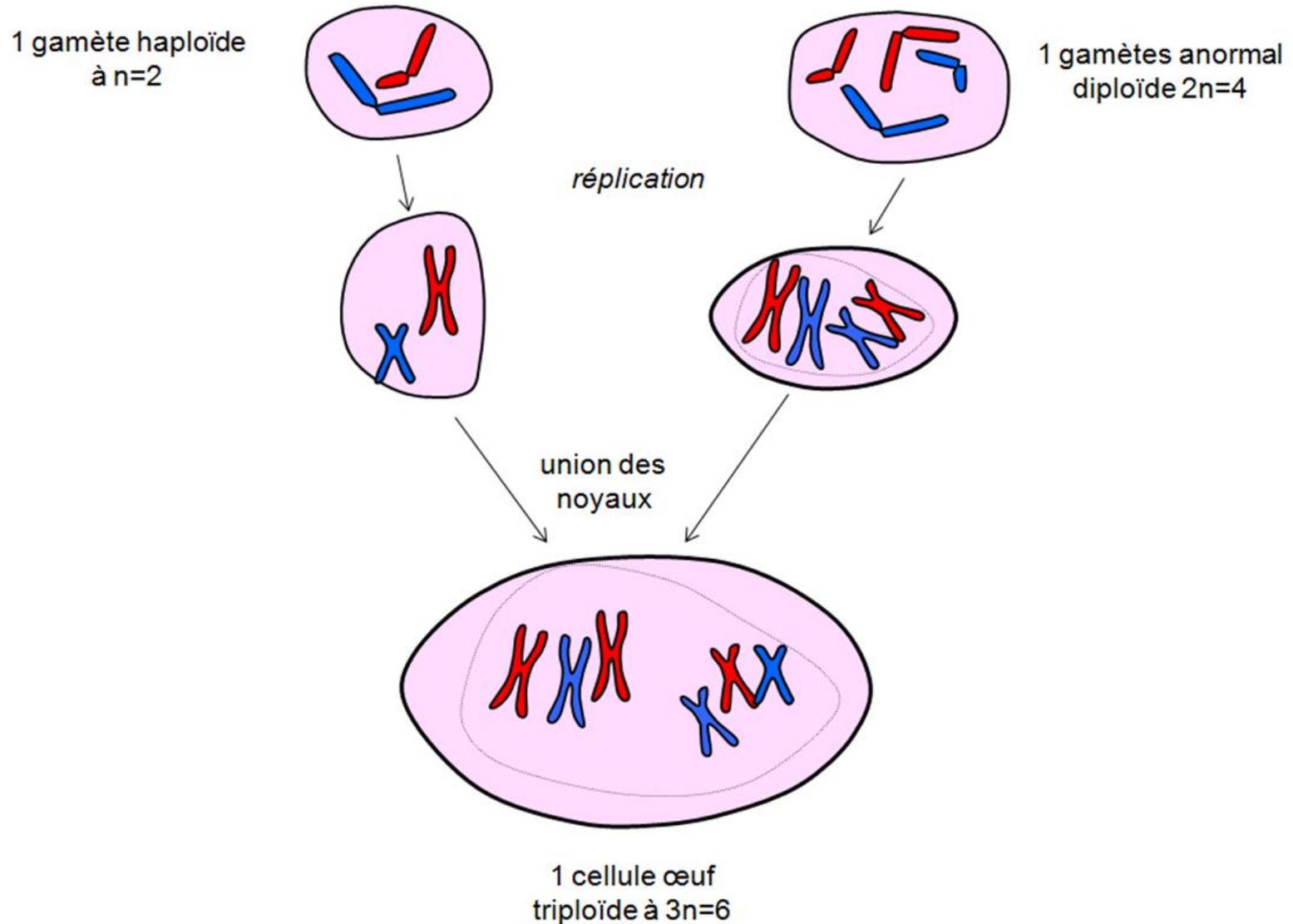
MEIOSE NORMALE



MEIOSE ANORMALE



# Mécanisme pouvant conduire à la formation d'une espèce triploïde comme la banane



# Thème : Génétique et évolution.

## Chapitre 2 : Mécanismes de diversification des êtres vivants

### I. Les mécanismes génétiques ayant lieu au cours de la reproduction sexuée (méiose et fécondation)

#### A. Les brassages génétiques au cours de la méiose

1. Définitions et conventions d'écriture

2. Les croisements tests et leur intérêt.

3. Le brassage inter chromosomique.

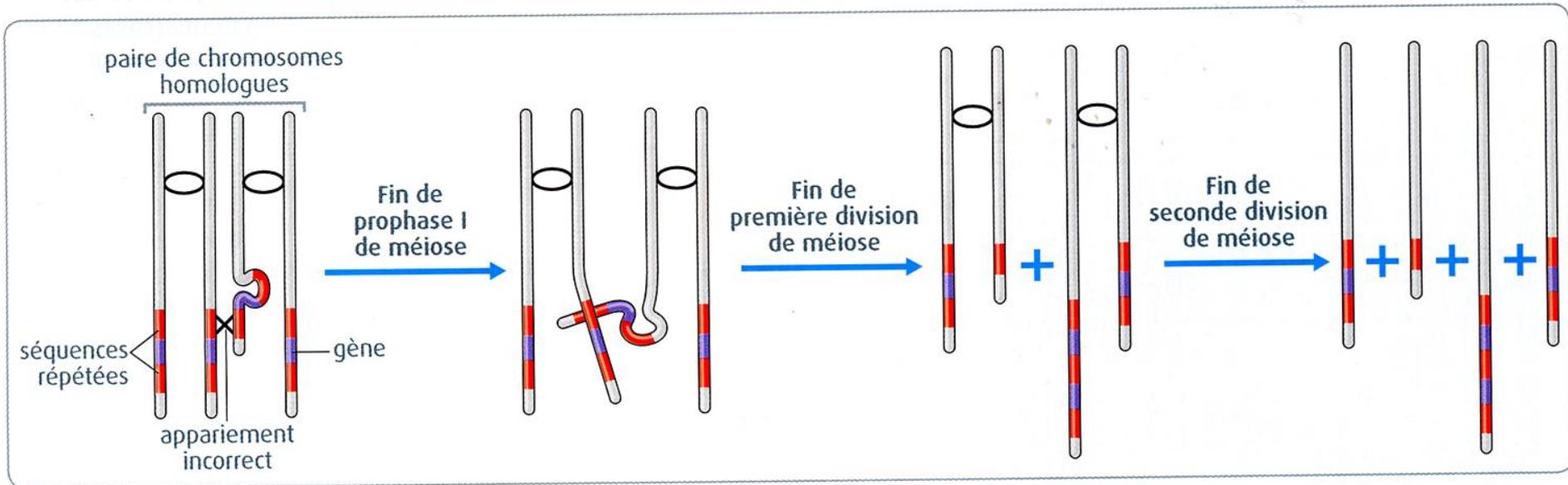
4. Le brassage intra chromosomique.

#### B. Le brassage génétique au cours de la fécondation

#### C. Des anomalies au cours de la méiose sources de diversité.

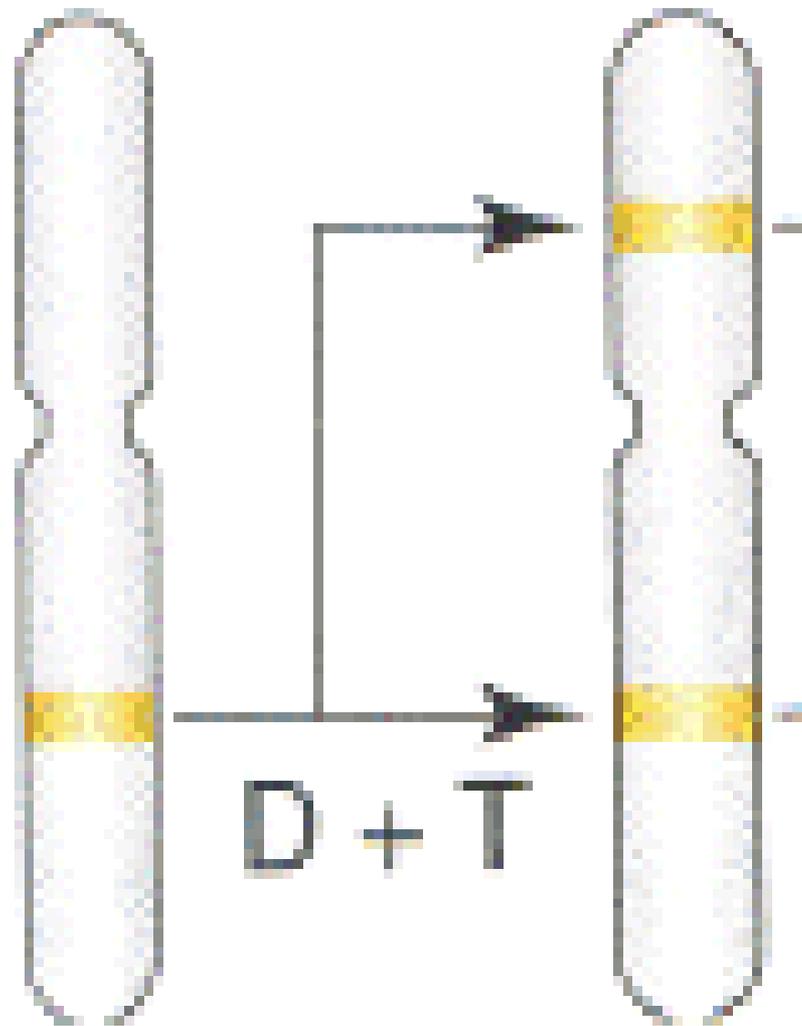
1. Une mauvaise disjonction des chromosomes .

2. Des crossing over inégaux peuvent conduire à un enrichissement du génome.

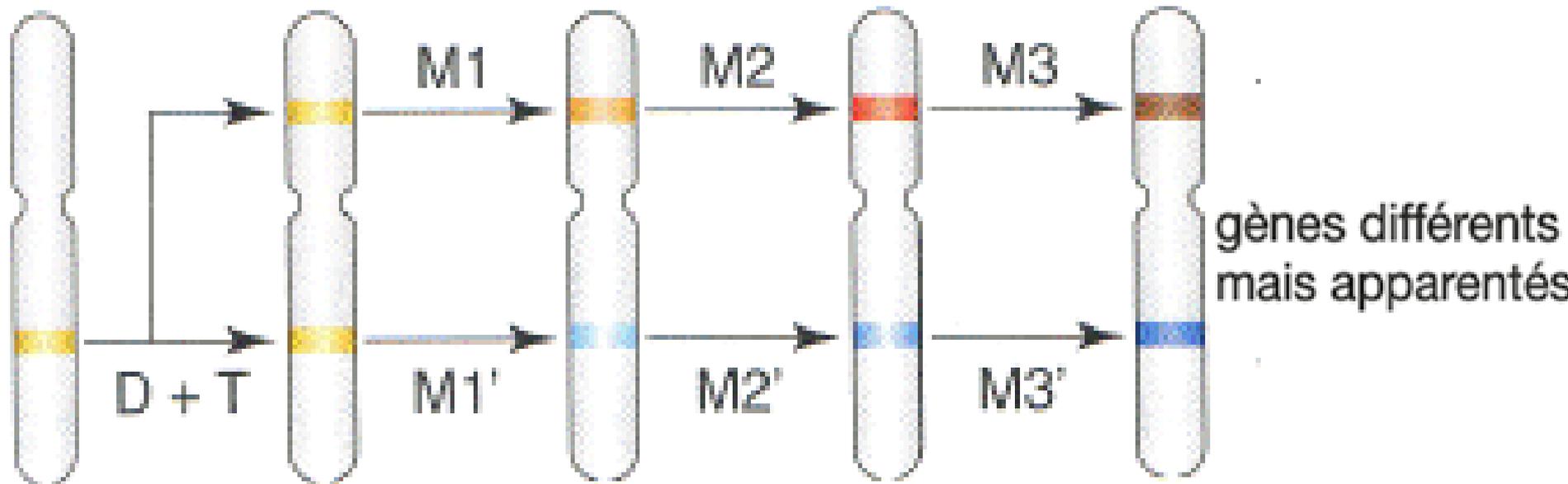


**1 Les crossing-over inégaux.** Dans certaines conditions, en prophase I de méiose, un appariement incorrect peut survenir, à l'origine d'un crossing-over qualifié d'inégal.

# Duplication de gène



# Divergence de séquences dupliquées par mutation



M = mutations ponctuelles

# Exemple des opsines

chromosome 7

chromosome X

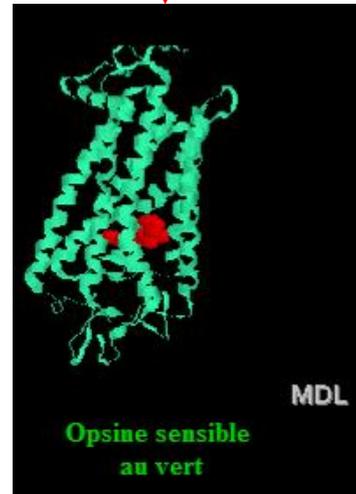
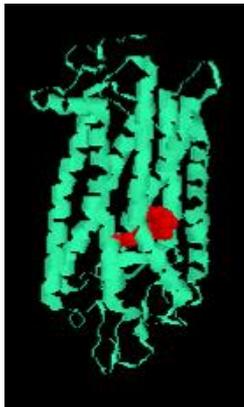
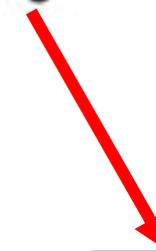
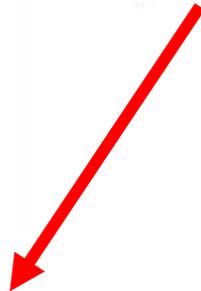


gène de  
l'opsine bleue



gène de  
l'opsine  
verte

gène de  
l'opsine  
rouge



→ Expression des gènes

# Comparaison des séquences d'acides aminés des opsines et de la rhodopsine

				35				40				45				50				55				60				65				70				75									
opsine-bleue	F	K	N	I	S	S	V	G	-	-	P	W	D	G	P	Q	Y	H	I	A	P	V	W	A	F	Y	L	Q	A	A	F	M	G	T	V	F	L	I	G	F	P	L	N	A	M
rhodopsine	F	S	N	A	T	G	V	V	R	S	P	F	E	Y	P	Q	Y	Y	L	A	E	P	W	Q	F	S	M	L	A	A	Y	M	F	L	L	I	V	L	G	F	P	I	N	F	L
opsine-rouge	Y	T	N	S	N	S	T	R	G	-	P	F	E	G	P	N	Y	H	I	A	P	R	W	V	Y	H	L	T	S	V	W	M	I	F	V	V	T	A	S	V	F	T	N	G	L
opsine-verte	Y	T	N	S	N	S	T	R	G	-	P	F	E	G	P	N	Y	H	I	A	P	R	W	V	Y	H	L	T	S	V	W	M	I	F	V	V	I	A	S	V	F	T	N	G	L

Famille multigénique

	opsine-bleue	rhodopsine	opsine-rouge	opsine-verte
opsine-bleue	0	53.8	58.2	57
rhodopsine		0	57.3	56.1
opsine-rouge			0	4.39
opsine-verte				0

57 ← % de différences

Demi matrice des distances

# Exemple des opsines

chromosome 7

chromosome X

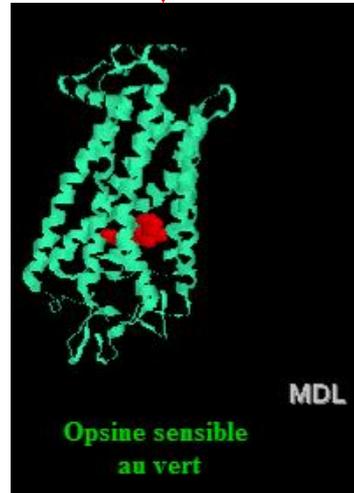
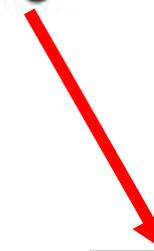
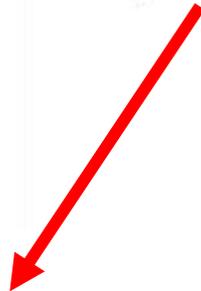


gène de  
l'opsine bleue



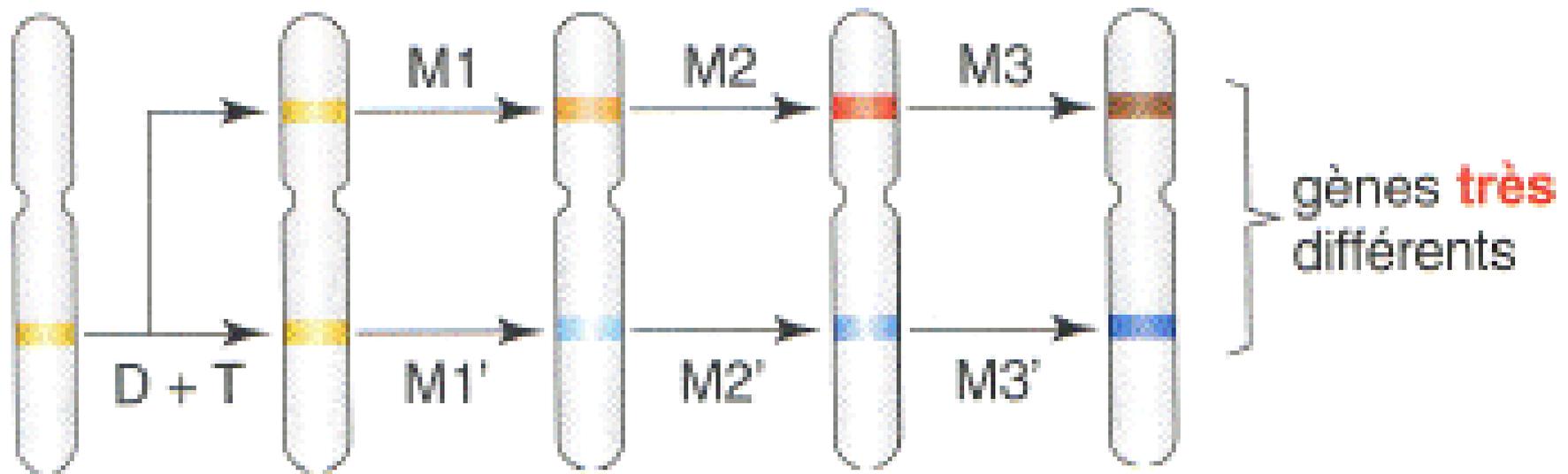
gène de  
l'opsine  
verte

gène de  
l'opsine  
rouge

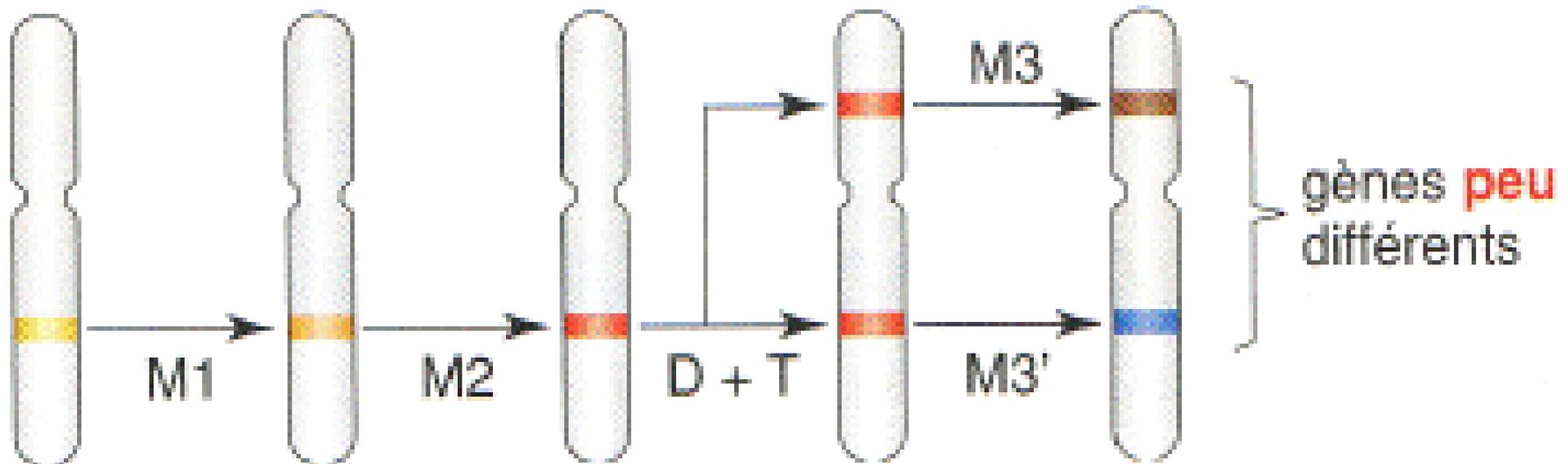


→ Expression des gènes

- Cas d'une duplication ancienne



- Cas d'une duplication récente



# Famille multigénique

- ensemble de gènes possédant des **séquences très similaires** (par convention au moins 20%), issus d'un gène ancestral par duplications/transposition et mutations

## Permet

- **Enrichissement du génome** ( $\nearrow$  nb gènes)
- **Diversification du génome** (*apparition de gènes  $\neq$  codant pour des protéines  $\neq$* )

# Thème : Génétique et évolution.

## Chapitre 2 : Mécanismes de diversification des êtres vivants

### I. Les mécanismes génétiques ayant lieu au cours de la reproduction sexuée (méiose et fécondation)

A. Les brassages génétiques au cours de la méiose

B. Le brassage génétique au cours de la fécondation

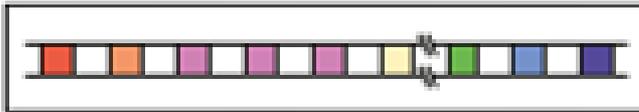
C. Des anomalies au cours de la méiose sources de diversité.

### II. Modifications de l'expression de certains gènes

A. Les gènes du développement.

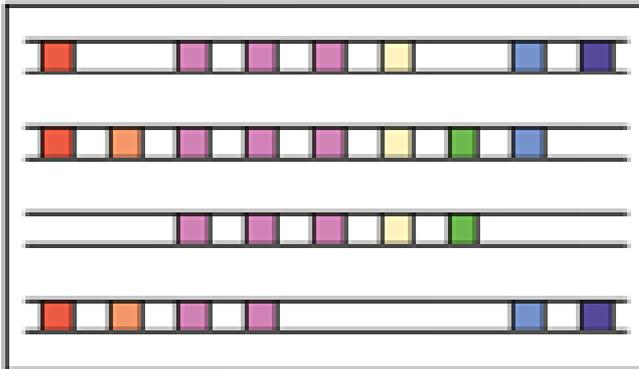
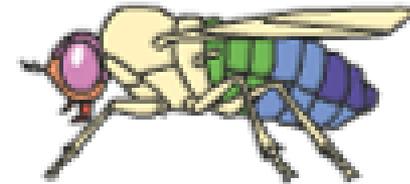
## Organisation des complexes de gènes homéotiques et leurs domaines d'expression chez trois animaux

Disposition des gènes sur les chromosomes

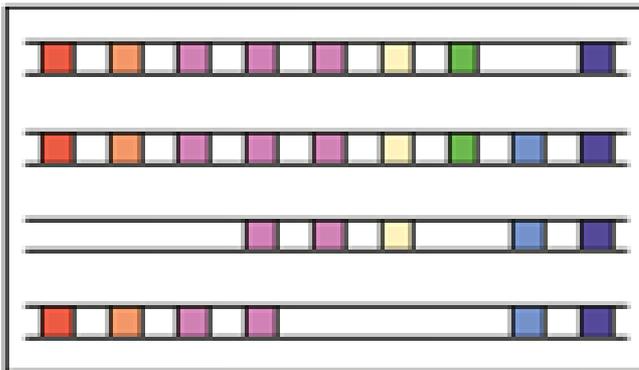
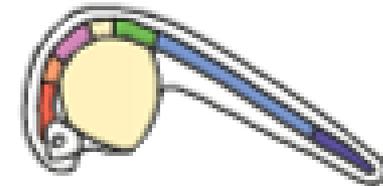


drosophile

Régions où les gènes s'expriment

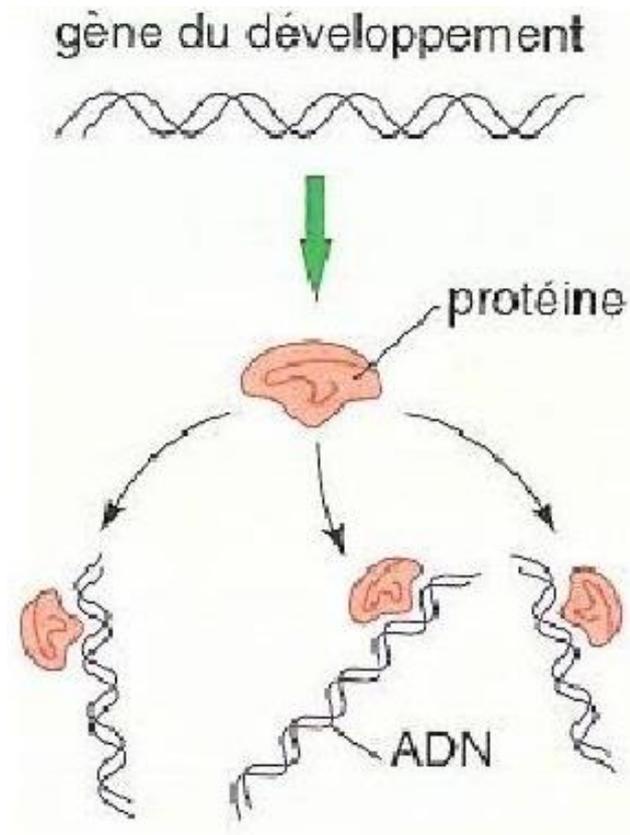
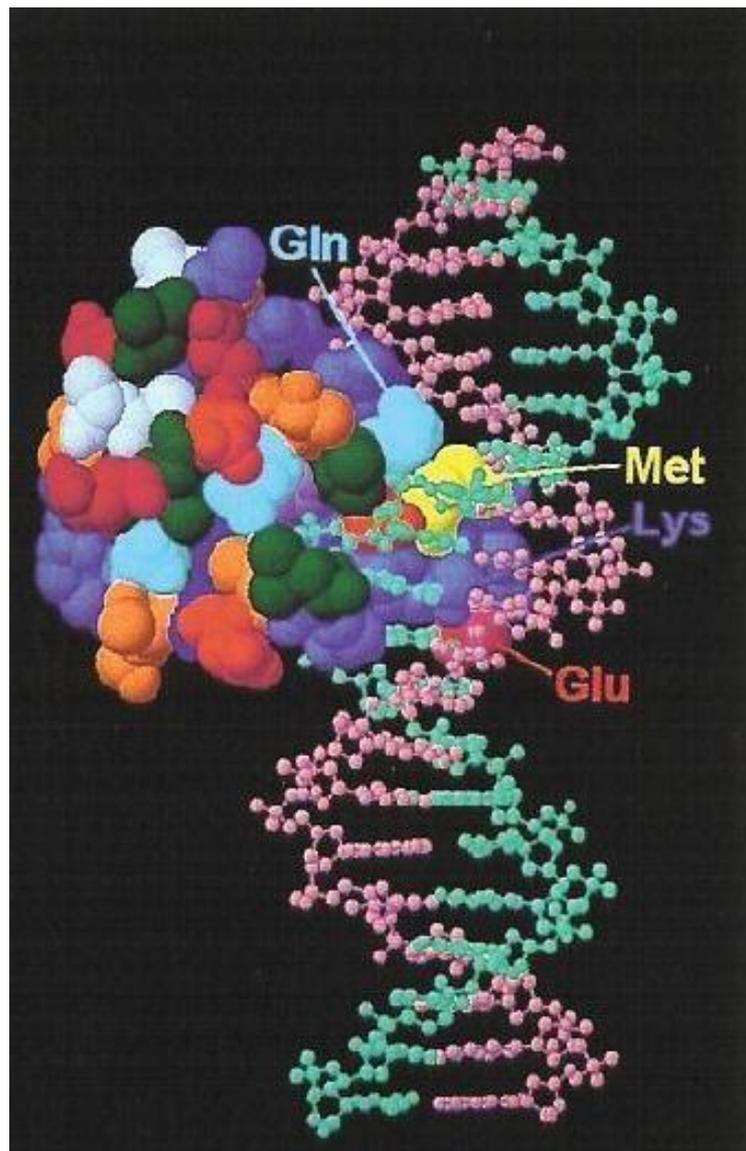


poisson zèbre (embryon)



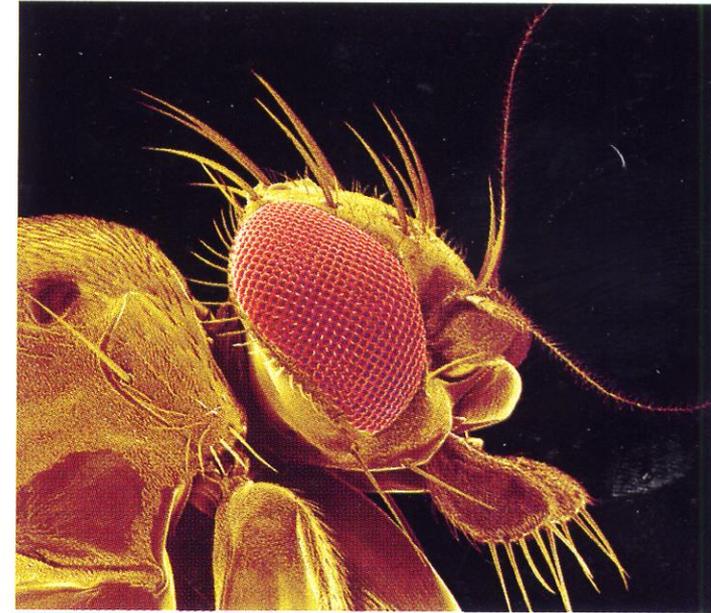
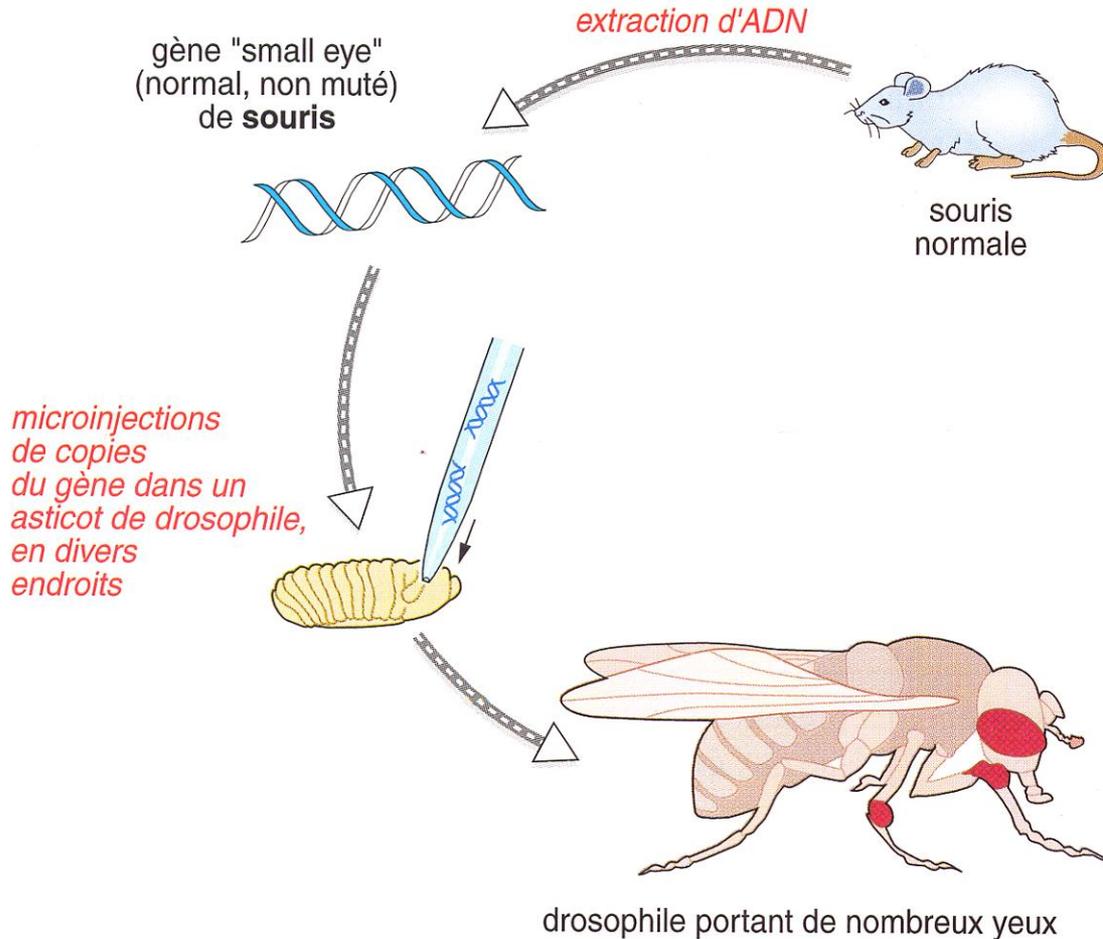
souris (embryon)





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

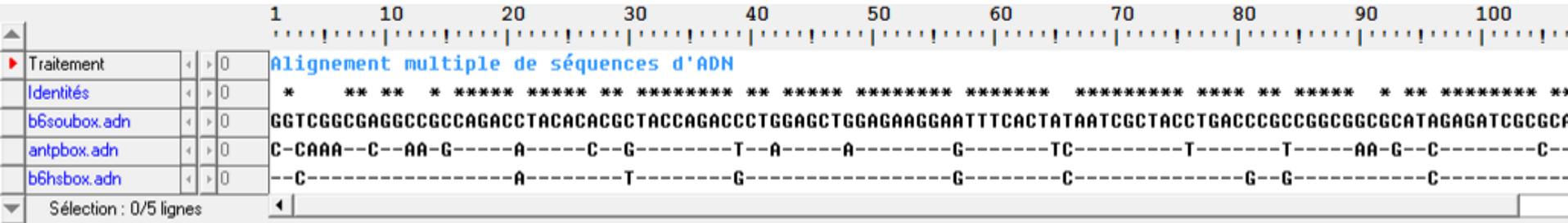
# Résultat d'une expérience de transgénèse



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

**Le gène « architecte » de la souris a activé les 2500 gènes « ouvriers » qui permettent la formation d'un œil de drosophile**

# 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**

# Thème : Génétique et évolution.

## Chapitre 2 : Mécanismes de diversification des êtres vivants

### I. Les mécanismes génétiques ayant lieu au cours de la reproduction sexuée (méiose et fécondation)

A. Les brassages génétiques au cours de la méiose

B. Le brassage génétique au cours de la fécondation

C. Des anomalies au cours de la méiose sources de diversité.

### II. Modifications de l'expression de certains gènes

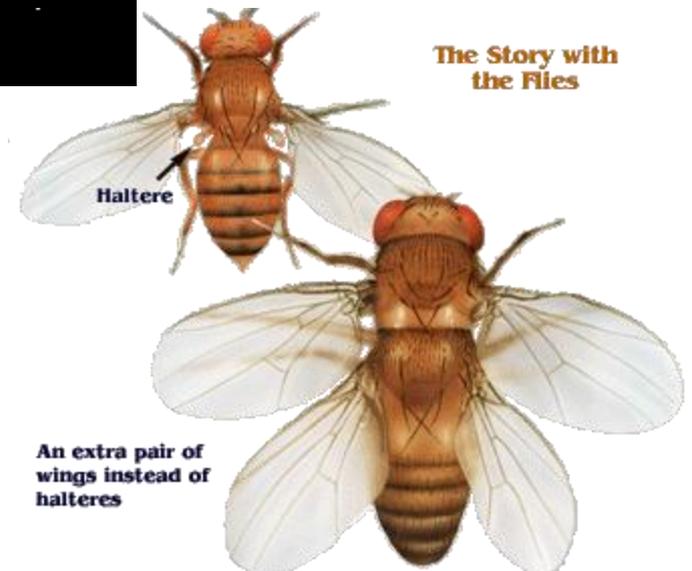
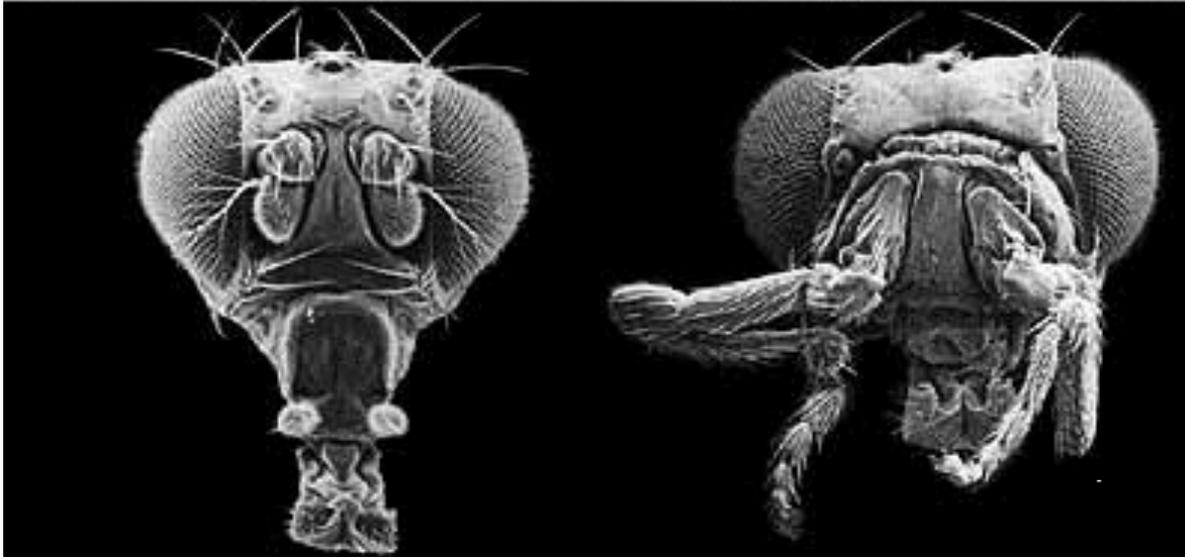
A. Les gènes du développement.

B. Des modifications de la zone d'expression des gènes du développement.

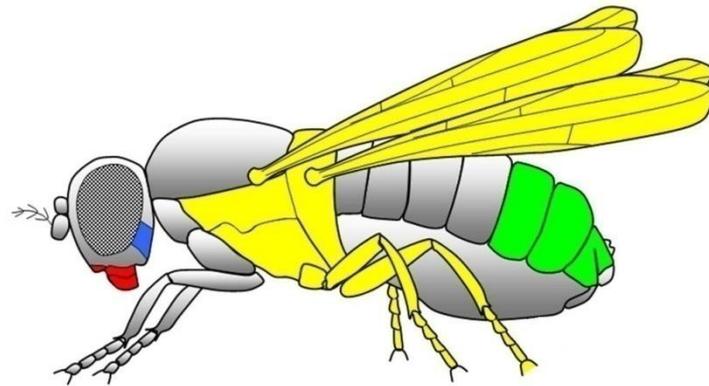
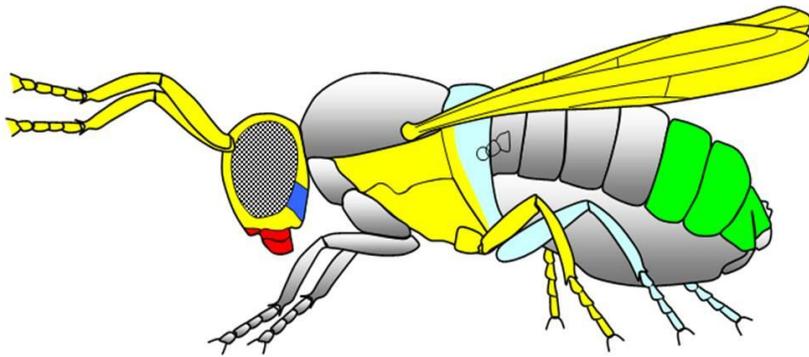
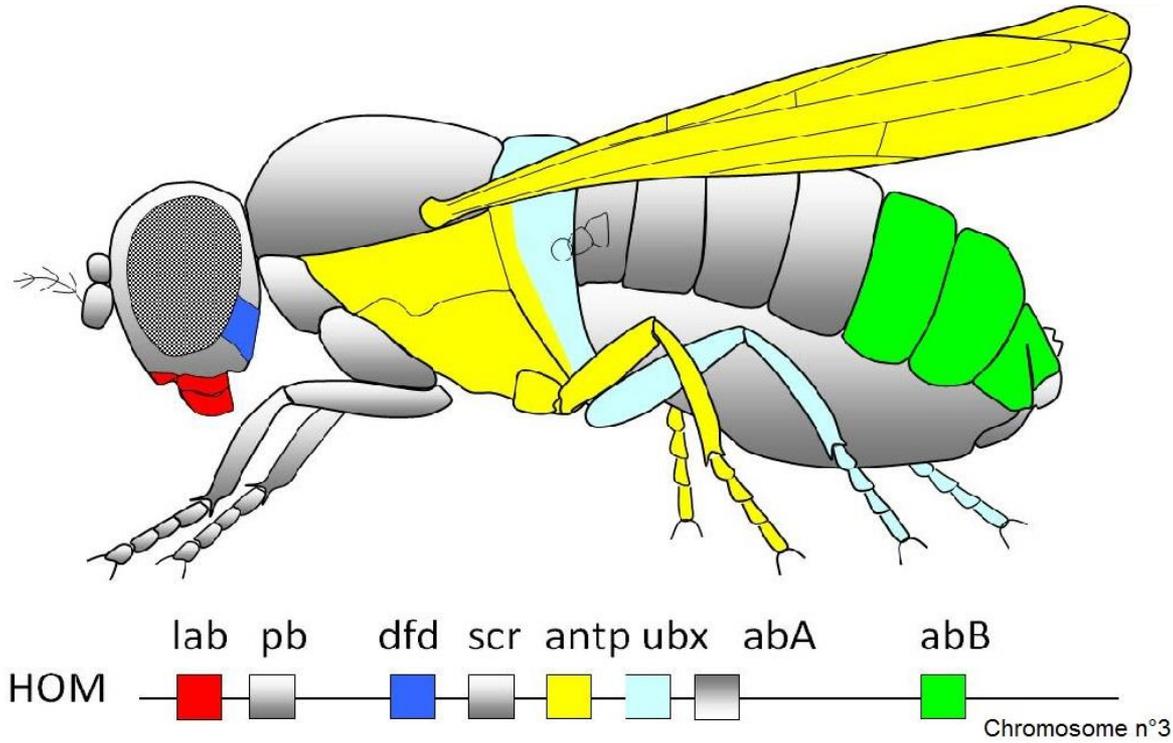
# Des mutants homéotiques

wild-type *drosophila*

*antennapedia* mutant



# Des modifications de la zone d'expression de gènes homéotiques



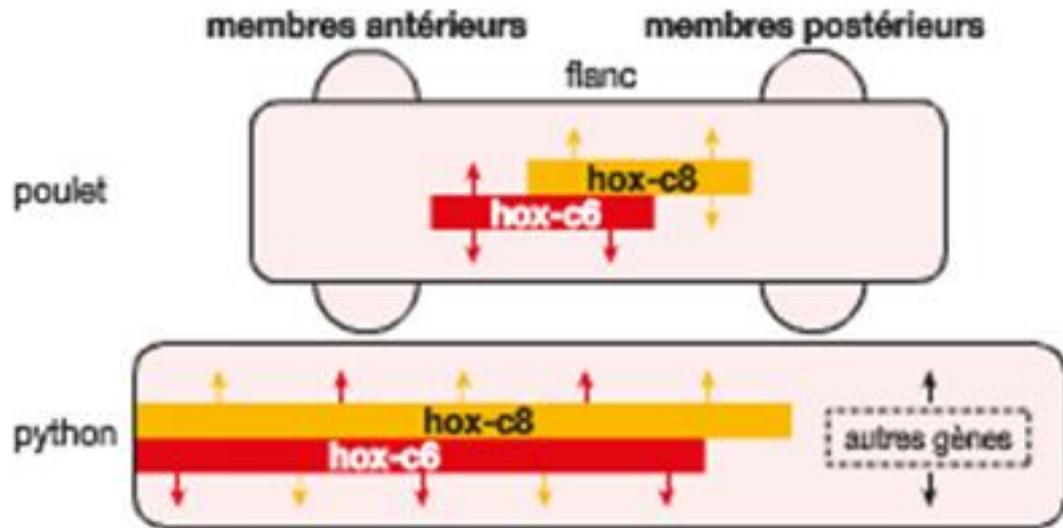
Territoires d'expression des gènes :

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

# Modification du territoire d'expression de gènes du développement chez le serpent



Radiographie d'un serpent (crotale) ▶  
mettant en évidence son squelette



# Thème : Génétique et évolution.

## Chapitre 2 : Mécanismes de diversification des êtres vivants

### I. Les mécanismes génétiques ayant lieu au cours de la reproduction sexuée (méiose et fécondation)

A. Les brassages génétiques au cours de la méiose

B. Le brassage génétique au cours de la fécondation

C. Des anomalies au cours de la méiose sources de diversité.

### II. Modifications de l'expression de certains gènes

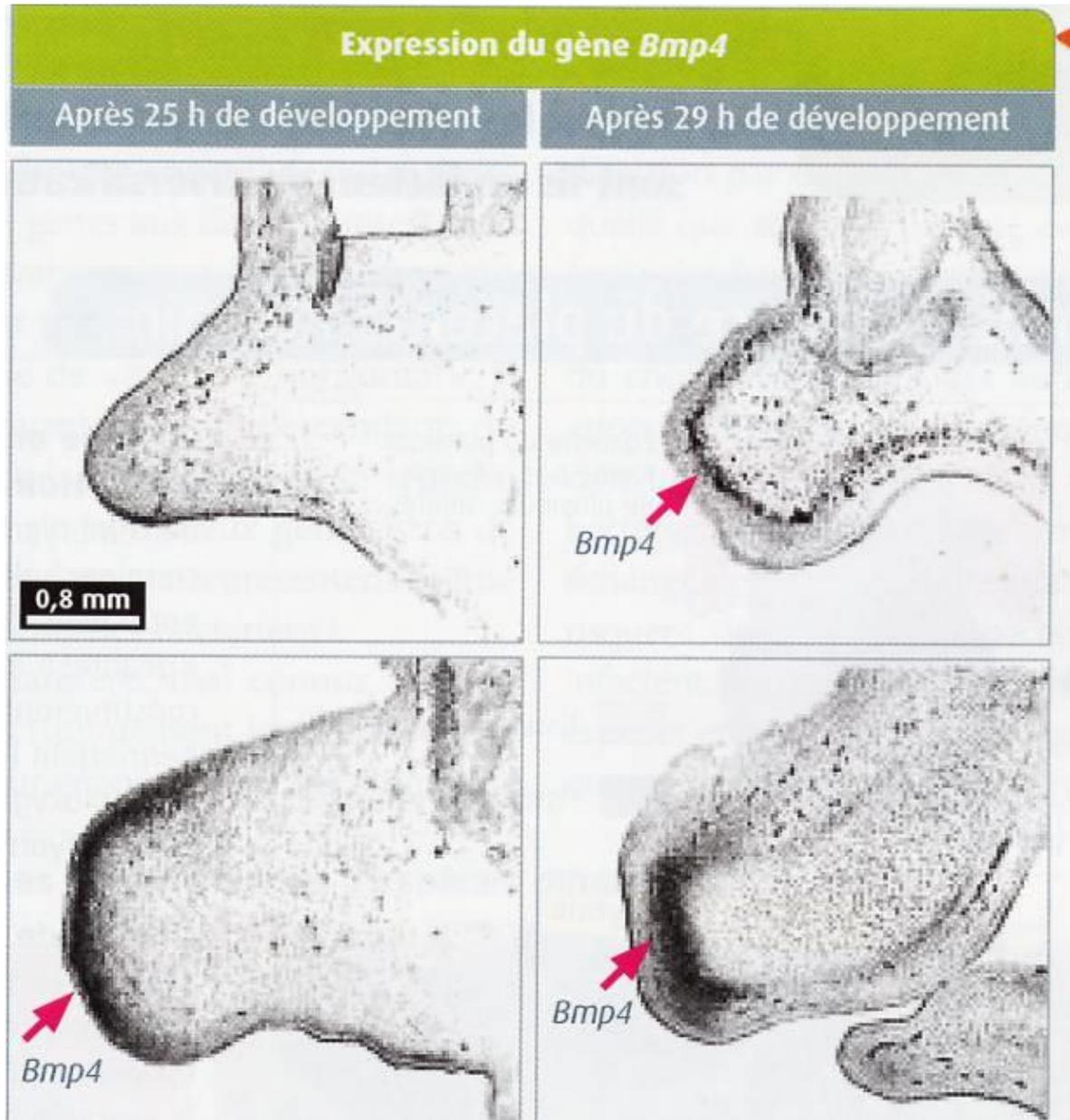
A. Les gènes du développement.

B. Des modifications de la zone d'expression des gènes du développement.

C. Des modifications de l'intensité, de la durée ou de la chronologie d'expression des gènes du développement.

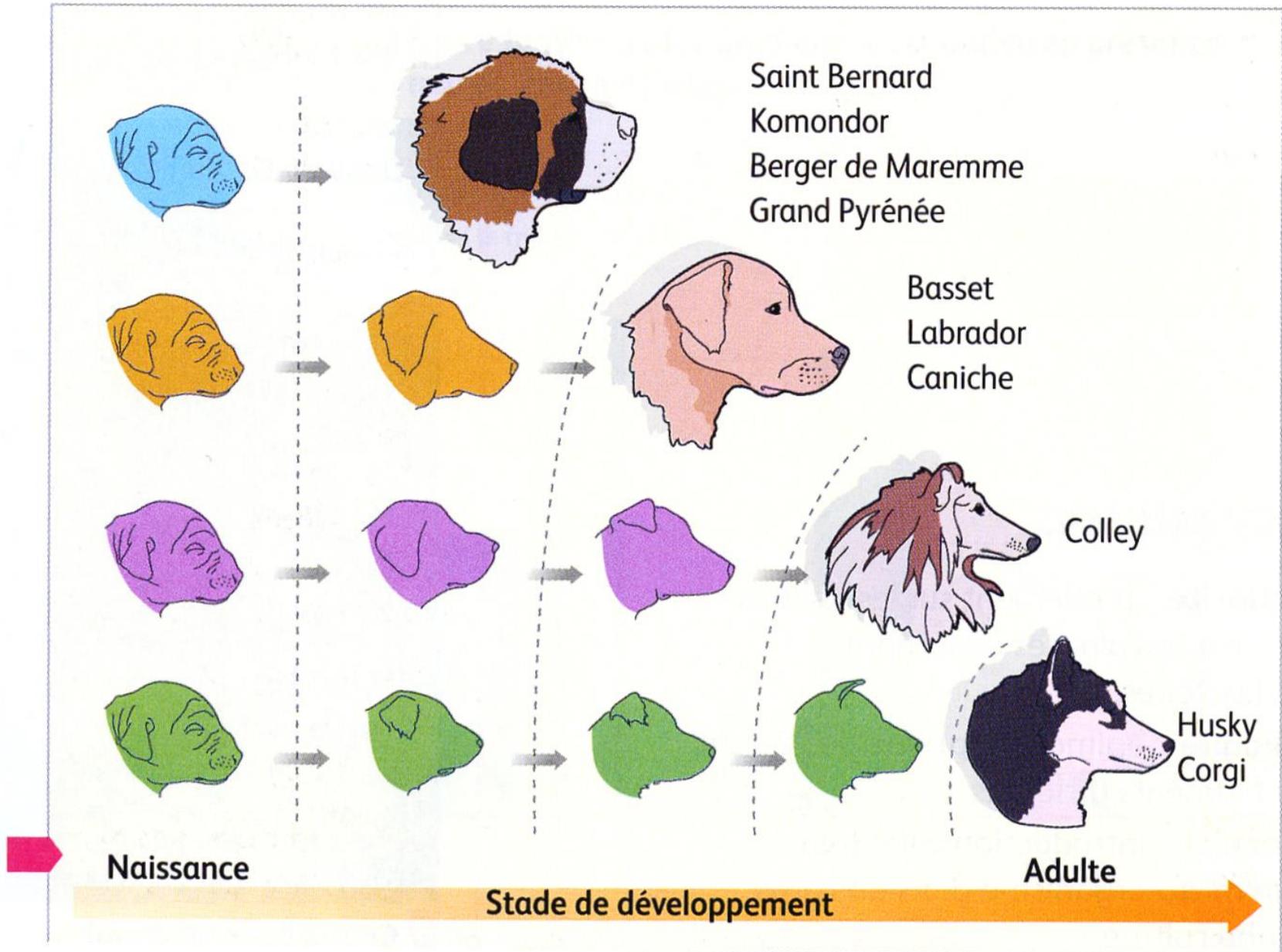
- Exemple de modifications de **l'intensité d'expression** de certains gènes du développement

# 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

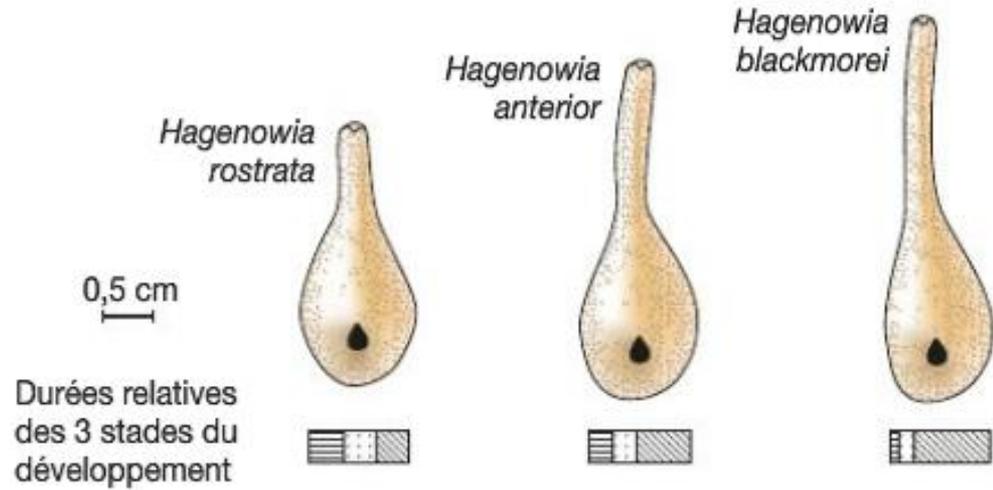
10 cm



# Hétérochronie chez l'oursin



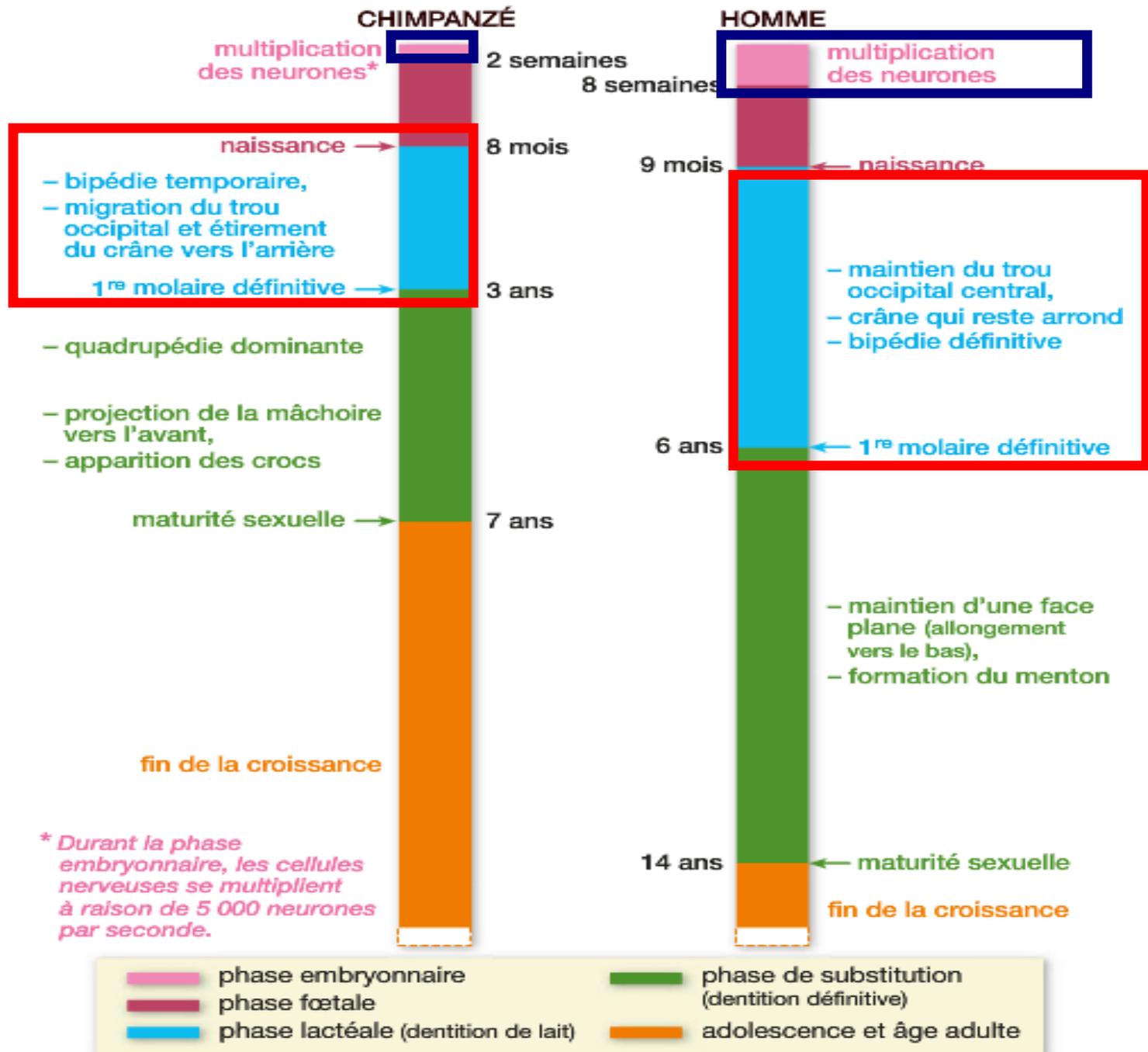
Test d'*Hagenowia rostrata*.



# Hétérochronie chez axolotl



# Chronologie comparée du développement



	<b>Définition (qu'est ce que c'est ?)</b>	<b>Origine</b>	<b>Comment la diversité est elle créée?</b>
<b>Anomalie du caryotype</b>	Il s'agit d'individus qui possèdent un nombre anormal de chromosomes (ex chez l'homme : monosomie (45 chromosomes) ou trisomie (47 chromosomes))	Mauvaise disjonction des chromosomes lors de la méiose (répartition anormale des chromosomes homologues lors de la 1 <sup>ère</sup> division ou mauvaise répartition des chromatides sœurs lors de la 2 <sup>ème</sup> division)	Modification du phénotype de l'individu
<b>Crossing over inégal</b>	Echange de portions non homologues lors d'un CO entre 2 chromosomes d'une même paire (l'un des chromosomes reçoit 2 exemplaires d'un gène alors que son homologue est dépourvu de ce gène)	Mauvais appariement des chromosomes homologues lors de la prophase 1	Les CO inégaux peuvent conduire à un enrichissement du génome (au cours des générations successives, les gènes accumulent des mutations différentes et finissent par coder pour des protéines différentes => potentialités nouvelles)
<b>Modification de l'expression des gènes du développement</b>	Il s'agit de modifications du territoire d'expression, de l'intensité d'expression, de la durée d'expression ou de la chronologie d'expression de gènes qui interviennent dans la mise en place du plan d'organisation de l'espèce. Ces gènes codent pour une protéine capable d'activer ou d'inhiber des centaines d'autres gènes	Mutation d'un gène du développement	De telles mutations modifient le plan d'organisation de l'individu (ex : drosophile antennapédia)

# **Chapitre 2 : Mécanismes de diversification des êtres vivants**

## **I. Les mécanismes génétiques ayant lieu au cours de la reproduction sexuée (méiose et fécondation)**

## **II. Modifications de l'expression de certains gènes**

### **A. Les gènes du développement.**

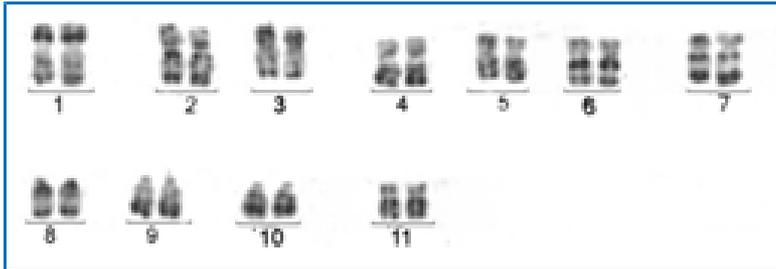
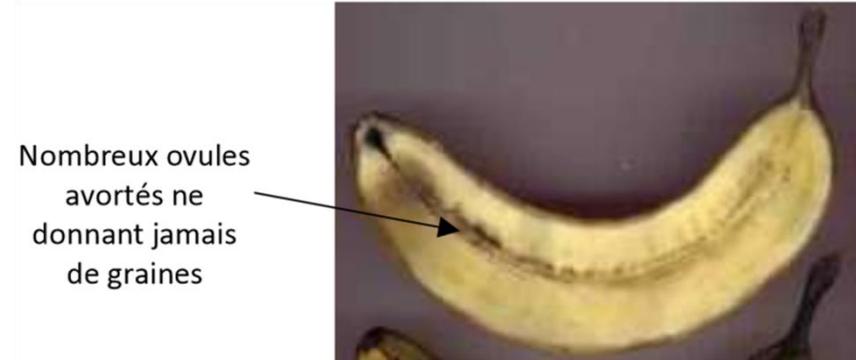
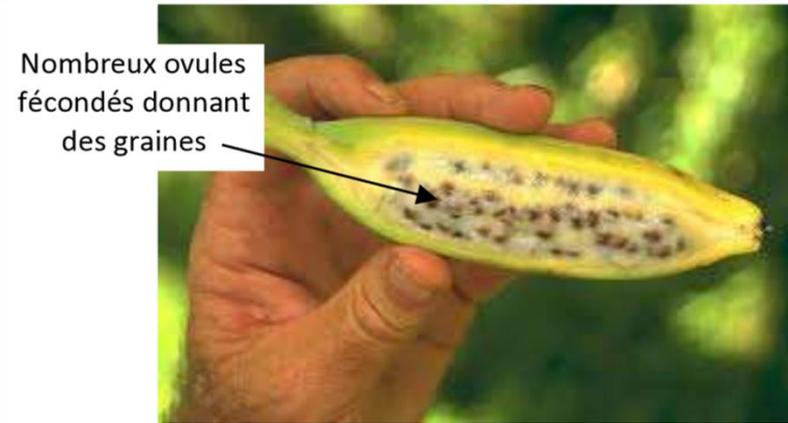
### **B. Des modifications de la zone d'expression des gènes du développement.**

### **C. Des modifications de l'intensité, de la durée ou de la chronologie d'expression des gènes du développement.**

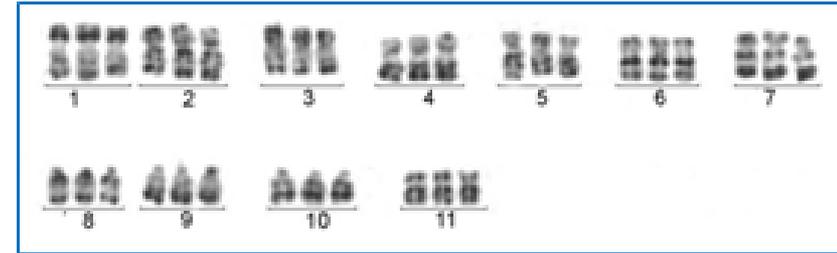
## **III. D'autres mécanismes génétiques de diversification**

### **A. Hybridation suivie de polyploïdisation (= association de plusieurs génomes)**

# Une mauvaise répartition des chromosomes lors de la méiose peut conduire à une polyploïdie



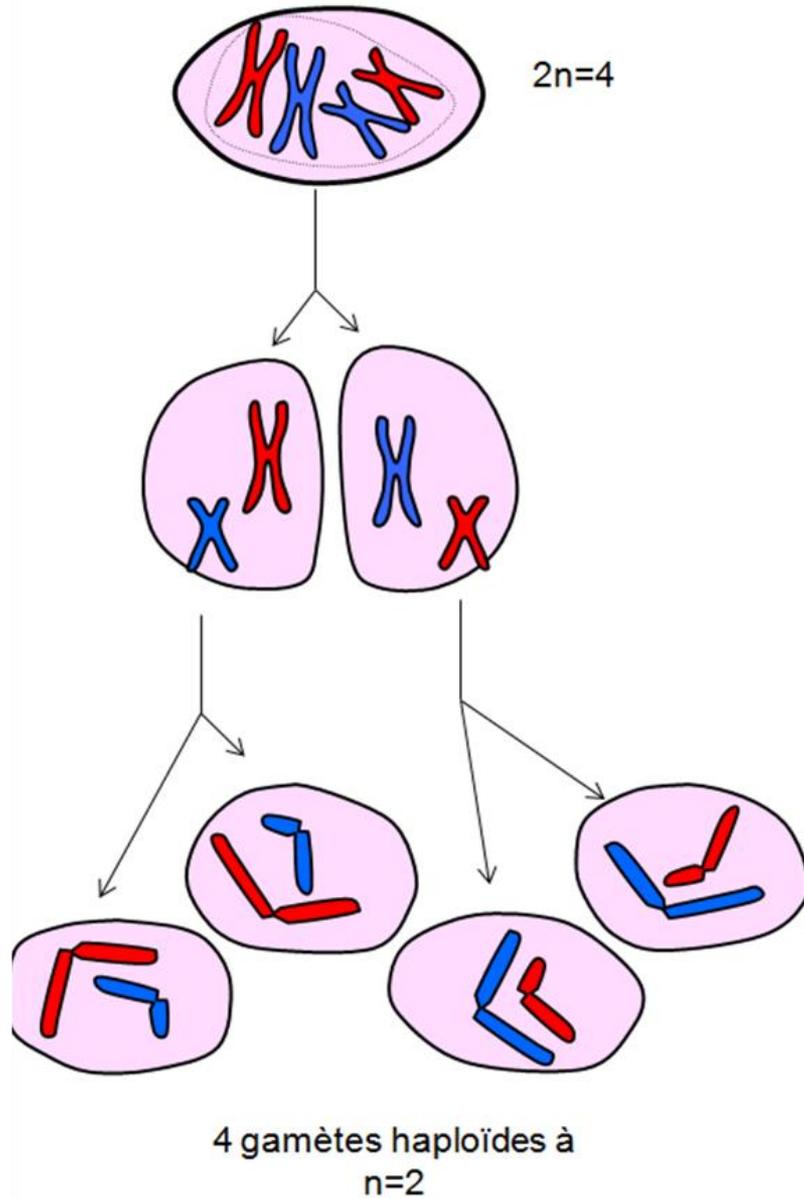
**$2n=22$**   
**espèce diploïde**



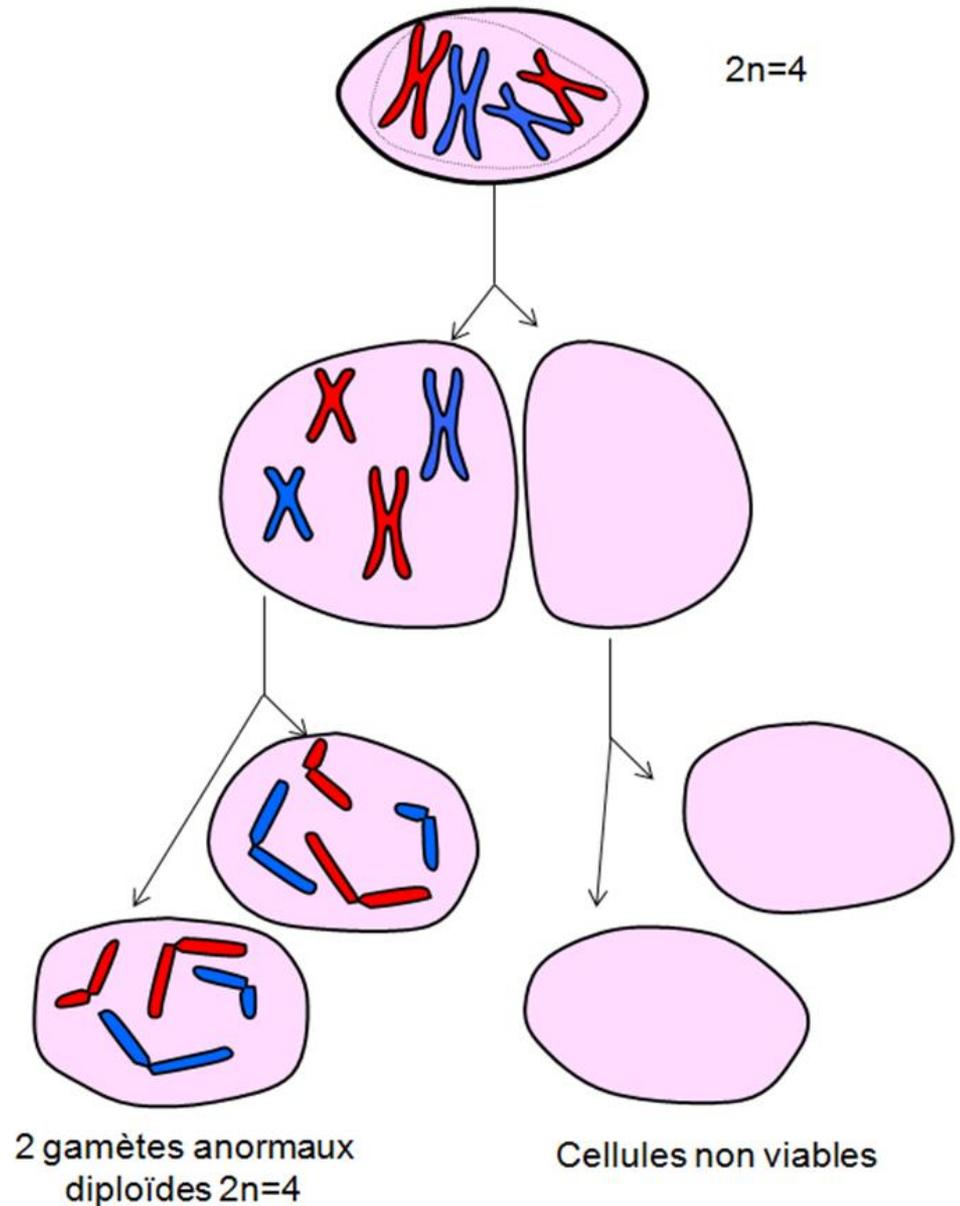
**$3n=33$**   
**espèce triploïde**  
**(polyploïde)**

# Mécanisme pouvant conduire à la formation d'une cellule triploïde

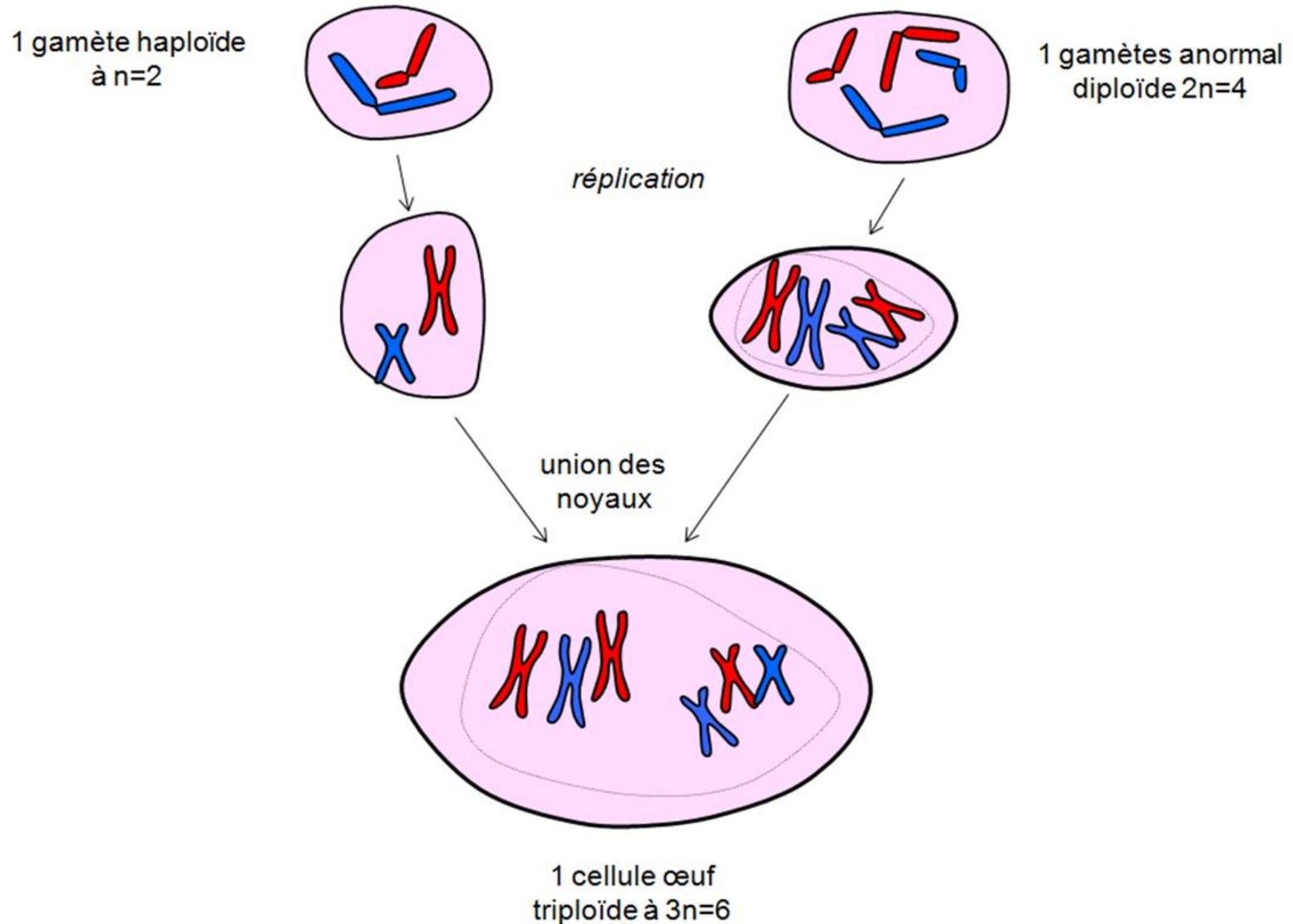
MEIOSE NORMALE



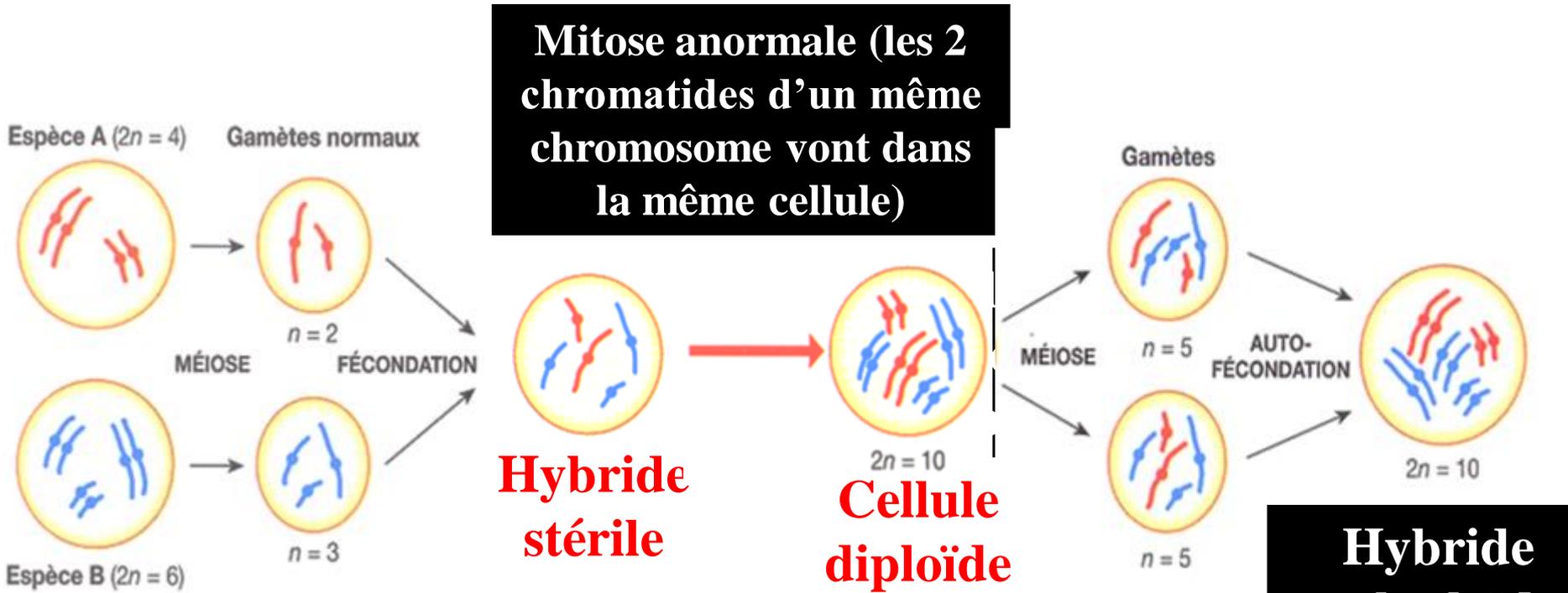
MEIOSE ANORMALE



# Mécanisme pouvant conduire à la formation d'une espèce triploïde comme la banane



# Exemple de mécanisme permettant l'apparition d'une espèce polyploïde



Mitose anormale (les 2 chromatides d'un même chromosome vont dans la même cellule)

Hybride stérile

Cellule diploïde

Hybride polyploïde fertile

Reproduction sexuée entre 2 espèces différentes

# L'histoire d'une nouvelle espèce



**2n=60**

*Spartina maritima*

**Gamète n=30**

**2n=62**

*Spartina alterniflora*

**Gamète n=31**



Hybride F1

*Spartina townsendii*

**61 chromosomes**



**stérile**

**mitose ou méiose anormales**

**Doublement du nombre  
de chromosomes**

*Spartina anglica*

**2n=122**



**fertile**

# Des polyploïdes dans nos assiettes

Citron

Pommes de terre 48 Ch

Banane 33 Ch

Prunes

Choux

Oranges

Mandarine

Blé

Canne à sucre

Avoine 42 Ch

Fraise 56  
Ch



# Polyploïdie chez les animaux



# **Chapitre 2 : Mécanismes de diversification des êtres vivants**

## **I. Les mécanismes génétiques ayant lieu au cours de la reproduction sexuée (méiose et fécondation)**

## **II. Modifications de l'expression de certains gènes**

### **A. Les gènes du développement.**

### **B. Des modifications de la zone d'expression des gènes du développement.**

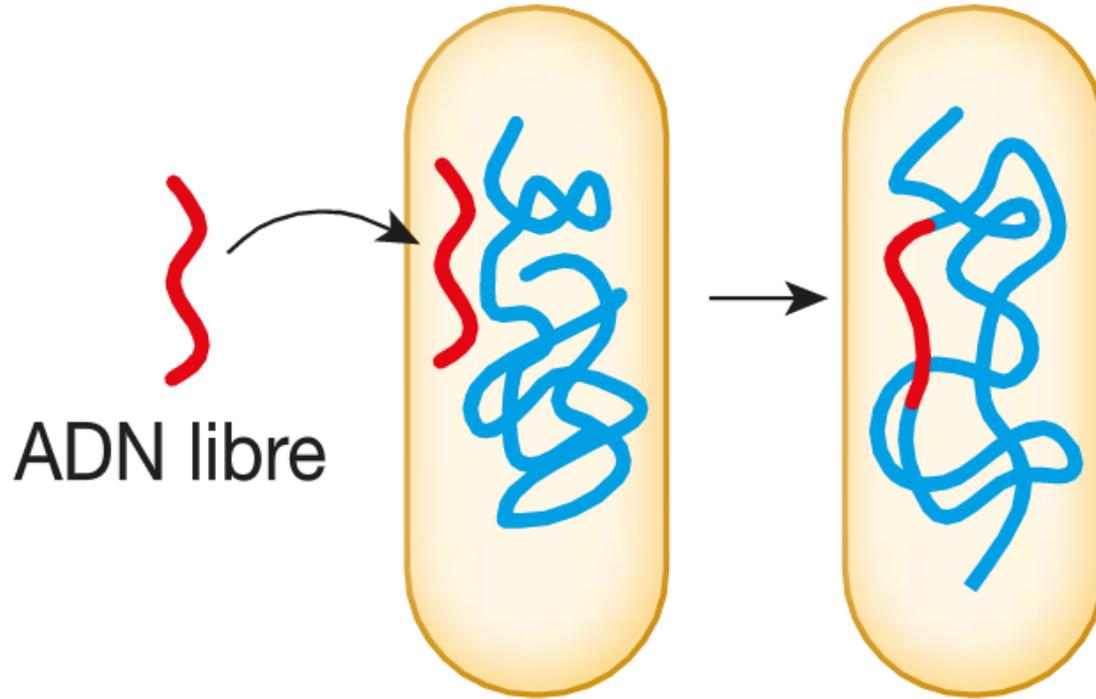
### **C. Des modifications de l'intensité, de la durée ou de la chronologie d'expression des gènes du développement.**

## **III. D'autres mécanismes génétiques de diversification**

### **A. Hybridation suivie de polyploïdisation (= association de plusieurs génomes)**

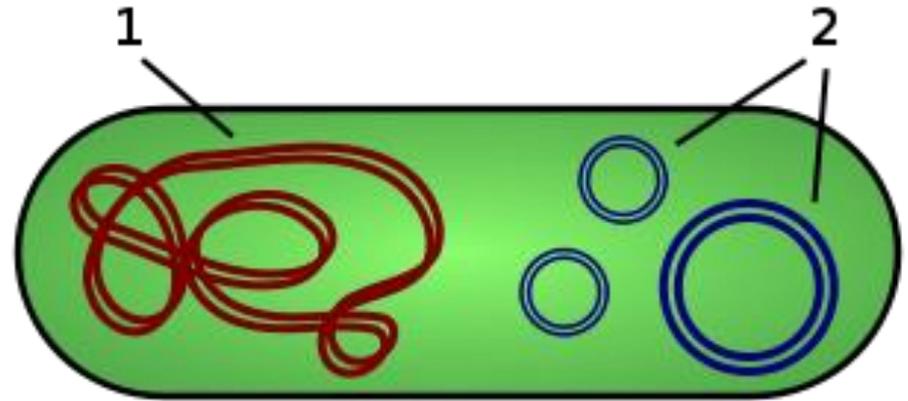
### **B. Transferts horizontaux de gènes.**

# Transfert horizontal à partir d'ADN libre dans le milieu



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

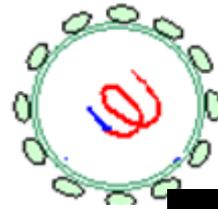
# Transfert horizontal chez les bactéries



**Propagation de la résistance aux antibiotiques**

# Transfert horizontal par voie virale

1. Le virus déverse son matériel génétique (ARN) dans le cytoplasme de la cellule



6. Formation de nouveaux virus comportant un gène de la cellule hôte

Ce gène pourra être transmis lors de la contamination d'un nouvel organisme

Virus

Cellule infectée

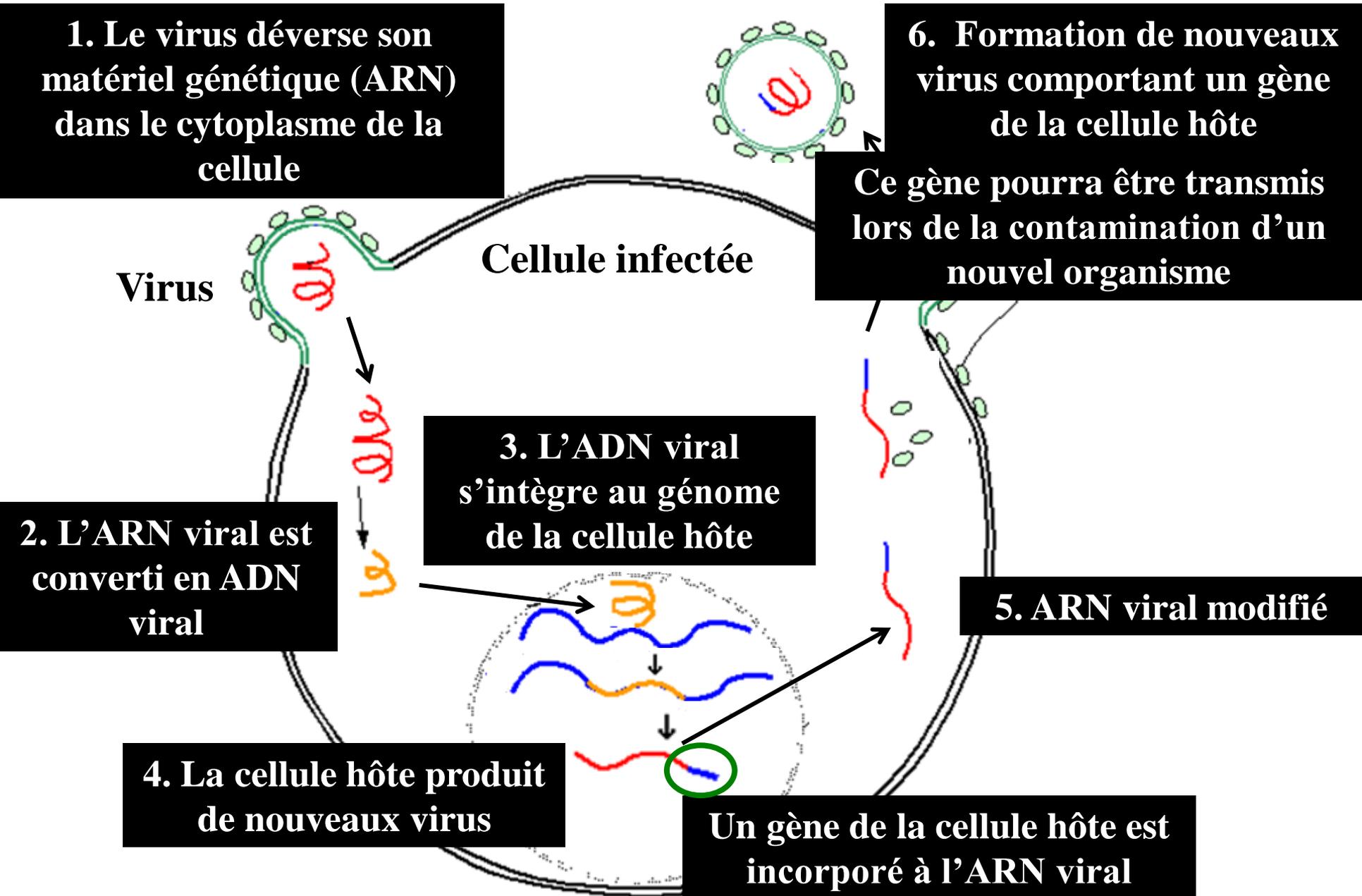
2. L'ARN viral est converti en ADN viral

3. L'ADN viral s'intègre au génome de la cellule hôte

5. ARN viral modifié

4. La cellule hôte produit de nouveaux virus

Un gène de la cellule hôte est incorporé à l'ARN viral



# **Chapitre 2 : Mécanismes de diversification des êtres vivants**

**I. Les mécanismes génétiques ayant lieu au cours de la reproduction sexuée (méiose et fécondation)**

**II. Modifications de l'expression de certains gènes**

**III. D'autres mécanismes génétiques de diversification**

**A. Hybridation suivie de polyploïdisation (= association de plusieurs génomes)**

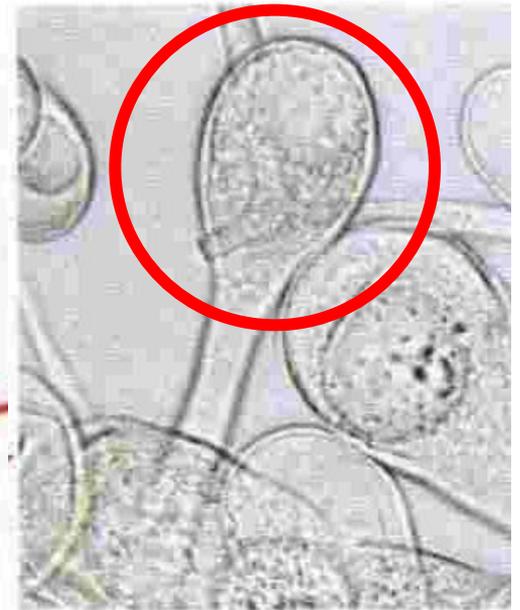
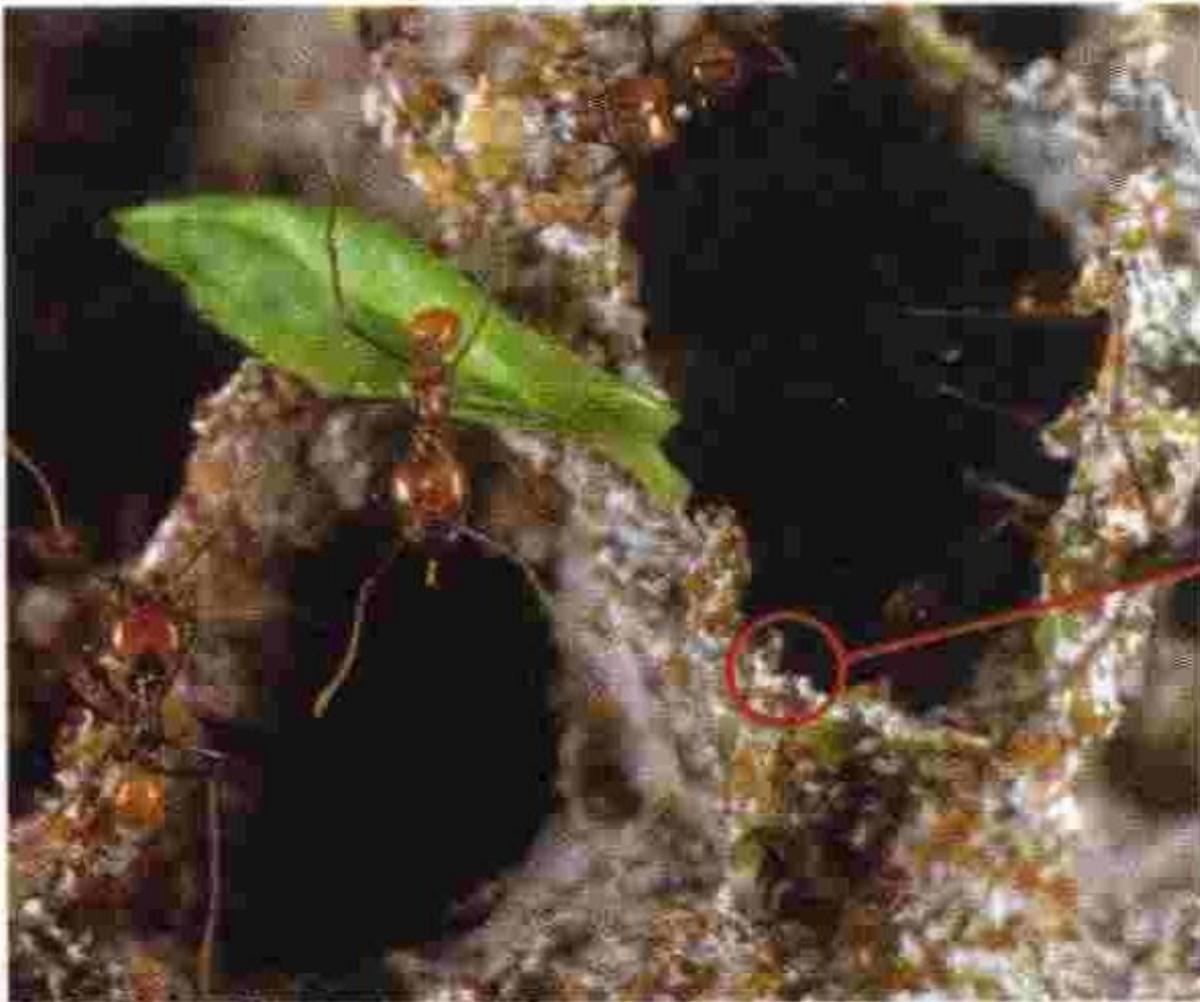
**B. Transferts horizontaux de gènes.**

**IV. Mécanismes de diversification non génétiques**

**A. La symbiose.**

# **Symbiose et modification morphologique**

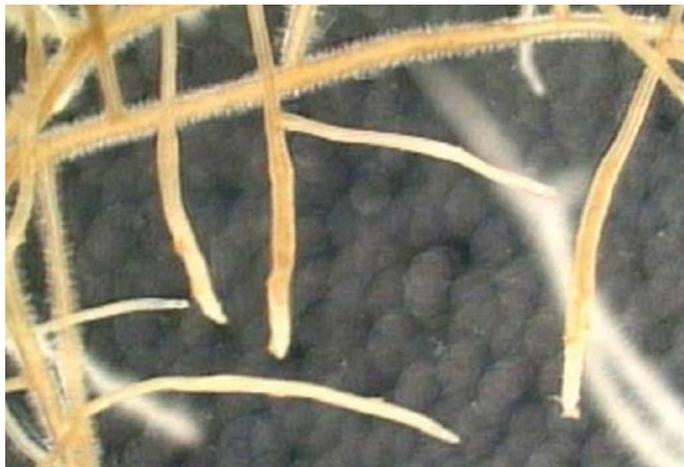
# Symbiose entre fourmis et champignons



# Symbiose entre un végétal et un champignon : mycorhize

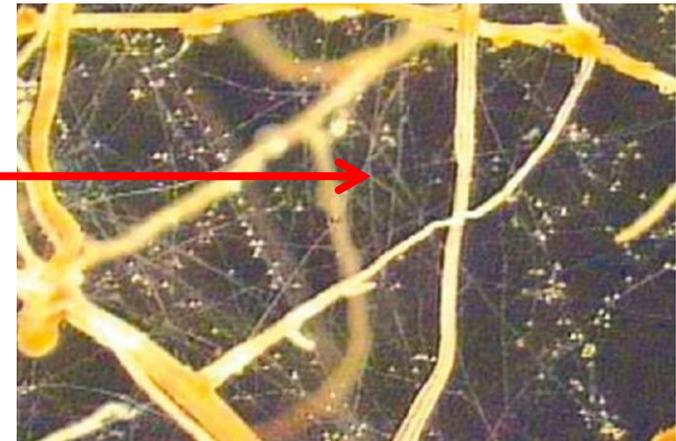


**Croissance plus importante**



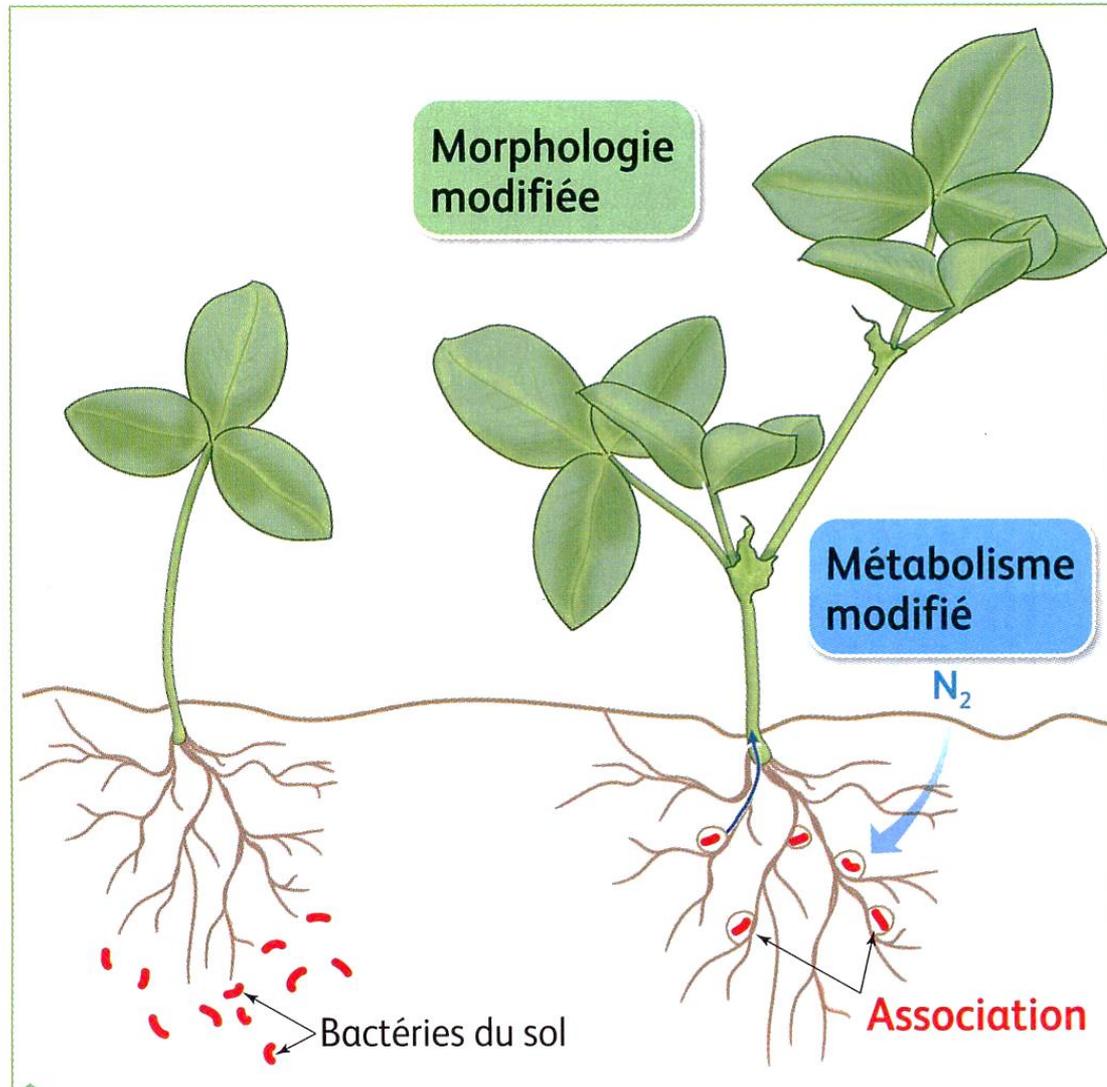
**Racines sans mycorhize**

**mycélium** →



**Racines avec mycorhizes**

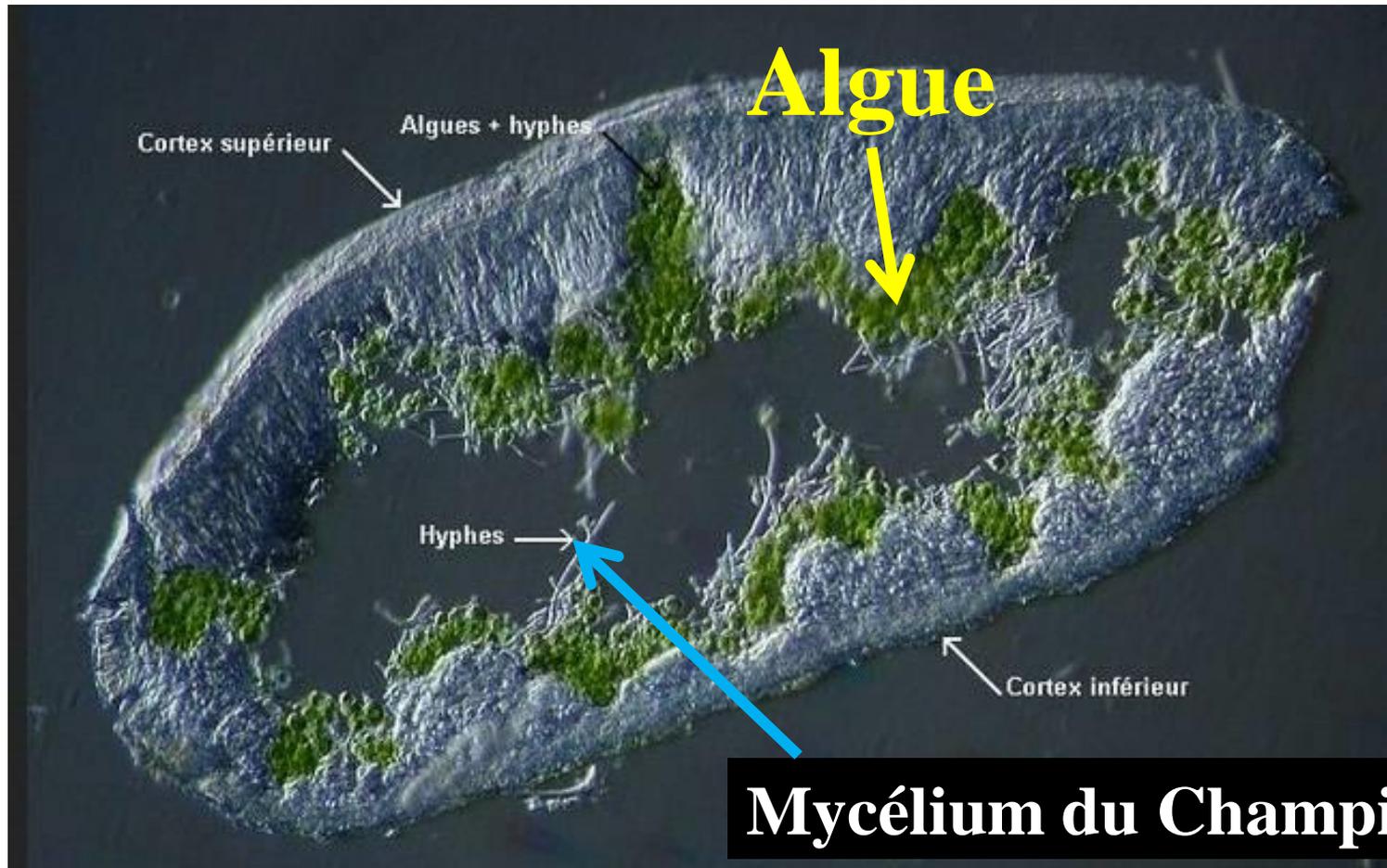
# Symbiose entre un végétal et une bactérie



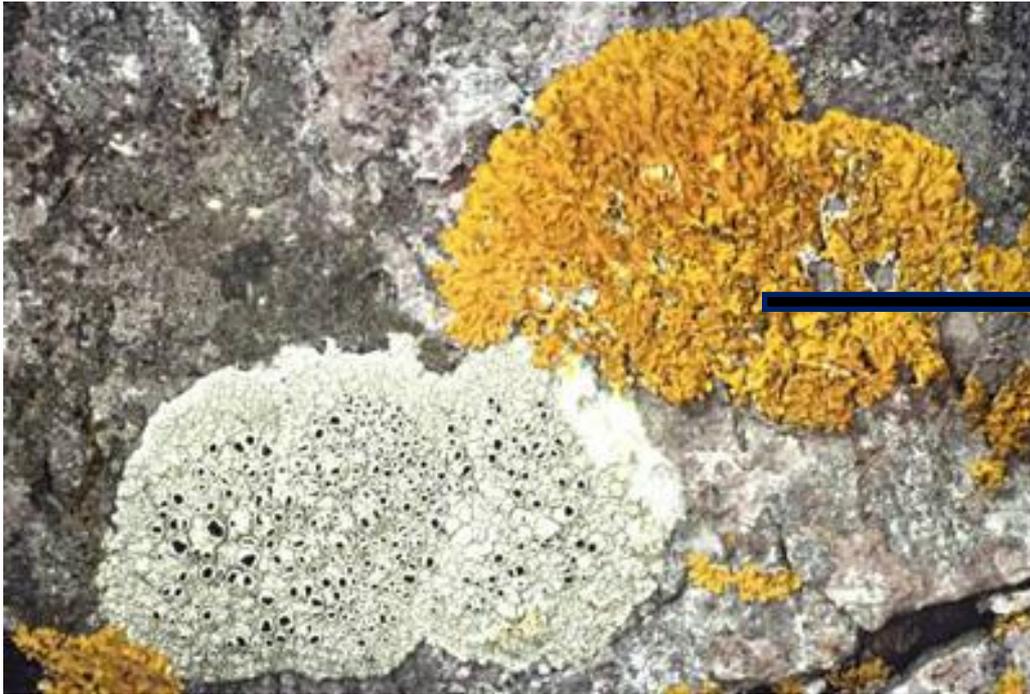
**3** Les associations sont une source de diversité.

# **Symbiose et synthèse de nouvelles molécules**

# Symbiose entre une algue et un champignon : le lichen



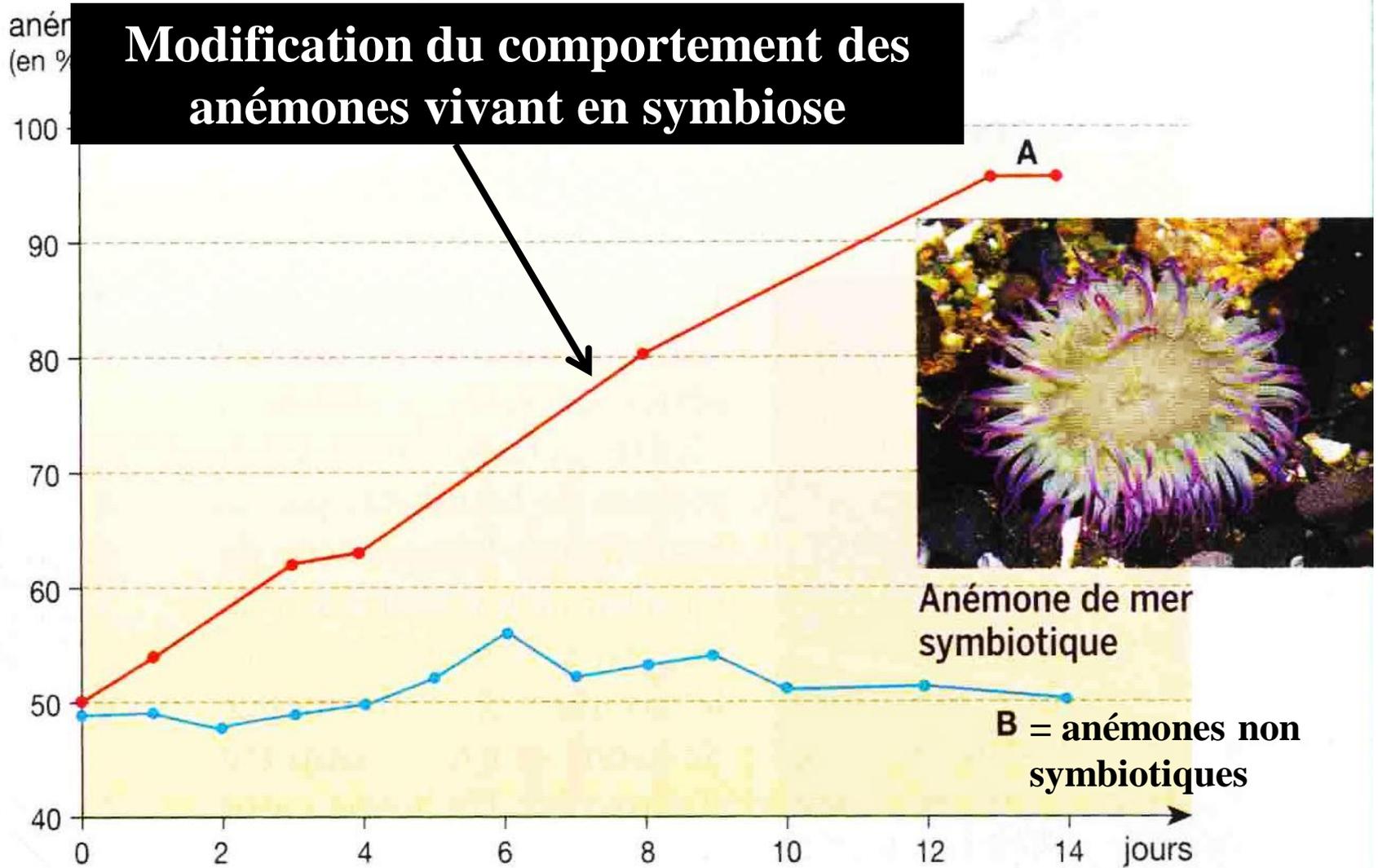
# Synthèse de nouvelles molécules



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

# **Symbiose et modification de comportements**

# Symbiose entre une anémone de mer et une algue verte



# Une symbiose chez l'homme



**100 000 milliards  
de bactéries  
→ 1,5 Kg !!**

# **Chapitre 2 : Mécanismes de diversification des êtres vivants**

**I. Les mécanismes génétiques ayant lieu au cours de la reproduction sexuée (méiose et fécondation)**

**II. Modifications de l'expression de certains gènes**

**III. D'autres mécanismes génétiques de diversification**

**A. Hybridation suivie de polyploïdisation (= association de plusieurs génomes)**

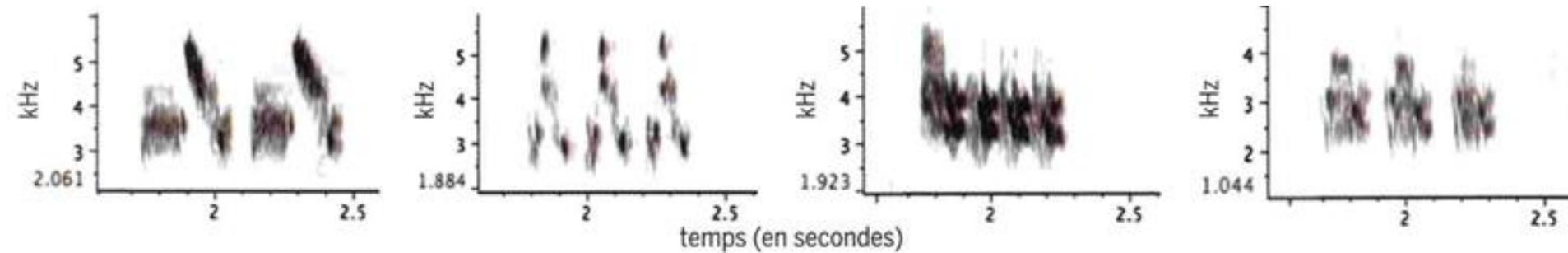
**B. Transferts horizontaux de gènes.**

**IV. Mécanismes de diversification non génétiques**

**A. La symbiose.**

**B. Transmission culturelle de comportements.**

# L'apprentissage du chant chez les oiseaux

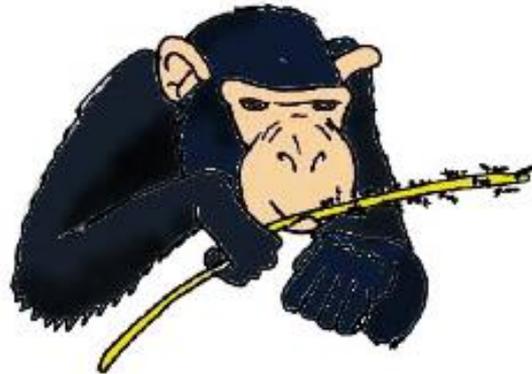


# Transmission culturelle chez le chimpanzé



# Transmission culturelle chez le chimpanzé

- Culture Taï : 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



	<b>Définition (qu'est ce que c'est ?)</b>	<b>Mécanisme à l'origine</b>	<b>Comment la diversité est elle créée?</b>
<b>Anomalie du caryotype</b>			
<b>Crossing over inégal</b>			
<b>Modification de l'expression des gènes du développement</b>			

	<b>Définition (qu'est ce que c'est ?)</b>	<b>Mécanisme à l'origine</b>	<b>Comment la diversité est elle créée?</b>
<b>La polyploïdie</b>			
<b>Le transfert horizontal</b>			
<b>La symbiose</b>			
<b>La transmission culturelle de comportements</b>			

## Du nouveau...

**Mutations**

**Brassage intra-chromosomique**

**Brassage inter-chromosomique**

**Brassage au cours de la fécondation**

**Anomalies au cours de la méiose**

**Modification de l'expression de gènes du développement**

**Hybridisme et polyploïdie**

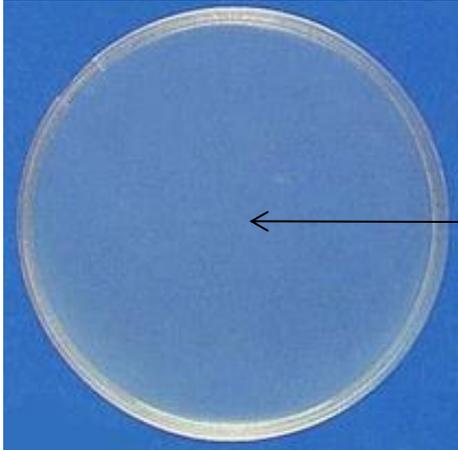
**Transferts horizontaux**

**Symbiose**

**Transmission culturelle des comportements**

## Etape 3.

### Résultats des mises en culture



Pas de  
développement  
des levures



Développement  
de levures  
blanches

Boite n°1 (témoin) :

Résultat de la culture de levures Ade2  
sur milieu minimum (sans adénine)

Boite n°2 :

Résultat de la culture de levures Ade2 ayant été  
mises en contact avec le gène Ade 2 sur milieu  
minimum (sans adénine)

## Etape 4. Exploitation des résultats

D'après le document ressource, on sait que les levures portant la mutation Ade2 sont de couleur rouge et ne peuvent pas synthétiser l'adénine (indispensable à leur développement)

→ dans la boîte n°1, les levures Ade 2 ne se sont pas développées sur un milieu minimum qui ne contient pas d'adénine car, du fait de leur mutation, elles ne peuvent pas produire l'adénine.

→ dans la boîte n°2, si les levures Ade 2 se sont développées sur milieu minimum, c'est qu'elles ont produit de l'adénine à partir du gène Ade2 fonctionnel avec lequel elles ont été en contact. Ces levures Ade 2 ont donc été capables d'incorporer un gène présent dans leur milieu. Elles sont de couleur blanche car le pigment rouge AIR ne s'accumule pas