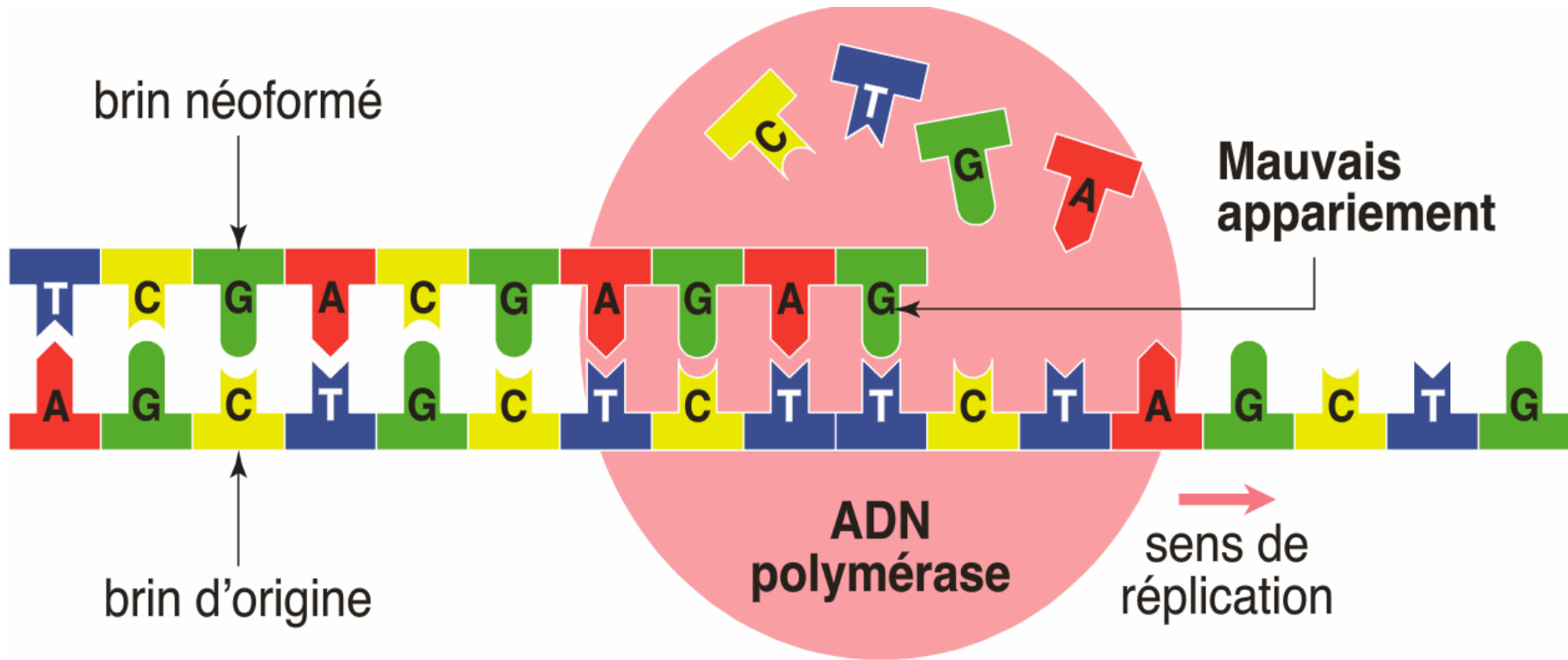


# **Thème : Génétique et évolution.**

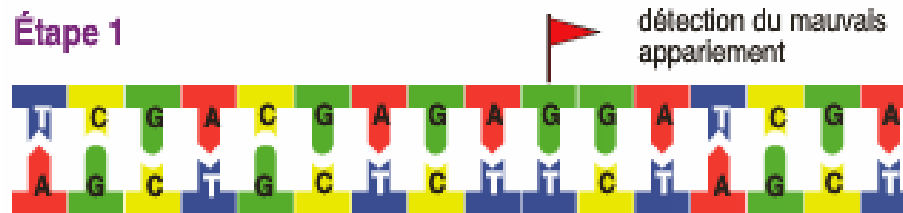
## **Chapitre 2 : Mécanismes de diversification des êtres vivants**



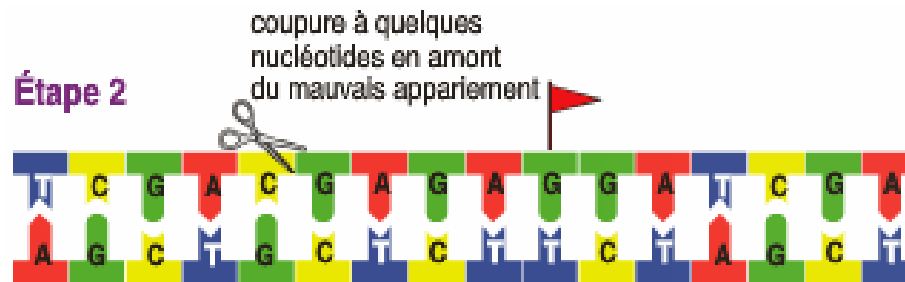
**L'ADN polymérase commet 1 erreur sur 100 000 nucléotides**

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

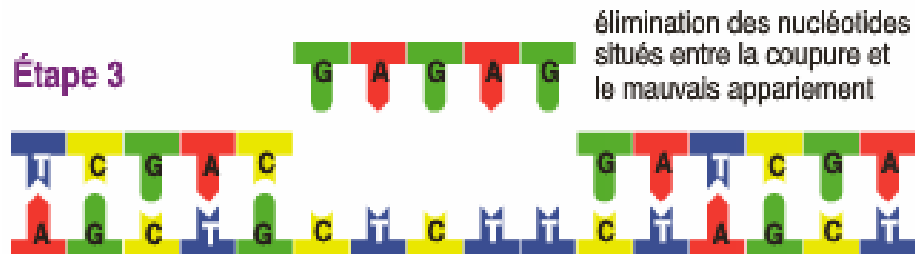
### Étape 1



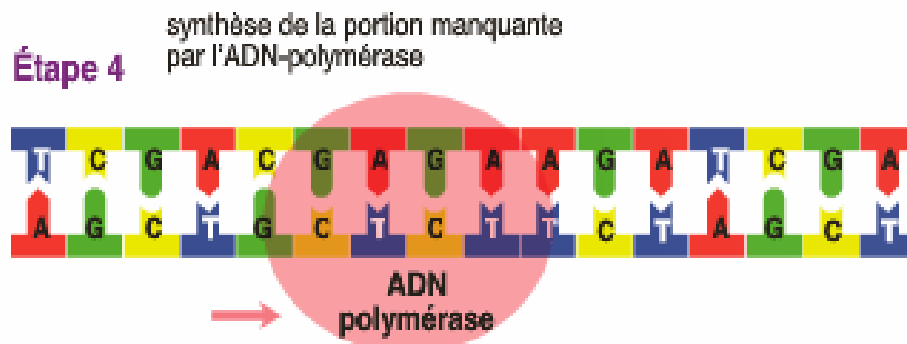
### Étape 2



### Étape 3



### Étape 4

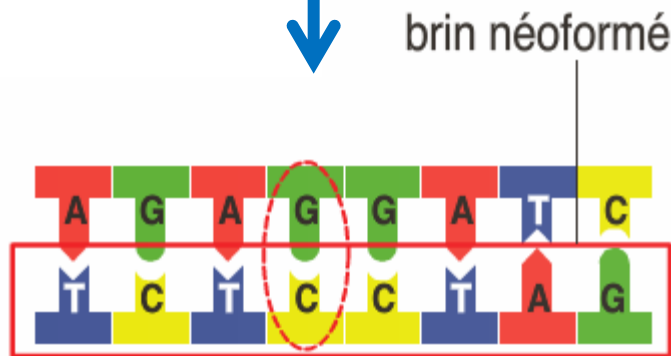


**=> 99,9 % des erreurs sont corrigées**

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

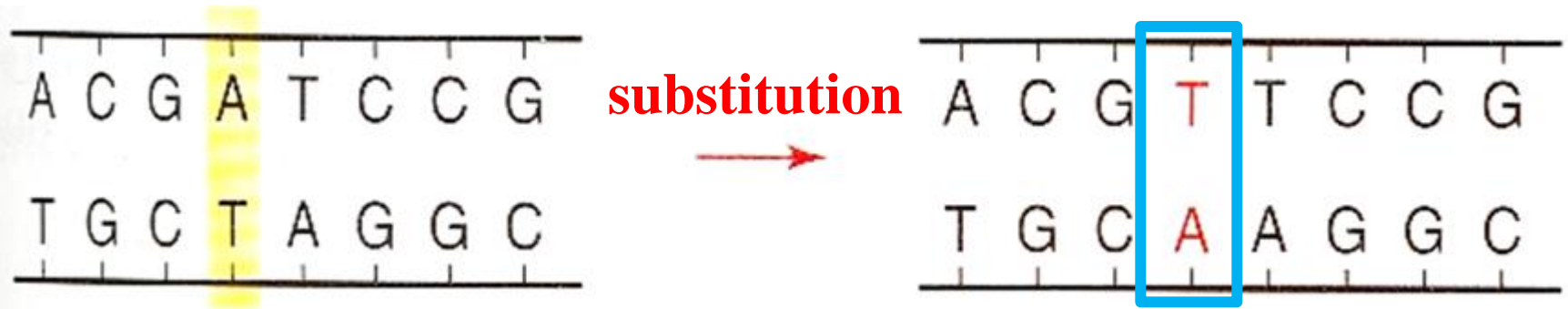


Réplication de l'ADN

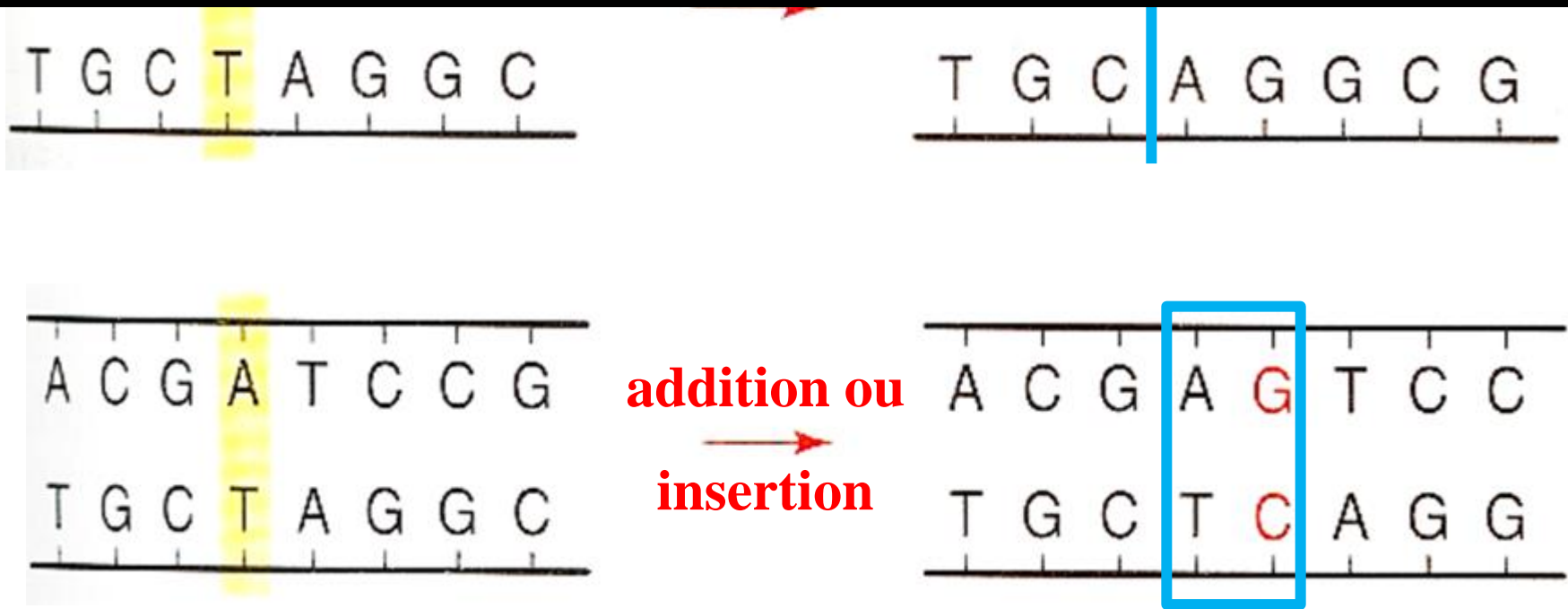


Séquence mutante

**=> 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 autres mécanismes  
créent de la diversité ?**

# Thème : Génétique et évolution.

## Chapitre 2 : Mécanismes de diversification des êtres vivants

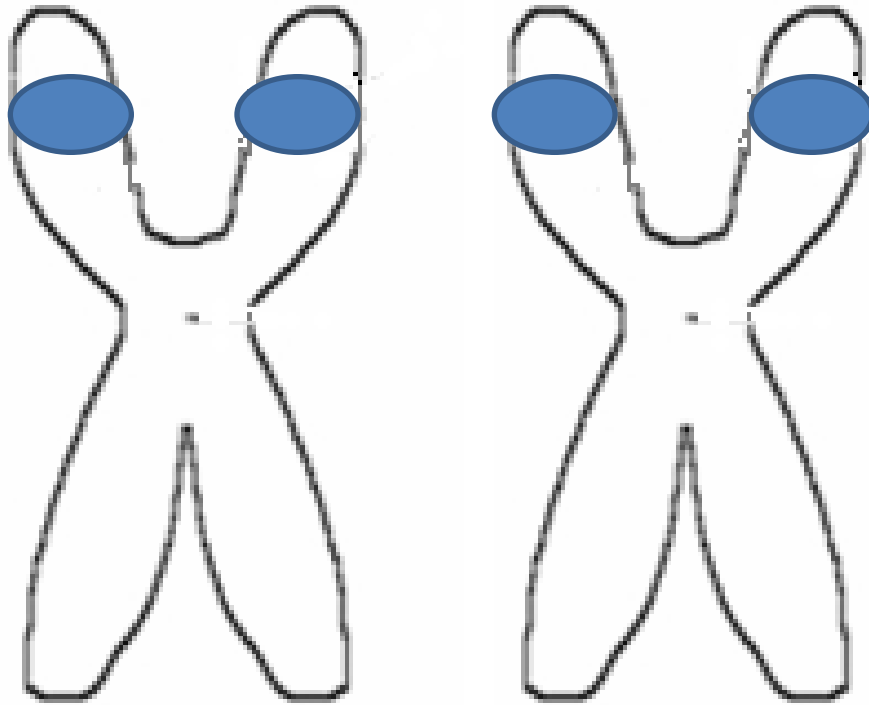
### I. Les mécanismes génétiques.

#### A. La diversité liée à la reproduction sexuée (méiose et fécondation).

##### 1. Déterminer le génotype d'un individu.

→ Les individus peuvent être homozygotes ou hétérozygotes pour un caractère



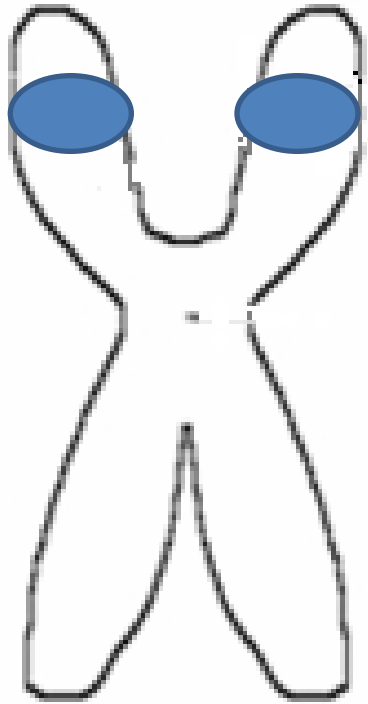


Un chromosome à  
deux chromatides

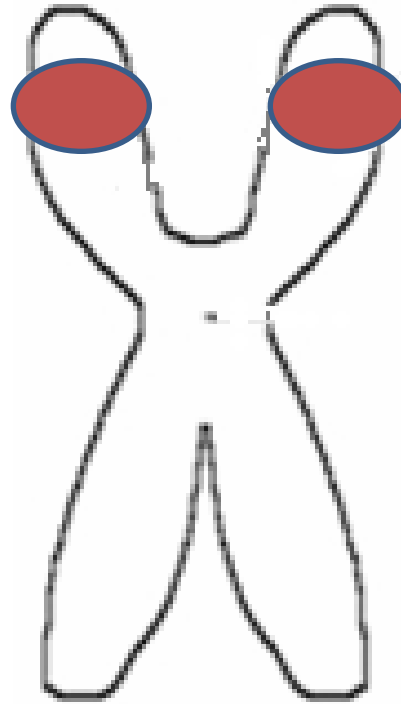
Une paire de chromosomes homologues

**Individu homozygote**

Les 2 chromosomes  
homologues portent les  
**mêmes allèles**



Un chromosome à  
deux chromatides



Une paire de chromosomes homologues

**Individu hétérozygote**

**Les 2 chromosomes  
homologues portent des  
allèles différents**

# Thème : Génétique et évolution.

## Chapitre 2 : Mécanismes de diversification des êtres vivants

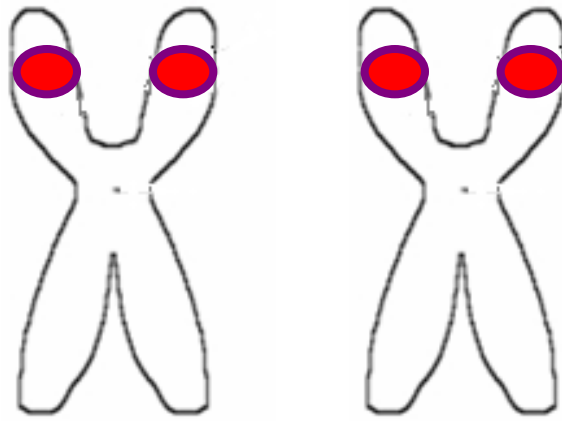
### I. Les mécanismes génétiques.

#### A. La diversité liée à la reproduction sexuée (méiose et fécondation).

##### 1. Déterminer le génotype d'un individu.

- Les individus peuvent être homozygotes ou hétérozygotes pour un caractère
- Relation entre le génotype et le phénotype

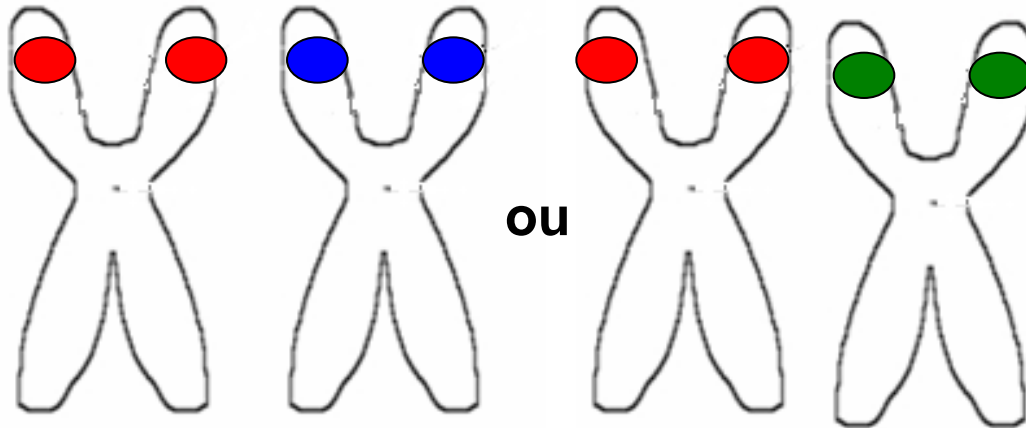
**Phénotype [A]**



Individu homozygote pour le gène  
responsable des groupes sanguins

-  Allèle A
-  Allèle O
-  Allèle B

**Dominance**



**codominance**

**Phénotype [A]**

**Phénotype [AB]**

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.

#### A. La diversité liée à la reproduction sexuée (méiose et fécondation).

##### 1. Déterminer le génotype d'un individu.

- Les individus peuvent être homozygotes ou hétérozygotes pour un caractère
- Relation entre le génotype et le phénotype
- l'observation du phénotype permet-elle de déterminer le génotype ?

# Le génotype des individus de phénotype récessif



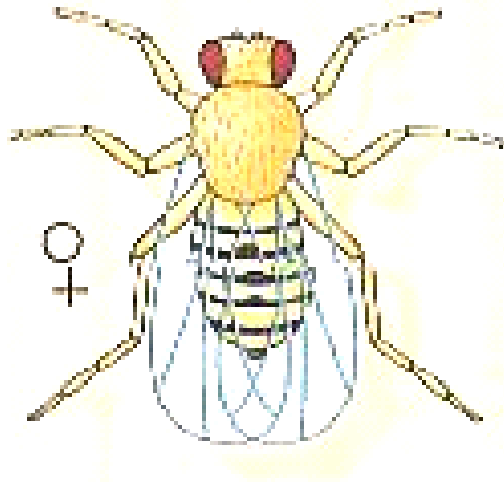
Drosophile de phénotype récessif

**Phénotype [vg]**

**Génotype (vg//vg)**

**Dans le cas d'un individu diploïde de phénotype récessif, la simple observation du phénotype permet de déterminer le génotype (pour le caractère concerné)**

# Le génotype des individus de phénotype dominant



**Drosophile de  
phénotype dominant  
[vg+]**

**Génotype (vg+//vg+)**

**Génotype (vg+//vg)**

**Dans le cas d'un individu diploïde de phénotype dominant, la simple observation du phénotype ne permet pas de déterminer le génotype**

# Thème : Génétique et évolution.

## Chapitre 2 : Mécanismes de diversification des êtres vivants

### I. Les mécanismes génétiques.

#### A. La diversité liée à la reproduction sexuée (méiose et fécondation).

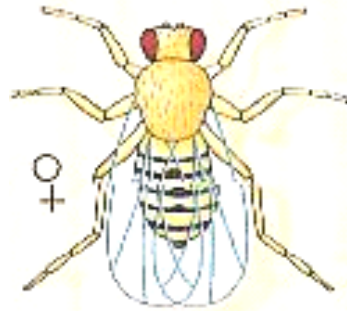
##### 1. Déterminer le génotype d'un individu.

- Les individus peuvent être homozygotes ou hétérozygotes pour un caractère
- Relation entre le génotype et le phénotype
- l'observation du génotype permet-elle de déterminer le phénotype ?
- Comment connaître le génotype d'un individu de phénotype dominant ?



# Croisement test

Drosophile de  
phénotype dominant  
[vg+] dont on ne connaît  
pas le génotype



×



Drosophile de  
phénotype récessif  
[vg] dont on connaît  
le génotype

Génotype (vg +// vg)



Génotype (vg// vg)

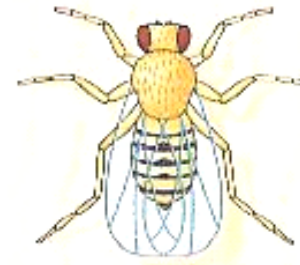
2 phénotypes

Gamètes (vg+)  
et gamètes (vg)



[vg]

Génotype (vg // vg)



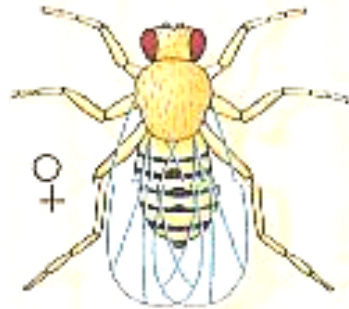
[vg+]

Génotype (vg +// vg)

Gamètes (vg)

# Ou alors, on obtient ...

Drosophile de  
phénotype dominant  
[vg+] dont on ne connaît  
pas le génotype



×



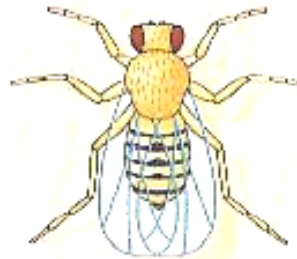
Drosophile de  
phénotype récessif  
[vg] dont on connaît  
le génotype

Génotype (vg +// vg +)

Génotype (vg// vg)

Gamètes (vg+)

1 phénotype



Gamètes (vg)

[vg+]

Génotype (vg +// vg)

# Thème : Génétique et évolution.

## Chapitre 2 : Mécanismes de diversification des êtres vivants

### I. Les mécanismes génétiques.

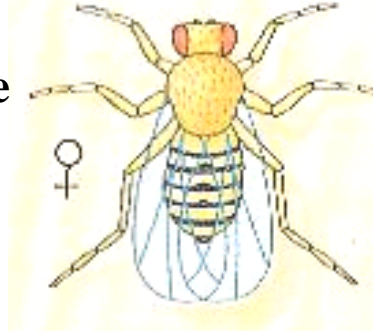
#### A. La diversité liée à la reproduction sexuée (méiose et fécondation).

1. Déterminer le génotype d'un individu.

2. Diversité liée au brassage inter-chromosomique.

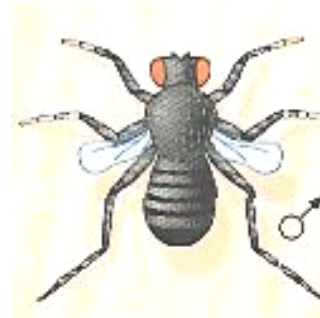
**Analyse de résultats de croisements effectués chez la drosophile.**  
**(Pour des caractères codés par des gènes situés sur 2 chromosomes différents = gènes indépendants)**

**Femelle de lignée pure**



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

×



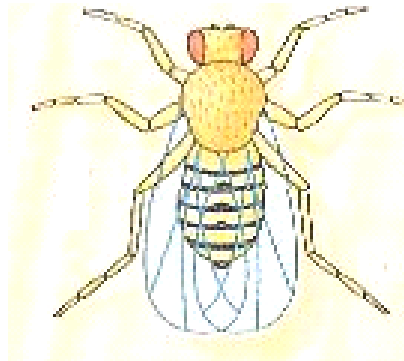
**mâle de lignée pure**

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



**100 %**

**Hétérozygote**



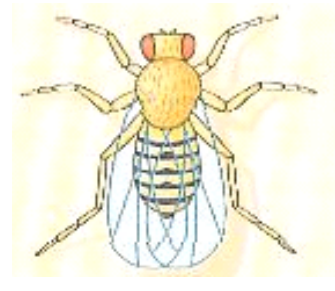
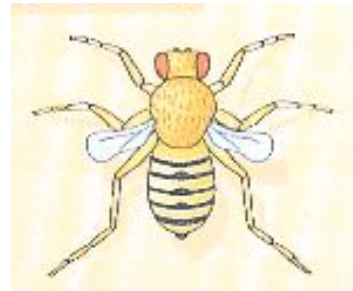
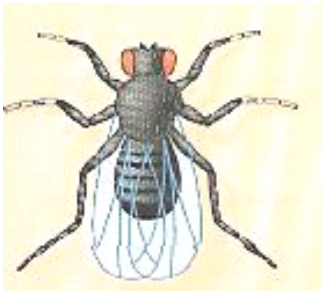
**F1**

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

Test-cross



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+//Vg ; eb//eb)

(Vg//Vg ; eb//eb)

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

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

[vg+;eb]

[vg;eb]

[vg;eb+]

[vg+;eb+]

25 %

25 %

25 %

25 %

# Thème : Génétique et évolution.

## Chapitre 2 : Mécanismes de diversification des êtres vivants

### I. Les mécanismes génétiques.

#### A. La diversité liée à la reproduction sexuée (méiose et fécondation).

1. Intérêt des croisements tests dans l'étude des brassages génétiques.

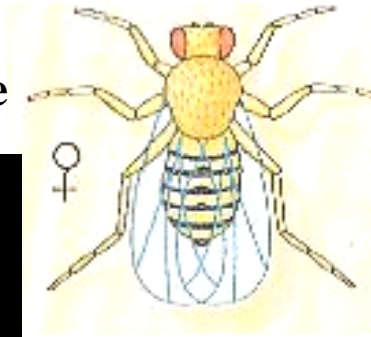
2. Diversité liée au brassage inter-chromosomique.

3. Diversité liée au brassage intra-chromosomique.

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

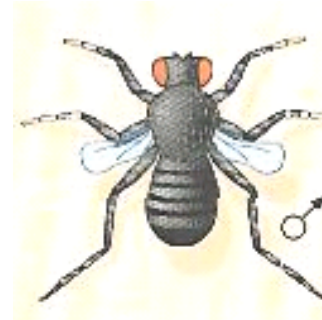
Femelle de lignée pure

$Vg+//Vg+$   
 $n+//n+$



$[vg+, n+]$

×



mâle de lignée pure

$Vg//Vg$   
 $n//n$

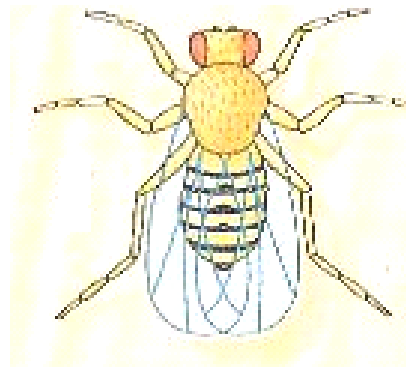
$[vg, n]$



100 %

$Vg+//Vg$   
 $n+//n$

Hétérozygote



$[vg+, n+]$

F1

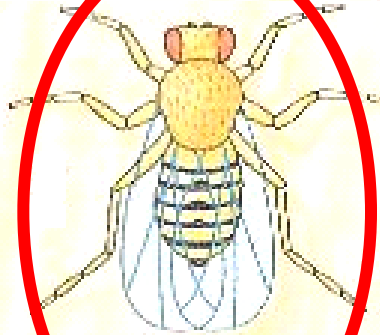
80% de phénotypes parentaux

20% de phénotypes recombinés

F1

$Vg^{+}/Vg$   
 $n^{+}/n$

Hétérozygote



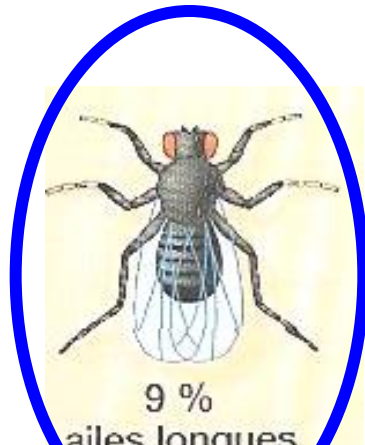
$[vg^{+},n^{+}]$

×



$Vg/Vg$   
 $n/n$

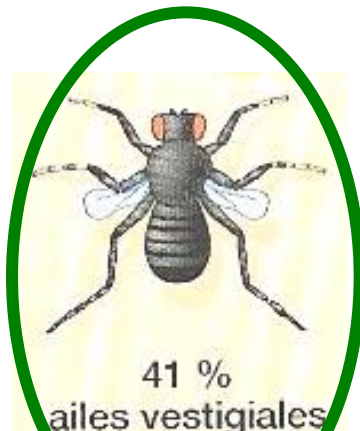
Quatre phénotypes



9 %

ailes longues

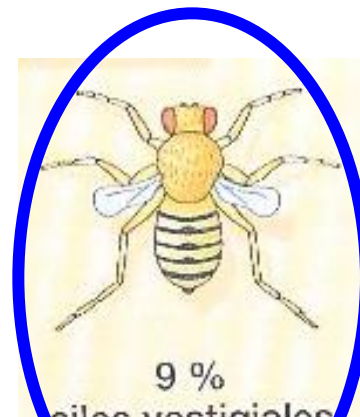
$[Vg^{+},n]$



41 %

ailes vestigiales

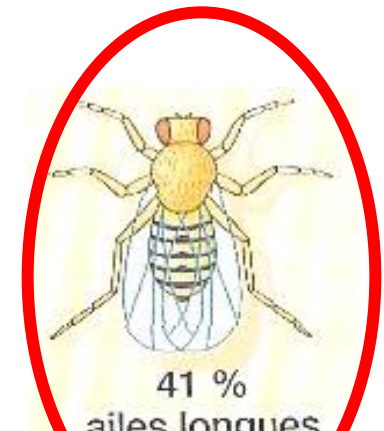
$[Vg,n]$



9 %

ailes vestigiales

$[Vg,n]$



41 %

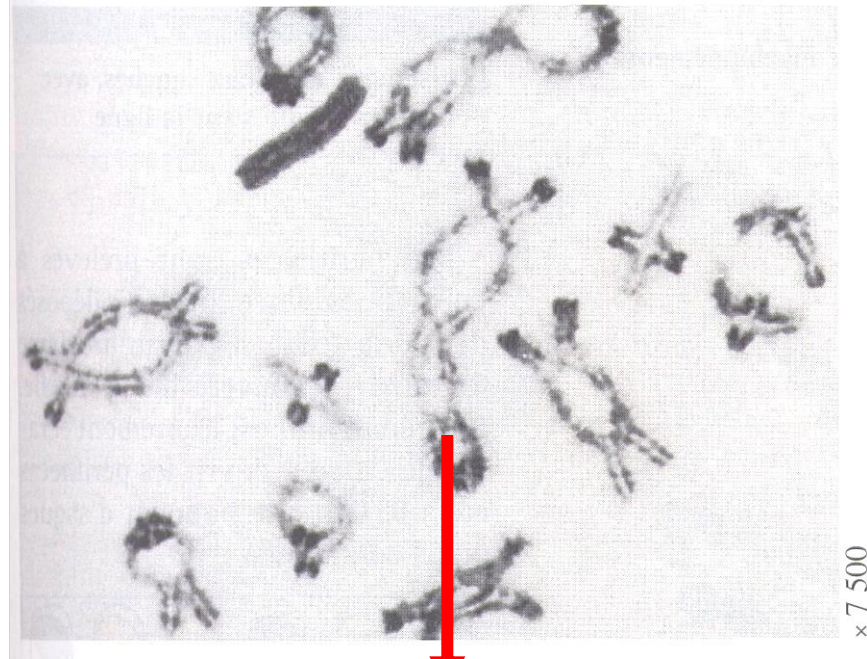
ailes longues

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

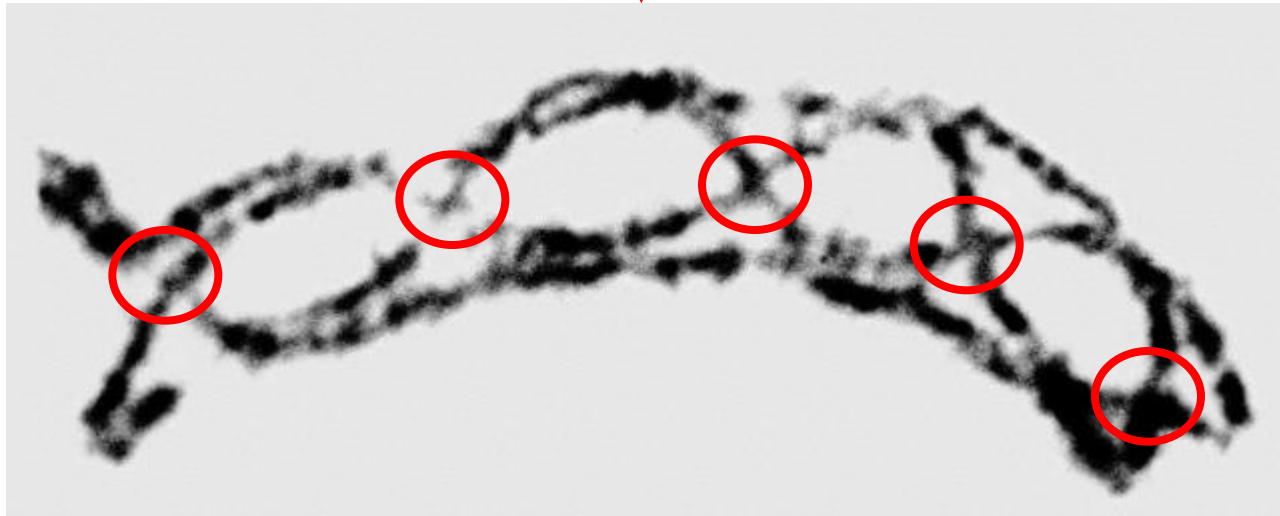


# Prophase de la 1<sup>ère</sup> division méiotique

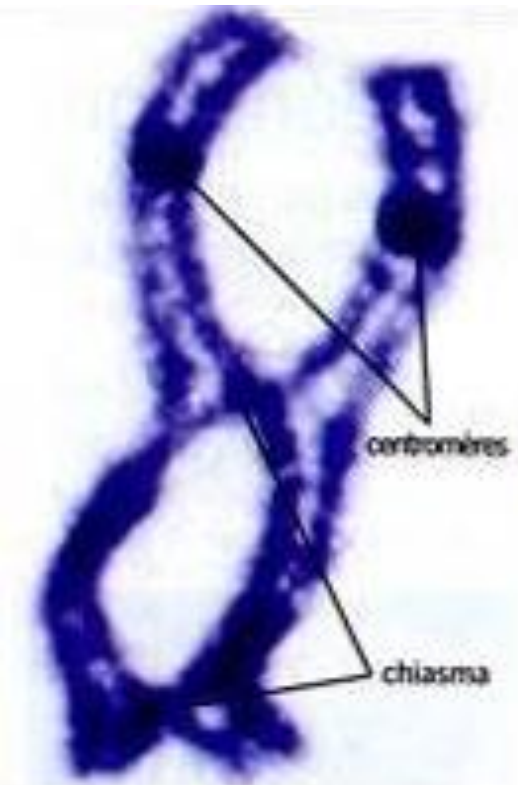
**Appariement des chromosomes homologues**



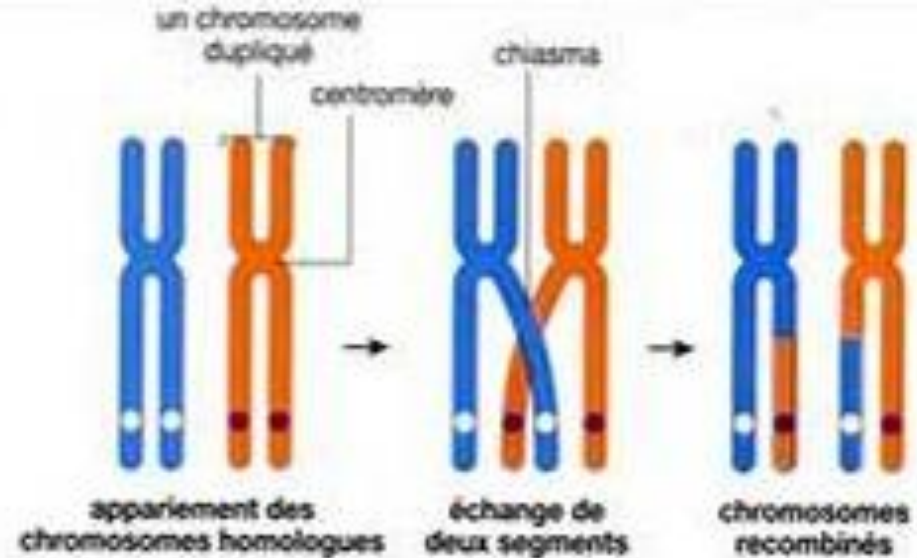
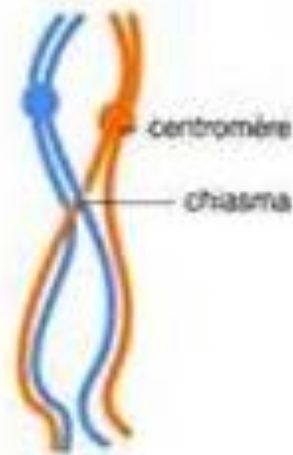
**Chiasmata**



# Mécanisme du crossing over (ou enjambement)



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



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

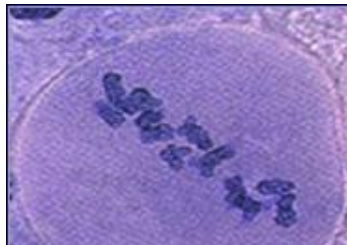
**Crossing over**

# Bilan sur les brassages intra et inter-chromosomiques

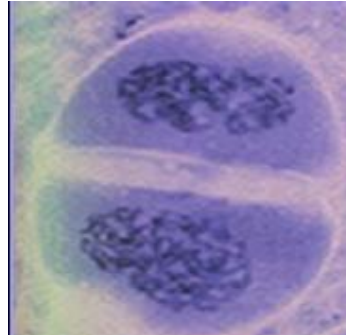
	Brassage inter-chromosomique	Brassage intra-chromosomique
Localisation des gènes concernés	Les gènes <b>indépendants</b> (situés sur des paires de chromosomes différentes)	Les gènes <b>liés</b> (situés sur le même chromosome)
A quel moment se produit t-il ?	<b>Anaphase 1</b> Lorsque les 2 chromosomes 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)	<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 nombres 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		



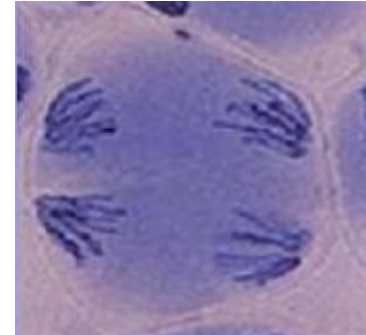
Anaphase 1



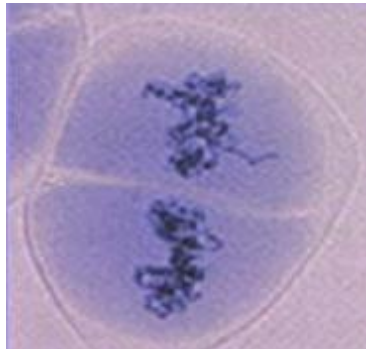
Métaphase 1



Télaphase 1



Anaphase 2



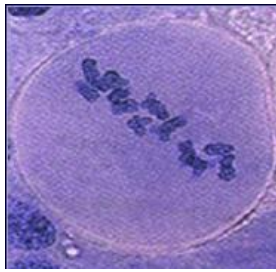
métaphase 2



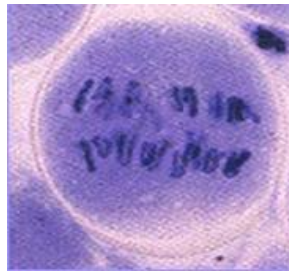
prophase 1



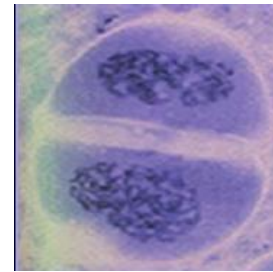
24-2



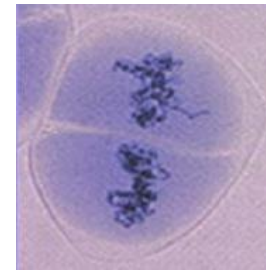
24-2



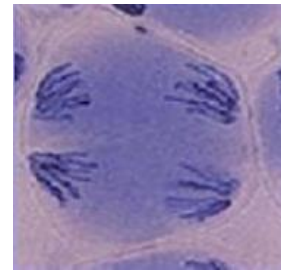
24-2



12-2



12-2



24-1



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

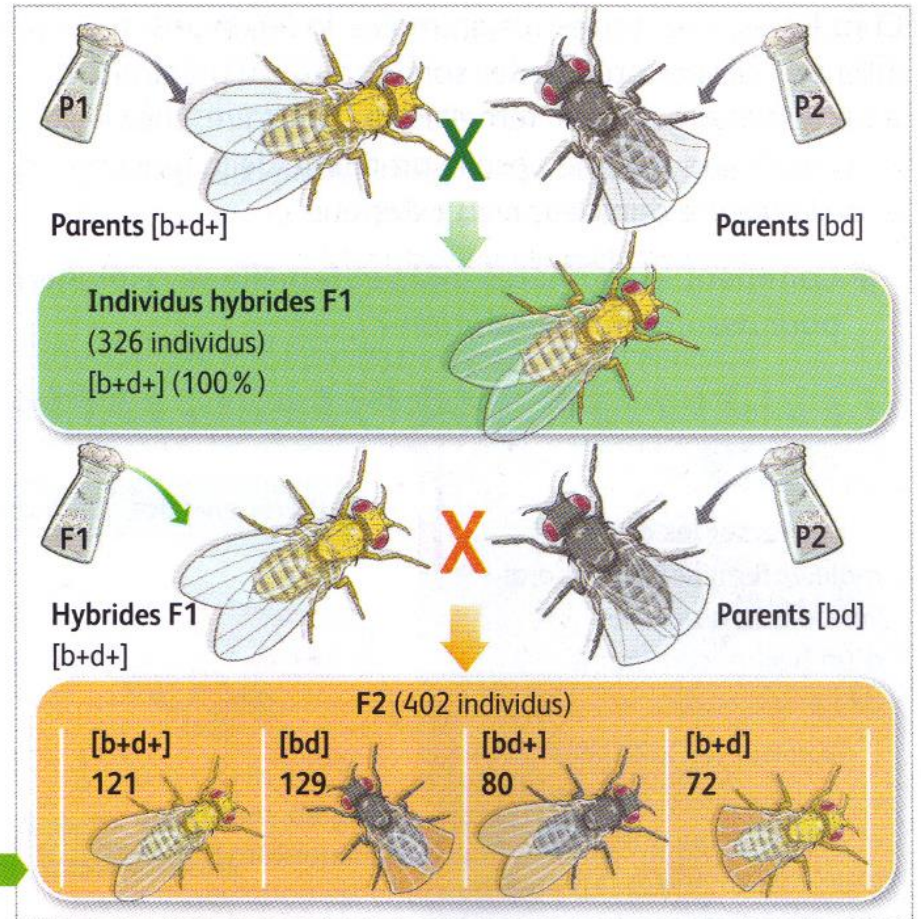
## 9 Brassage génétique chez la drosophile

- 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  $d = \text{dumpy}$ ).
- 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.





# Sélection d'un caractère de résistance chez la tomate

## 8 Sélection d'un caractère de résistance chez la tomate

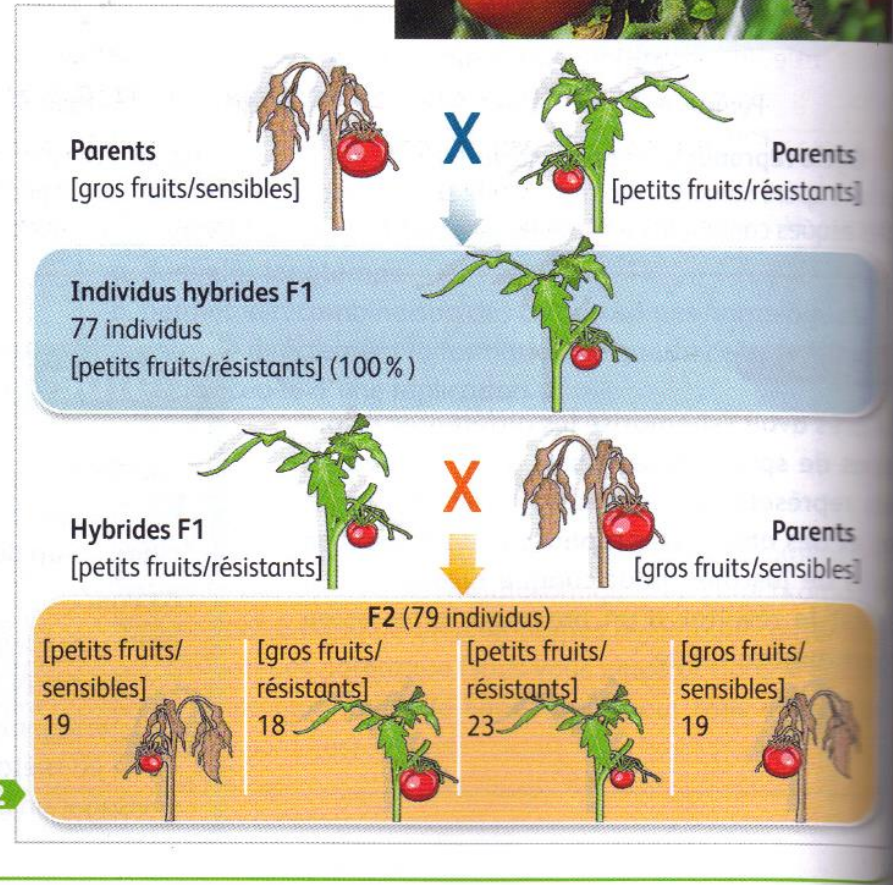
- ▶ Certains plants de tomates produisent de gros fruits, mais sont sensibles à un champignon parasite, *Fusarium oxysporum*, qui affecte les tiges, puis aboutit au dessèchement de l'ensemble du végétal (caractère f).
- ▶ D'autres plants de tomates, produisent des fruits plus petits, mais sont résistants à la maladie (caractère g).
- ▶ Des ingénieurs agronomes cherchent à obtenir une variété résistante à gros fruits. En partant de lignées pures, ils effectuent deux croisements successifs.

### QUESTIONS

- 1 Déterminez les allèles dominants et récessifs d'après le phénotype présent en F1. Écrivez les génotypes correspondant aux différents phénotypes, et réécrivez les phénotypes, avec les conventions d'écriture (ex. (f//f+) [f+]).
- 2 Indiquez le nom du second croisement.
- 3 Calculez les pourcentages de chaque phénotype en F2 et justifiez si ces deux gènes sont liés ou indépendants.
- 4 Expliquez comment les chercheurs vont mettre au point la variété recherchée.

Croisements de tomates 2  
(caractères grosseur du fruit, résistance au *Fusarium*).

Plant touché 1  
par *Fusarium*.



# Nomenclature des gènes

► Certains plants de tomates produisent de gros fruits, mais sont sensibles à un champignon parasite, *Fusarium oxysporum*, qui affecte les tiges, puis aboutit au dessèchement de l'ensemble du végétal (caractère f).

► D'autres plants de tomates, produisent des fruits plus petits, mais sont résistants à la maladie (caractère g).

► Des ingénieurs agronomes cherchent à obtenir une variété résistante à gros fruits. En partant de lignées pures, ils effectuent deux croisements successifs.

**Caractère f**  
→ **Gène f**

**Caractère g**  
→ **Gène g**

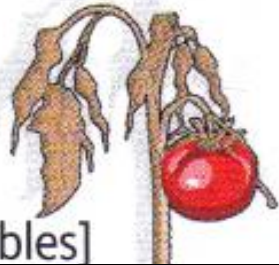
# Détermination des dominances et récessivités

Caractère f → Gène f pour la résistance/sensibilité

Caractère g → Gène g pour la taille du fruit

Parents

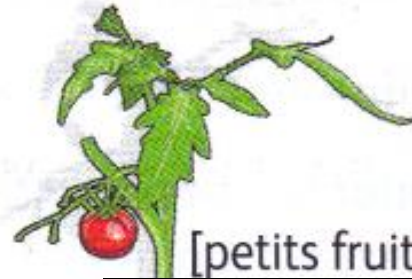
[gros fruits/sensibles]



X

Parents

[petits fruits/résistants]



Parents P1 : (g//g) et (f//f)

Parents P2 : (g+//g+) et (f+//f+)

Individus hybrides F1

77 individus

[petits fruits/résistants] (100%)

1

Hybrides f1 :  
(g+//g) et (f+//f)

Allèle g+ : fruit petit dominant, donc allèle g : gros fruit récessif

Allèle f+ : résistant dominant, donc allèle f : sensible au *Fusarium*

# Sélection d'un caractère de résistance chez la tomate

## 8 Sélection d'un caractère de résistance chez la tomate

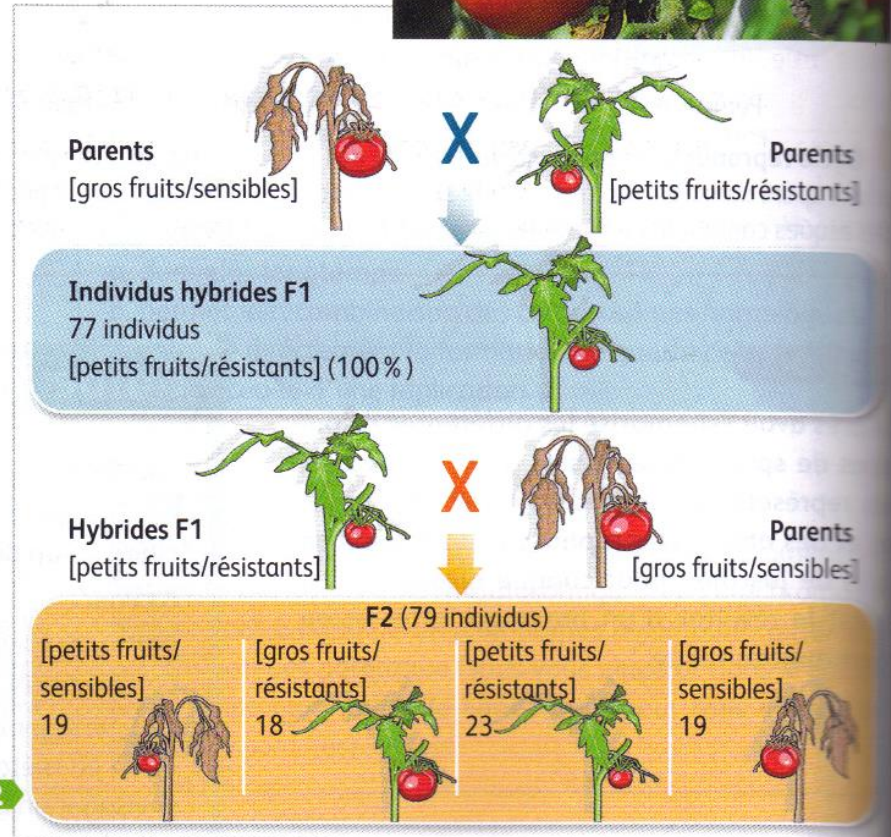
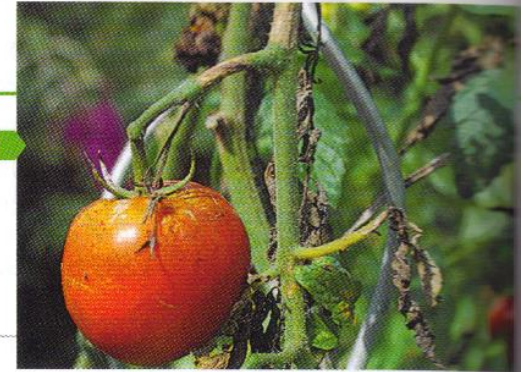
- ▶ Certains plants de tomates produisent de gros fruits, mais sont sensibles à un champignon parasite, *Fusarium oxysporum*, qui affecte les tiges, puis aboutit au dessèchement de l'ensemble du végétal (caractère f).
- ▶ D'autres plants de tomates, produisent des fruits plus petits, mais sont résistants à la maladie (caractère g).
- ▶ Des ingénieurs agronomes cherchent à obtenir une variété résistante à gros fruits. En partant de lignées pures, ils effectuent deux croisements successifs.

### QUESTIONS

- 1 Déterminez les allèles dominants et récessifs d'après le phénotype présent en F1. Écrivez les génotypes correspondant aux différents phénotypes, et réécrivez les phénotypes, avec les conventions d'écriture (ex. (f//f+) [f+]).
- 2 Indiquez le nom du second croisement.
- 3 Calculez les pourcentages de chaque phénotype en F2 et justifiez si ces deux gènes sont liés ou indépendants.
- 4 Expliquez comment les chercheurs vont mettre au point la variété recherchée.

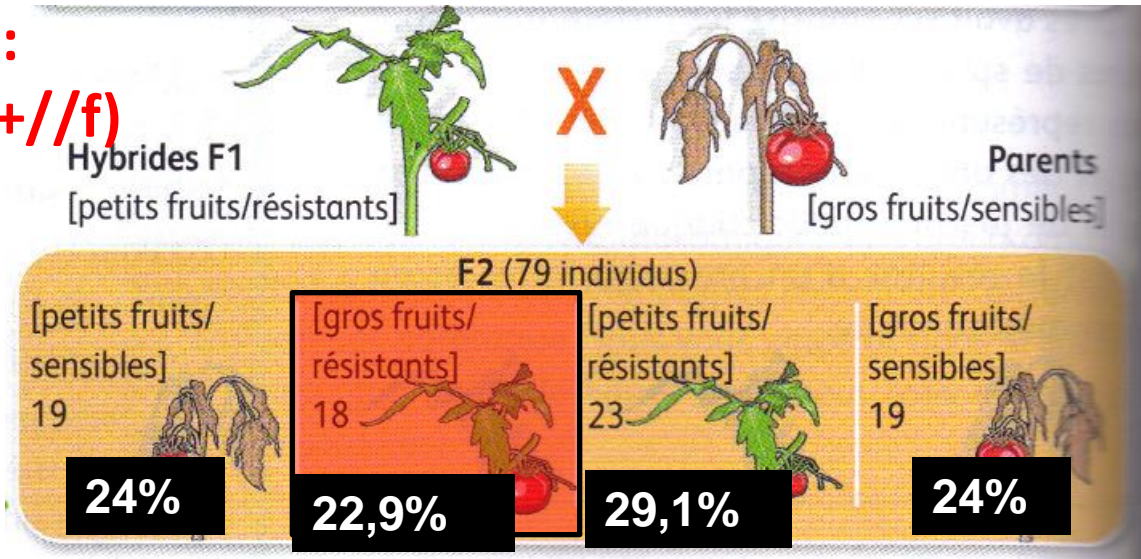
Croisements de tomates 2  
(caractères grosseur du fruit, résistance au *Fusarium*).

Plant touché 1  
par *Fusarium*.



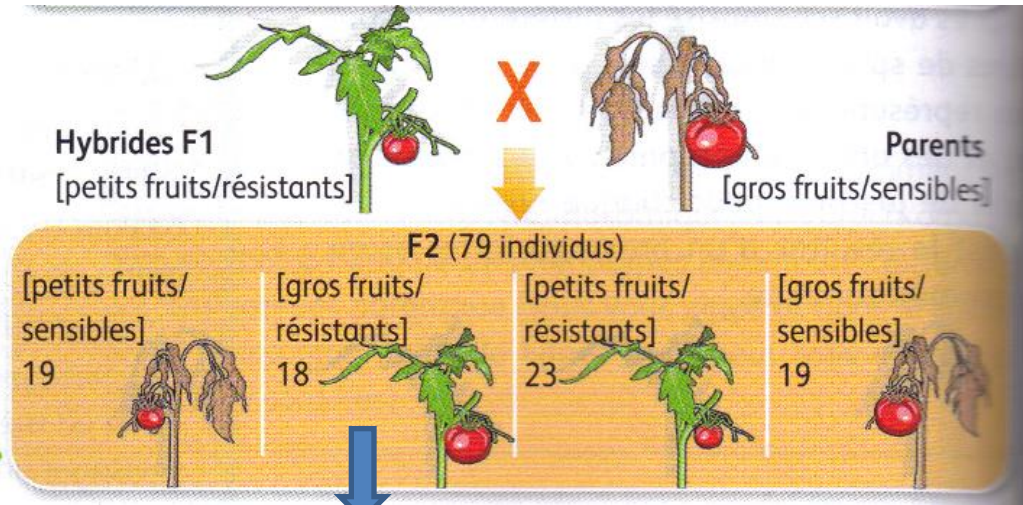
# Second croisement

**Hybrides F1 :**  
**(g+//g) et (f+//f)**  
**[g+ ; f+]**



Gamètes P1 \ Gamètes F1	(g/) et (f/)	phénotype
(g+/) et (f/)	(g+//g) et (f//f)	[g+ ; f]
(g/) et (f+)	(g//g) et (f+//f)	[g ; f+]
(g+/) et (f+)	(g+//g) et (f+//f)	[g+ ; f+]
(g/) et (f/)	(g//g) et (f//f)	[g ; f]

# Obtention d'une lignée pure [g ; f+]



(g//g) et (f+//f)

Problème : obtenir (g//g) et (f+//f+)

On croise F2 x F2

Gamètes F2	(g/) et (f/)	(g/) et (f+//)	
Gamètes F2			
(g/) et (f/)	<del>(g//g) et (f//f) [g ; f]</del>	(g//g) et (f//f+) [g ; f+]	En F3 : 50% [g ; f] 50% [g ; f+] À distinguer par un test-cross
(g/) et (f+//)	(g//g) et (f+//f) [g ; f+]	(g//g) et (f+//f+) [g ; f+]	

En F3 : 100% [g ; f+]

# Thème : Génétique et évolution.

## Chapitre 2 : Mécanismes de diversification des êtres vivants

### I. Les mécanismes génétiques.

#### A. La diversité liée à la reproduction sexuée (méiose et fécondation).

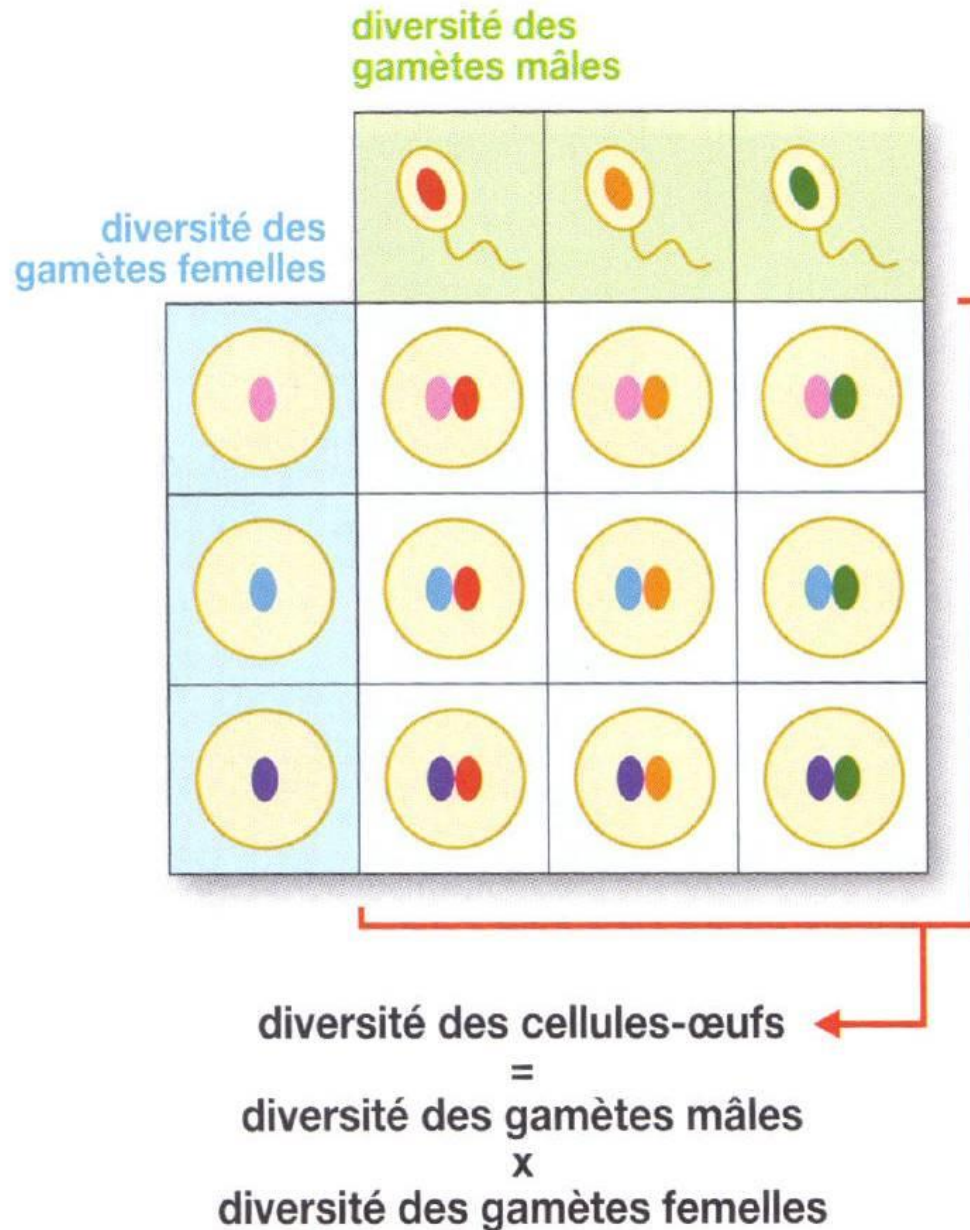
1. Intérêt des croisements tests dans l'étude des brassages génétiques.

2. Diversité liée au brassage inter-chromosomique.

3. Diversité liée au brassage intra-chromosomique.

4. Diversité liée au brassage des chromosomes lors de la fécondation.

# La fécondation amplifie le brassage génétique





# Thème : Génétique et évolution.

## Chapitre 2 : Mécanismes de diversification des êtres vivants

### I. Les mécanismes génétiques.

#### A. La diversité liée à la reproduction sexuée (méiose et fécondation).

1. Intérêt des croisements tests dans l'étude des brassages génétiques.
2. Diversité liée au brassage inter-chromosomique.
3. Diversité liée au brassage intra-chromosomique.
4. Un brassage lié à la fécondation.

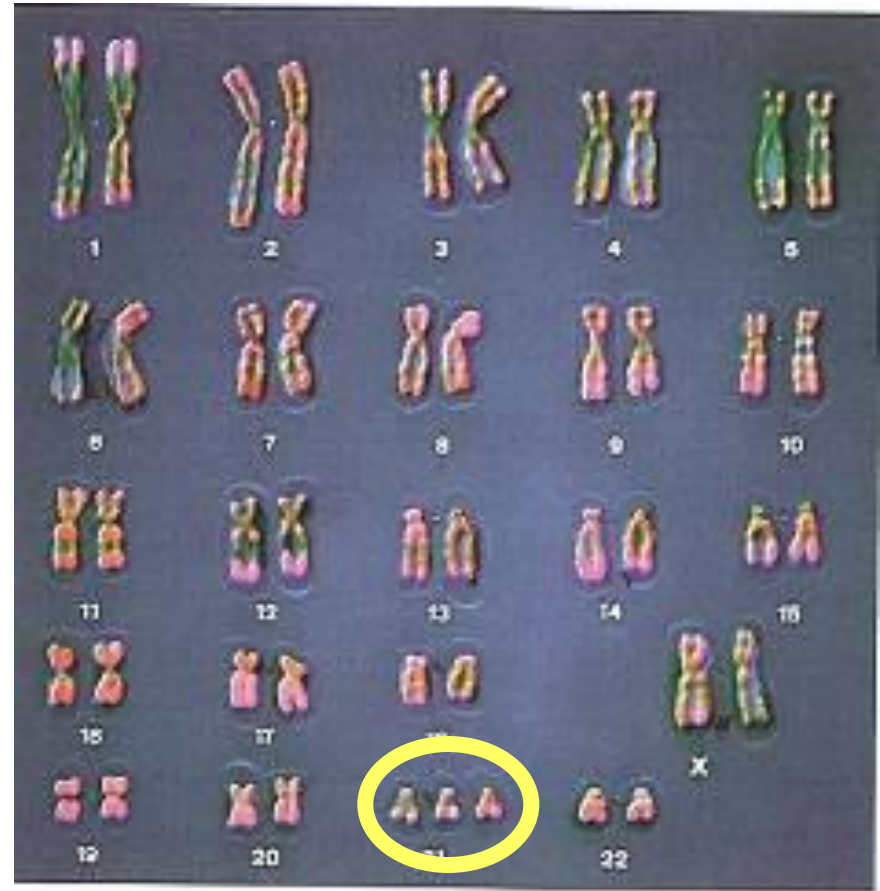
#### B. Diversité liée à des anomalies au cours de la méiose.

1. Diversité liée à une mauvaise répartition des chromosomes dans les gamètes.

# Trisomie 21



Un enfant sur 700



## D'autres anomalies chromosomiques

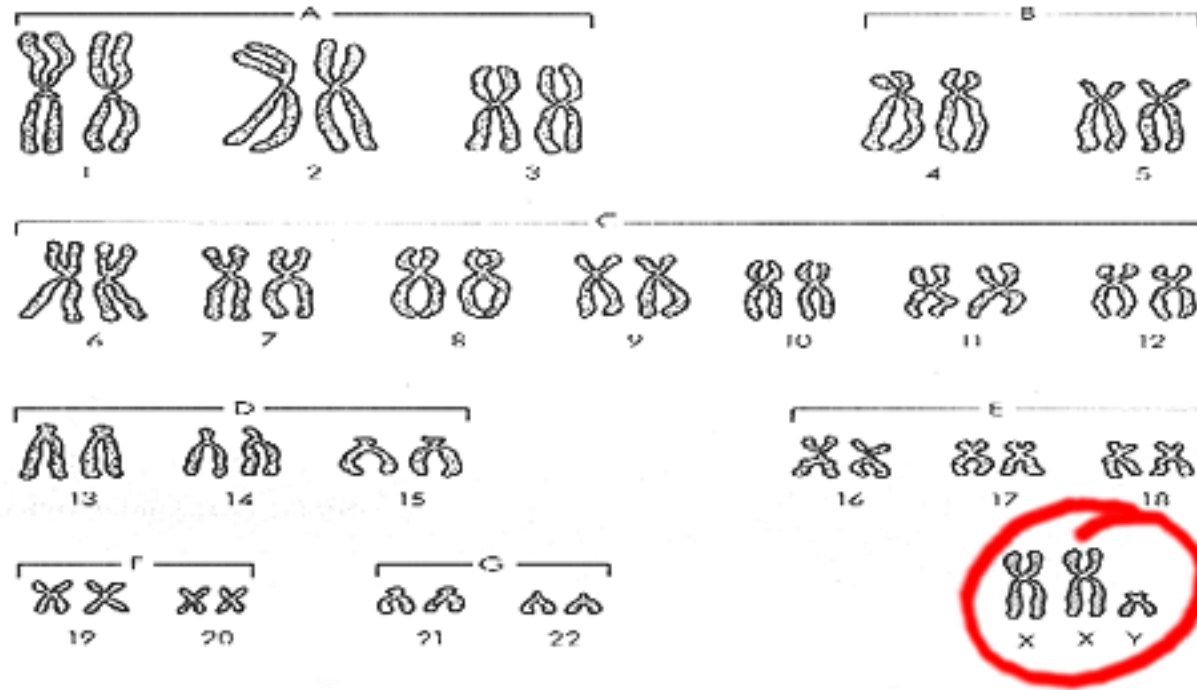
Trisomie XXY



1/800



Syndrome de Klinefelter



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

## D'autres anomalies chromosomiques

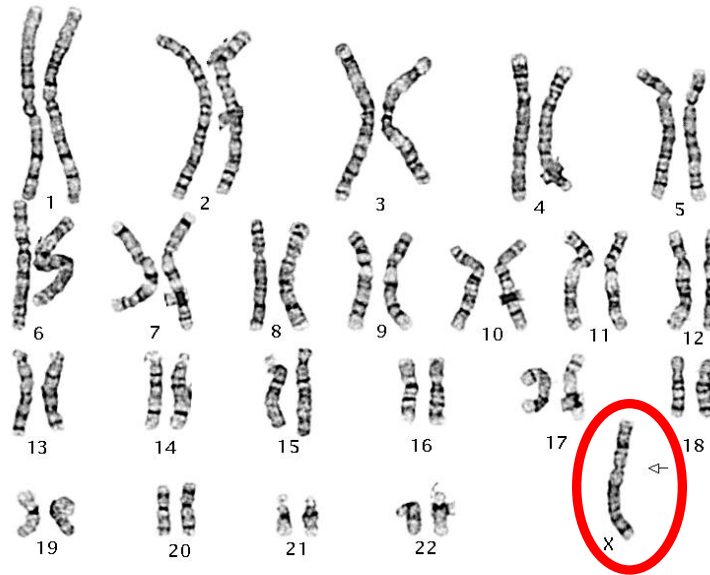
Monosomie X



1/800

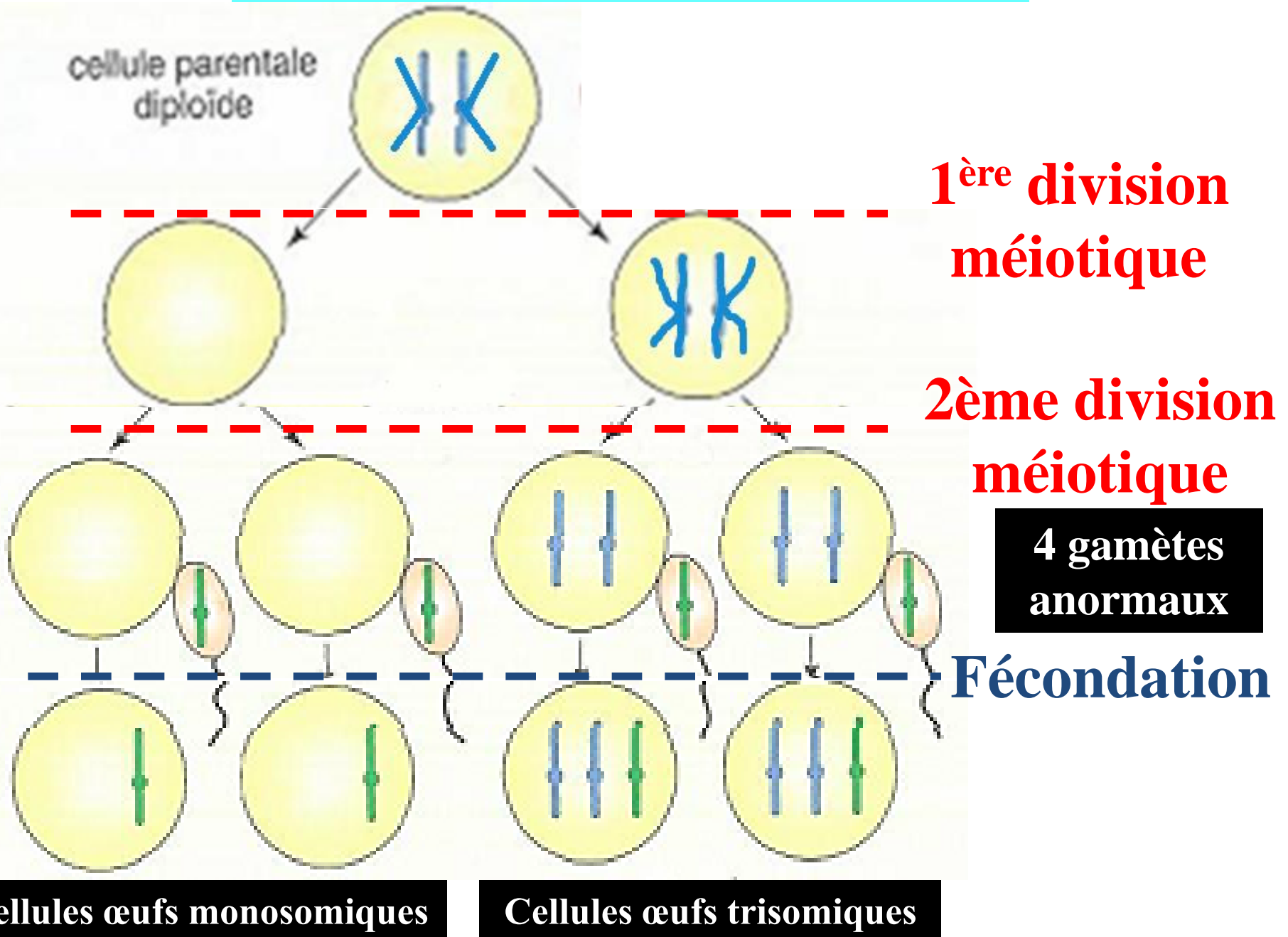


Syndrome de Turner

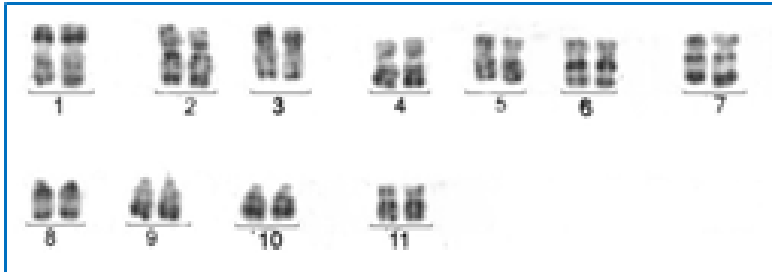
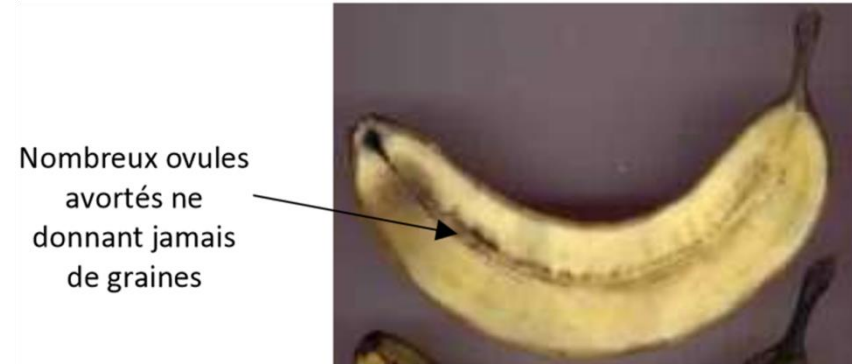
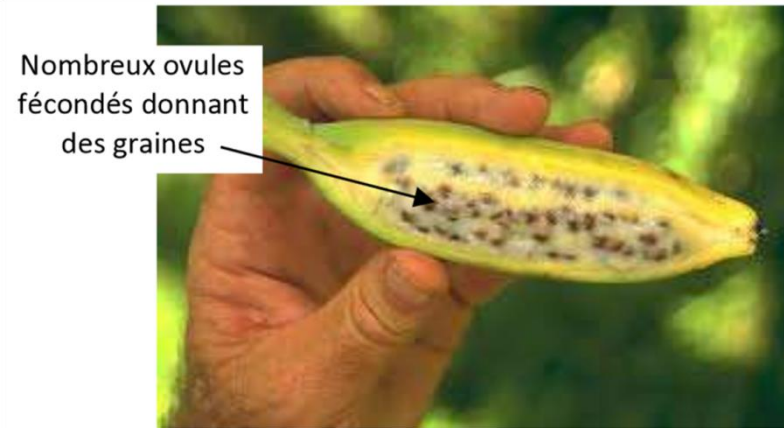


- Femme de petite taille, stérile
- absence de caractères sexuels secondaires
- Intelligence normal

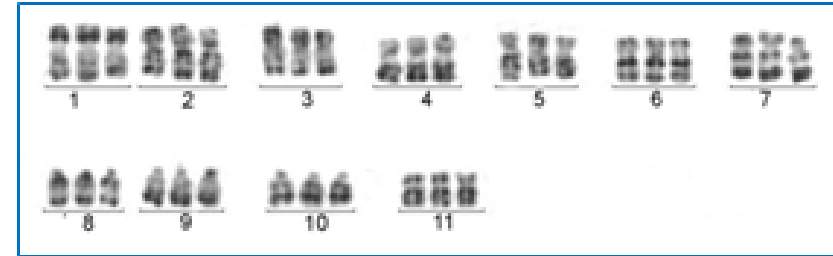
# Origine des anomalies chromosomiques



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



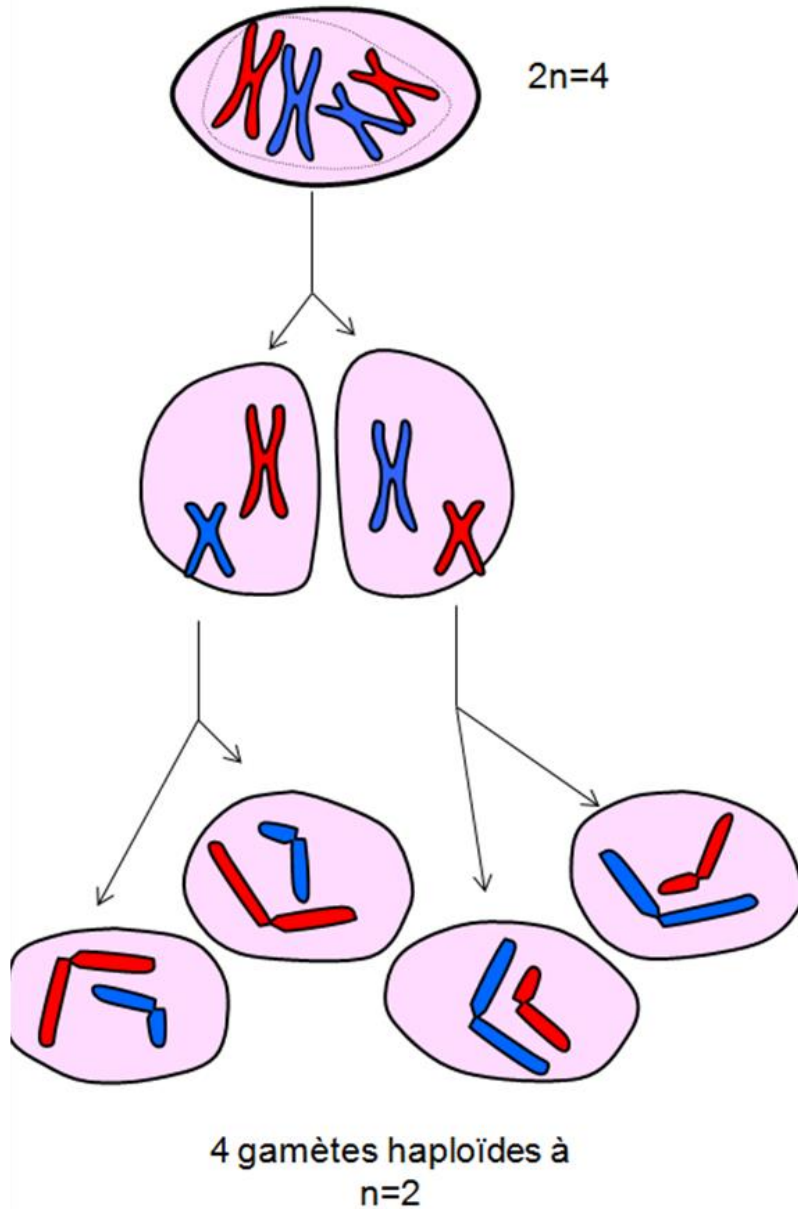
**$2n=22$**   
**espèce diploïde**



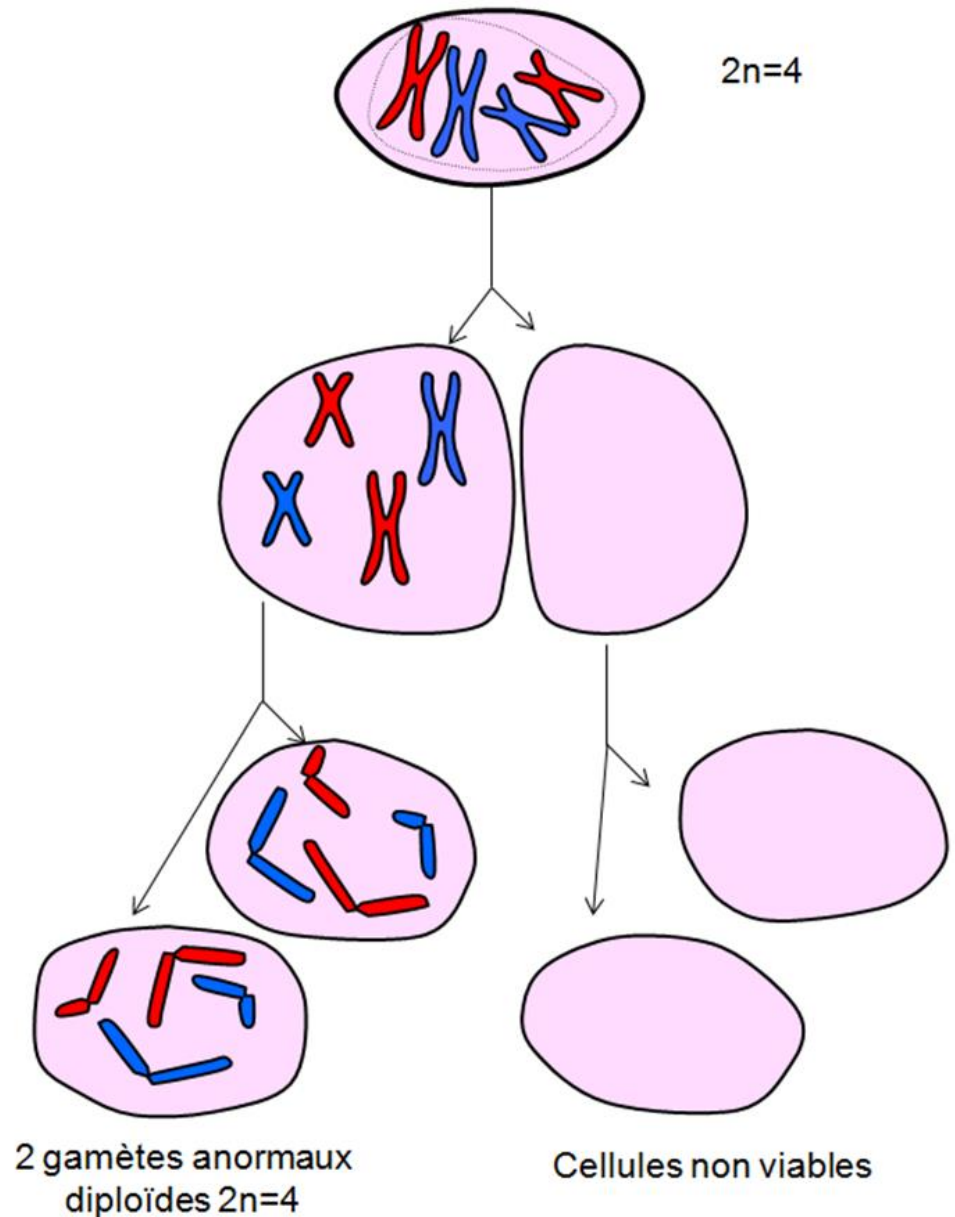
**$3n=33$**   
**espèce triploïde**  
**(polyploïde)**

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

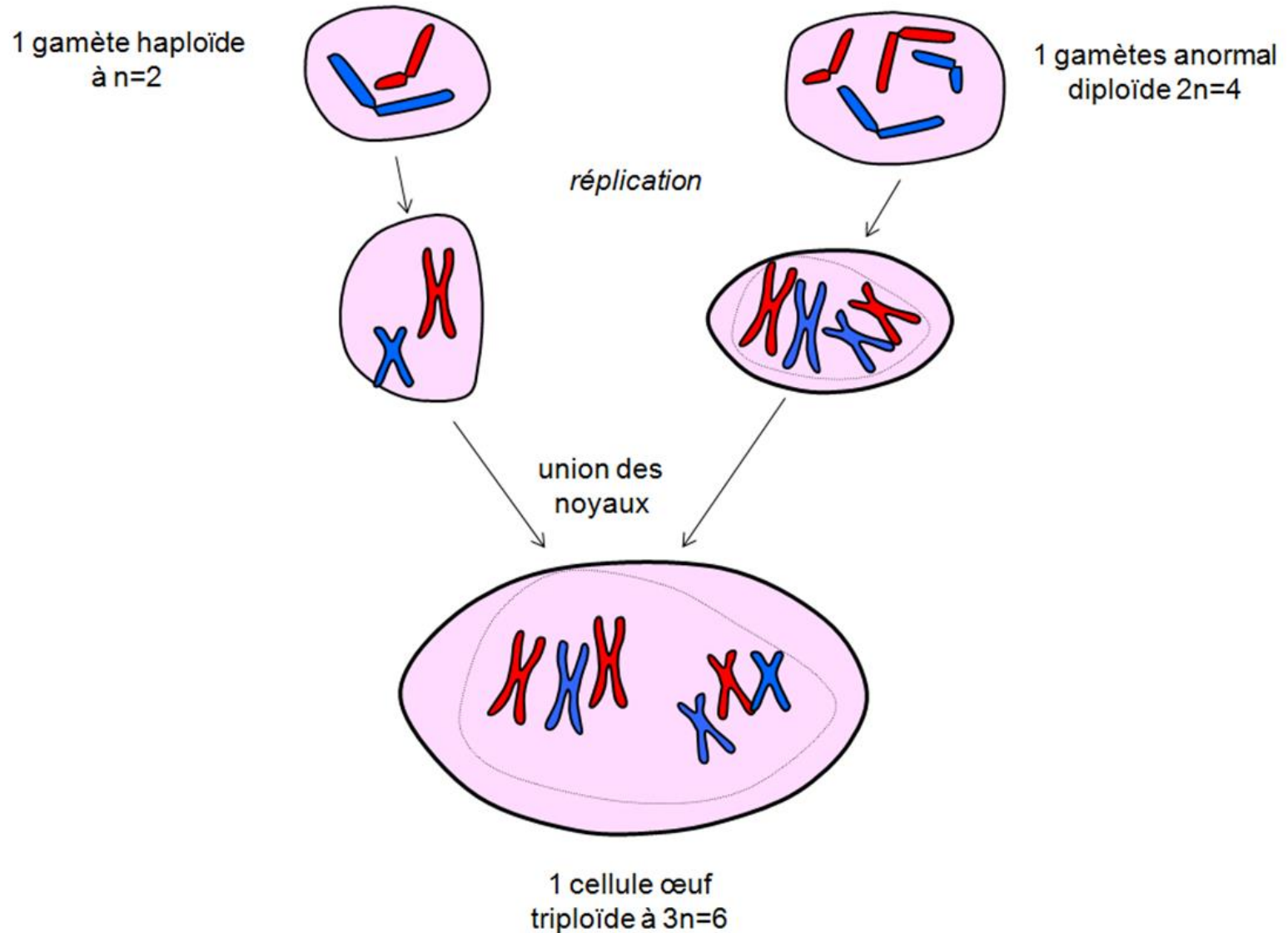
MEIOSE NORMALE



MEIOSE ANORMALE



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





# Thème : Génétique et évolution.

## Chapitre 2 : Mécanismes de diversification des êtres vivants

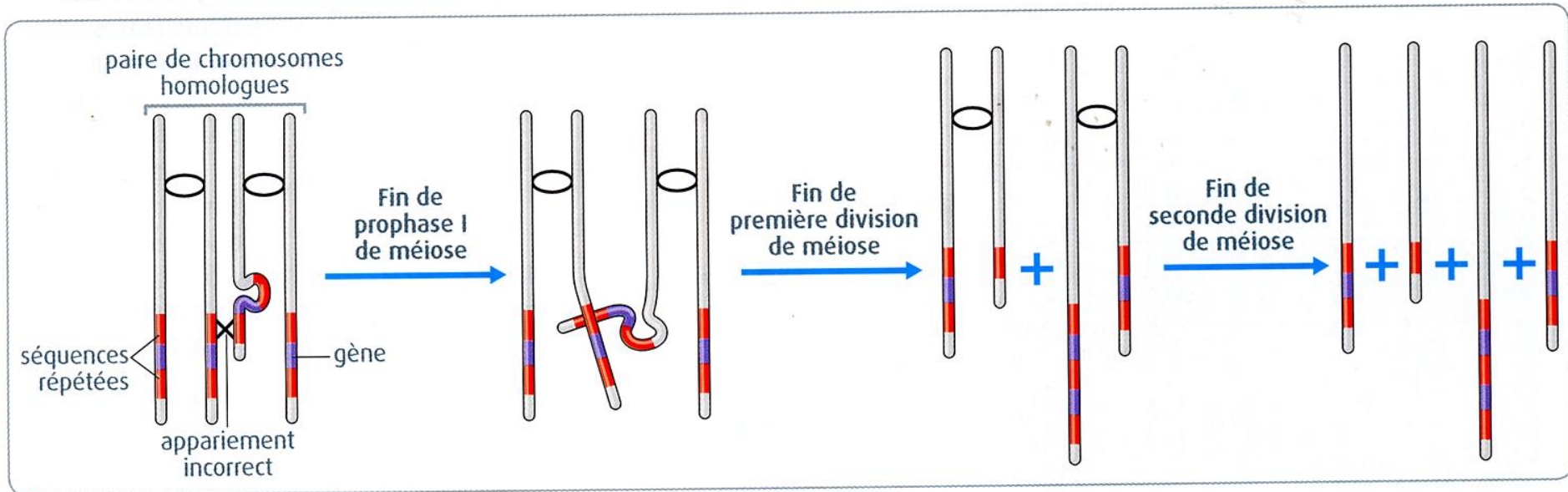
### I. Les mécanismes génétiques.

#### A. La diversité liée à la reproduction sexuée (méiose et fécondation).

1. Intérêt des croisements tests dans l'étude des brassages génétiques.
2. Diversité liée au brassage inter-chromosomique.
3. Diversité liée au brassage intra-chromosomique.
4. Un brassage lié à la fécondation.

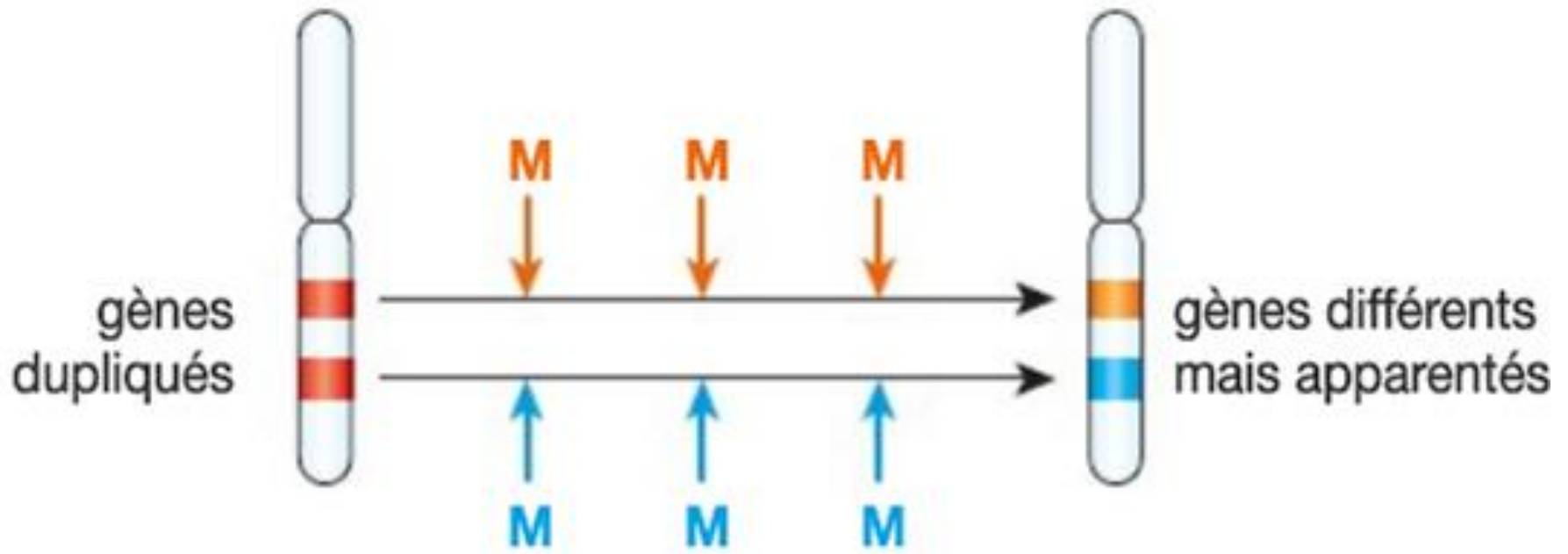
#### B. Diversité liée à des anomalies au cours de la méiose.

1. Diversité liée à une mauvaise répartition des chromosomes dans les gamètes.
2. Diversité liée à des crossing over inégaux.



**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.

## Formation d'une famille multigénique



M = mutations ponctuelles

# Exemple des opsines

chromosome 7

chromosome X

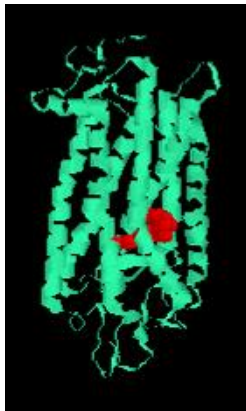
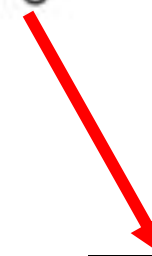


gène de l'opsine bleue



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

# Thème : Génétique et évolution.

## Chapitre 2 : Mécanismes de diversification des êtres vivants

### I. Les mécanismes génétiques.

A. La diversité liée à la reproduction sexuée (méiose et fécondation).

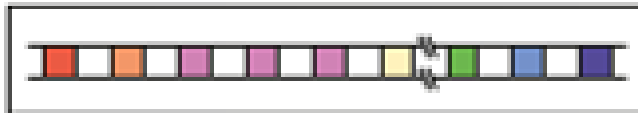
B. Diversité liée à des anomalies au cours de la méiose.

C. Diversité et modifications de l'expression de certains gènes.

1. Les gènes du développement.

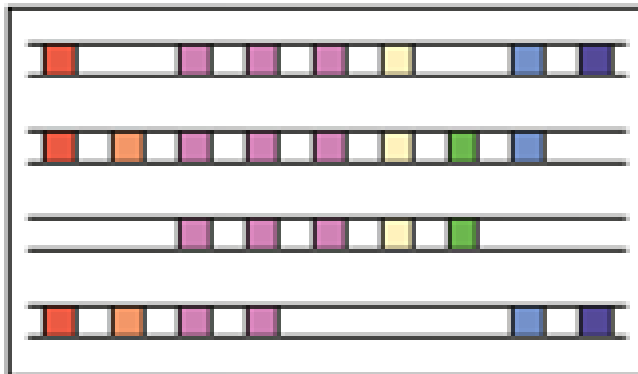
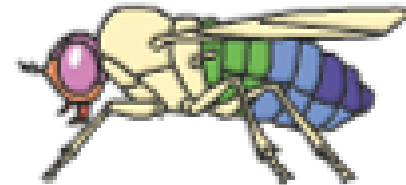
## Organisation des complexes de gènes homéotiques et leurs domaines d'expression chez trois animaux

Disposition des gènes sur les chromosomes

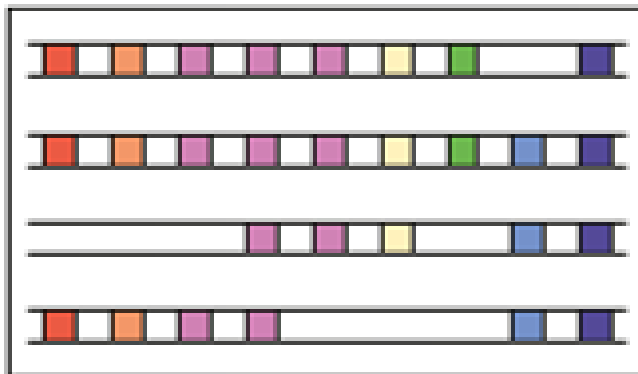
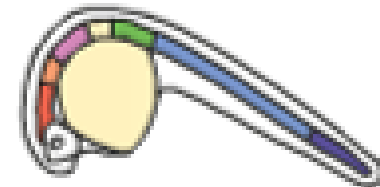


drosophile

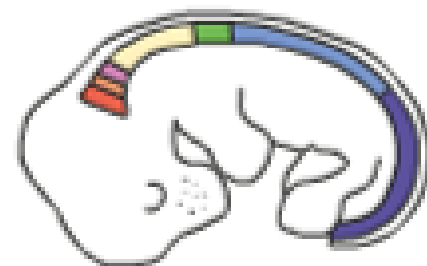
Régions où les gènes s'expriment

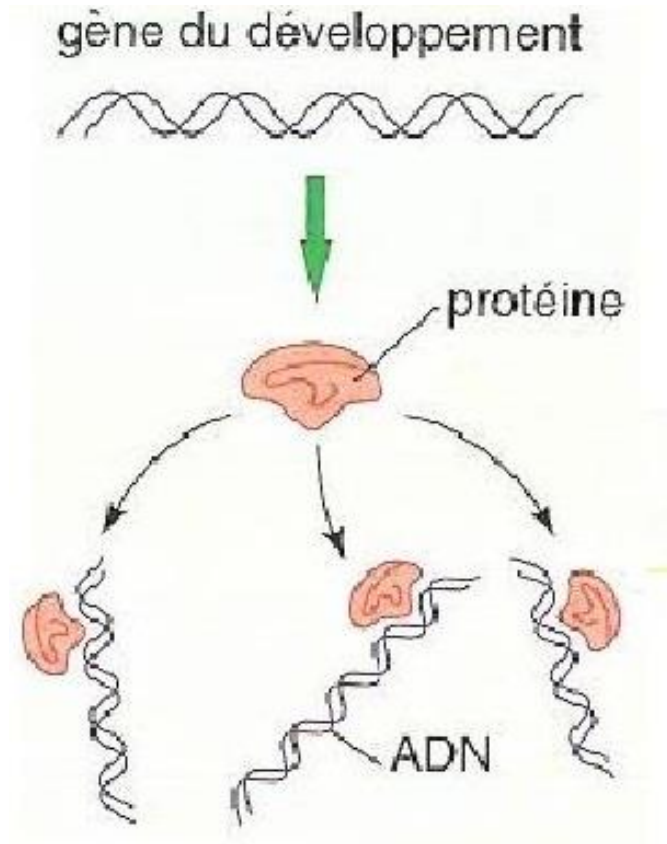
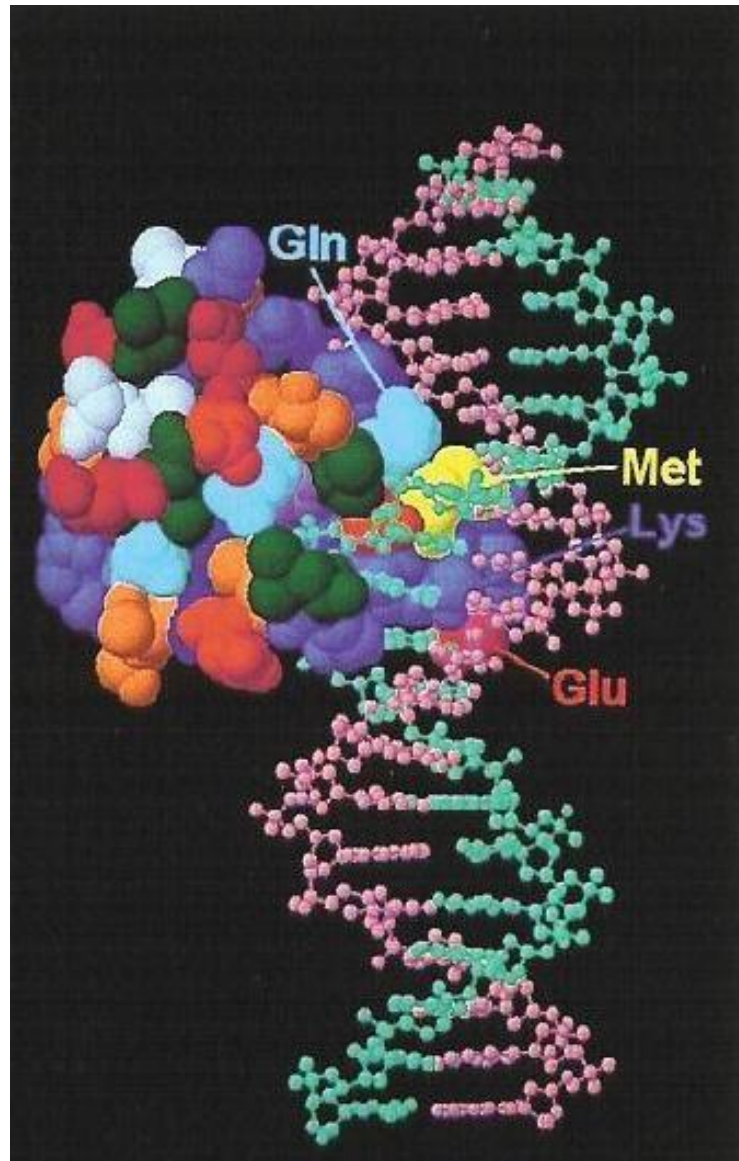


poisson zèbre (embryon)



souris (embryon)

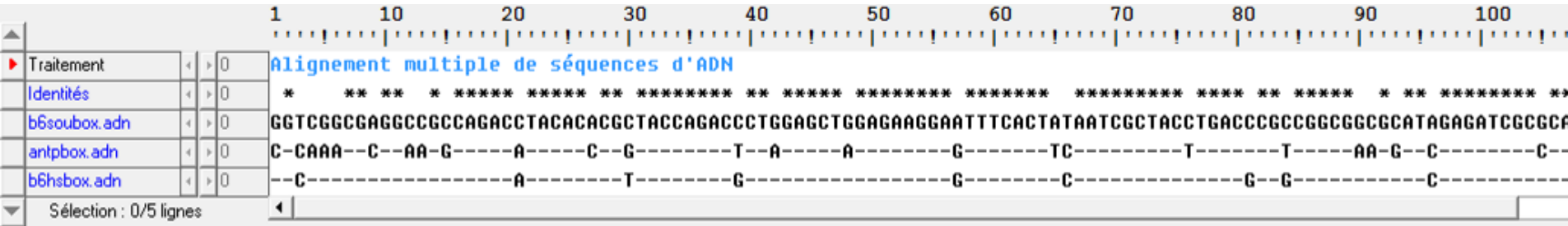




**=> Activation ou inhibition de milliers de gènes**



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

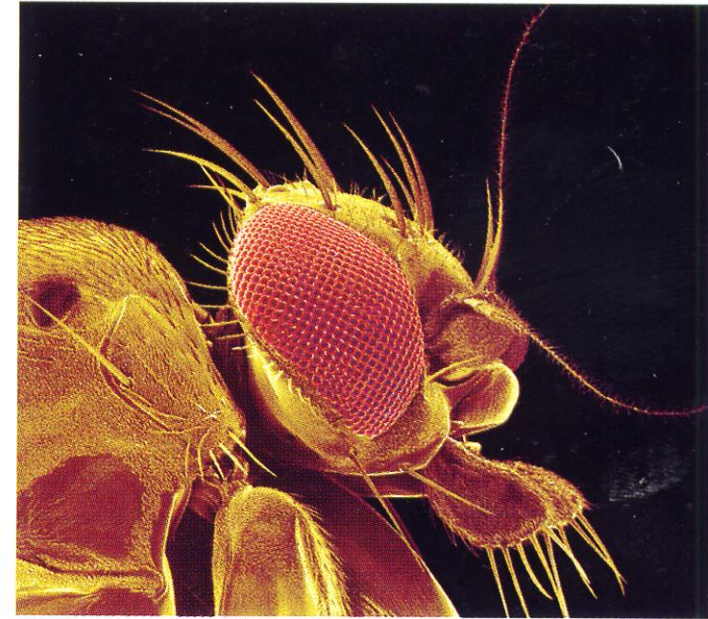
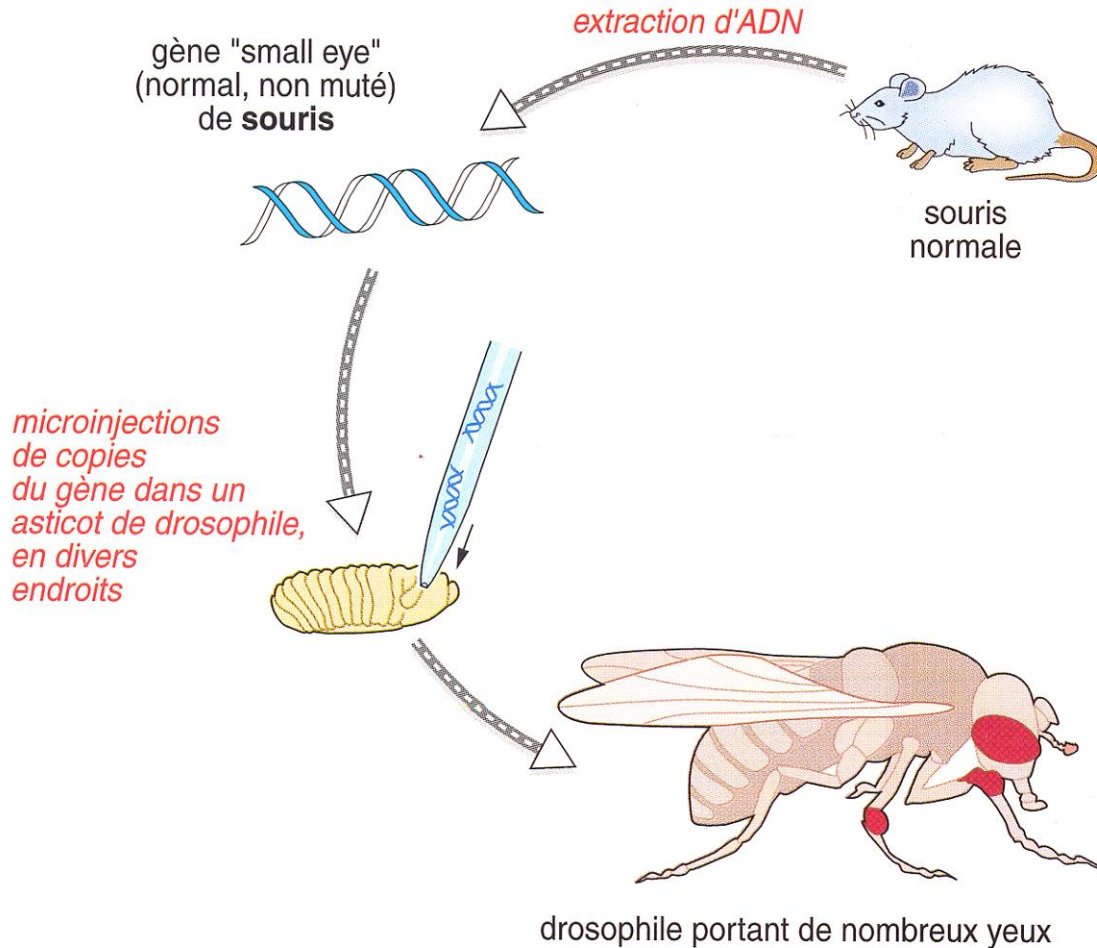


	souris	drosophile	homme
Souris	100 %	81,7 %	92,2 %
drosophile		100 %	83,3 %
homme			100 %

**Forte homologie de séquence (> 20 %)**

**Ces gènes dérivent d'un gène ancestral commun**

# 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**

# Thème : Génétique et évolution.

## Chapitre 2 : Mécanismes de diversification des êtres vivants

### I. Les mécanismes génétiques.

A. La diversité liée à la reproduction sexuée (méiose et fécondation).

B. Conséquences d'anomalies au cours de la méiose.

1. Des anomalies du caryotype.

2. Un enrichissement du génome.

C. Des modifications de l'expression des gènes.

1. Les gènes du développement.

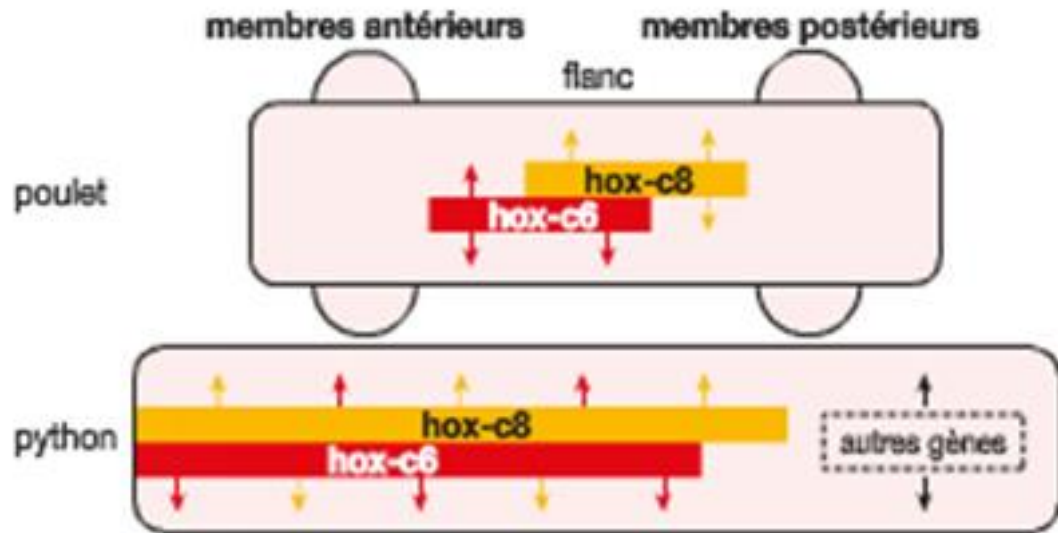
2. Modifications de l'expression des gènes du développement.

**Exemples de modifications du  
territoire d'expression de certains  
gènes du développement**

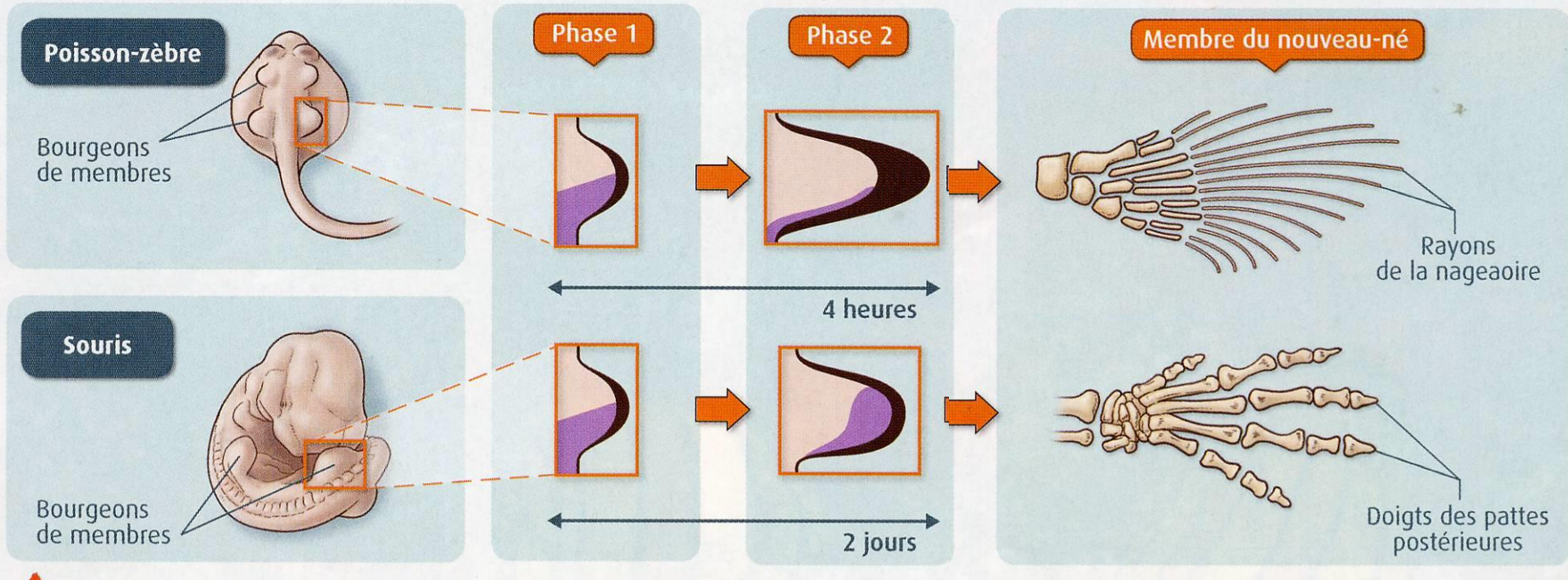
# Modification du territoire d'expression de gènes du développement chez le serpent



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

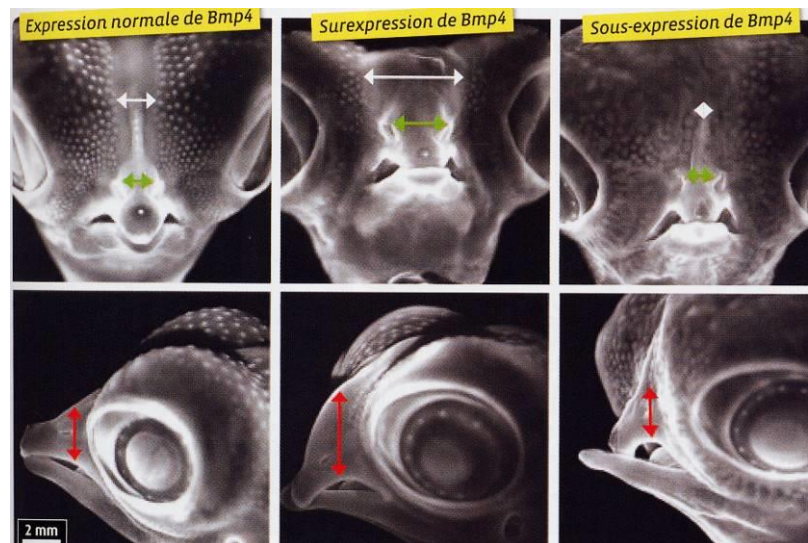
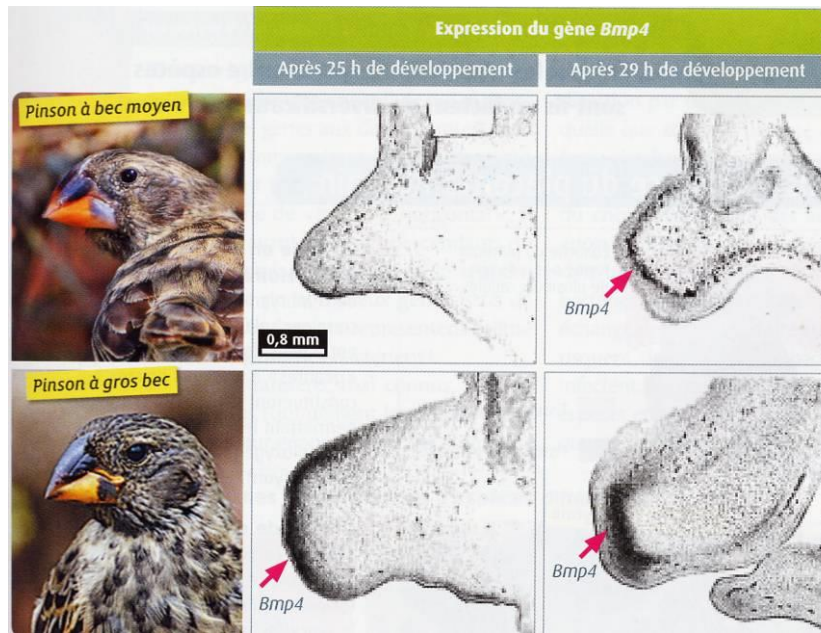


# Modification du territoire d'expression de gènes du développement chez la souris



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

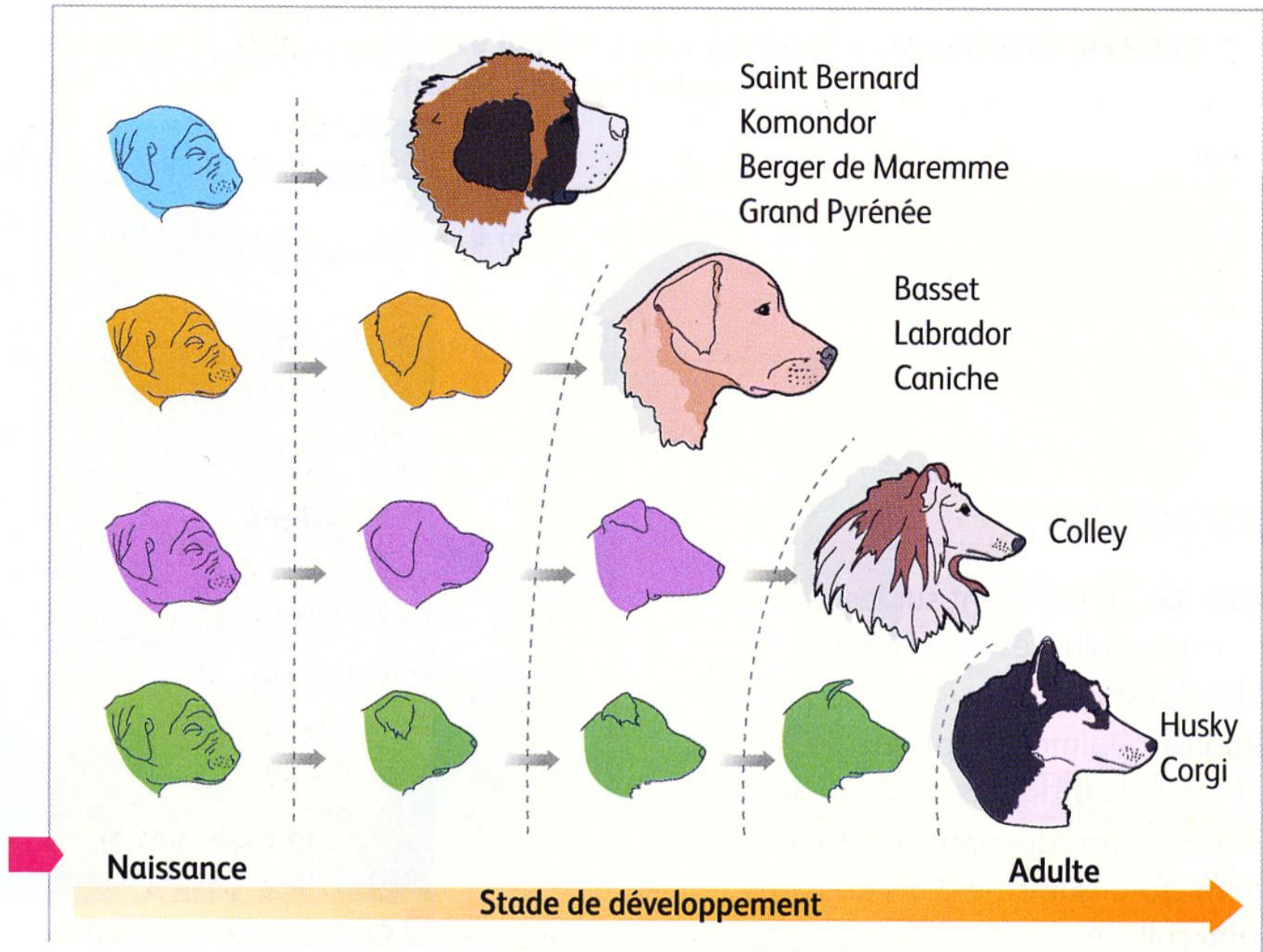
# Variation de l'intensité d'expression d'un gène



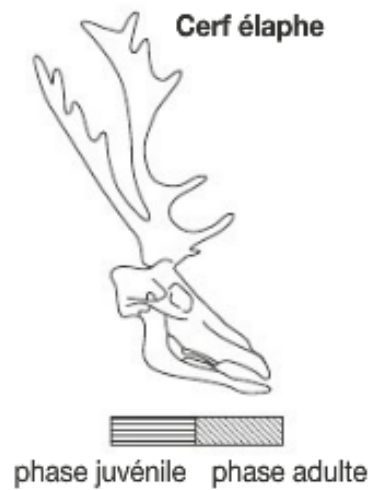


**Exemples de modifications de la  
chronologie ou de la durée  
d'expression de certains gènes du  
développement (=hétérochronie)**

# Hétérochronie chez les canidés



# Hétérochronie chez le cerf

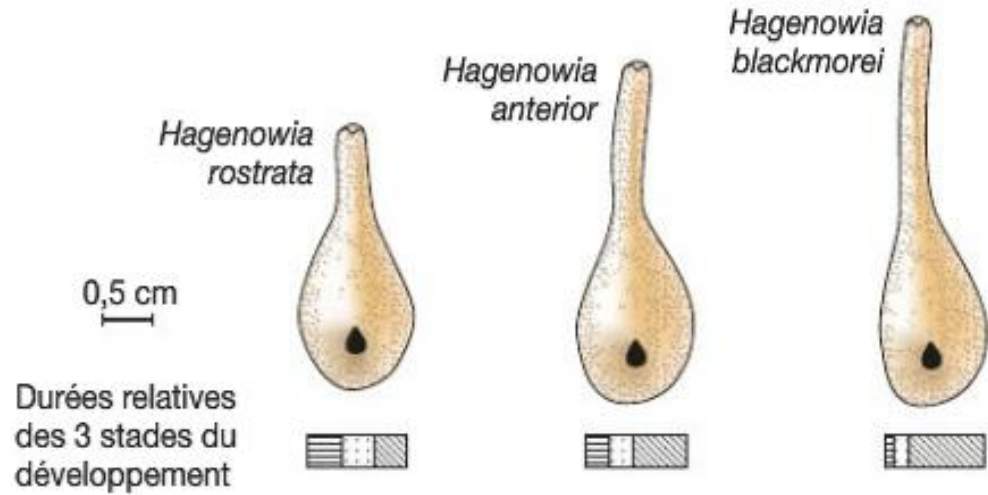


10 cm

# Hétérochronie chez l'oursin



Test d'*Hagenowia rostrata*.



# Hétérochronie chez axolotl





# Chapitre 2 : Mécanismes de diversification des êtres vivants

## I. Les mécanismes génétiques.

A. La diversité liée à la reproduction sexuée (méiose et fécondation).

B. Conséquences d'anomalies au cours de la méiose.

1. Des anomalies du caryotype.

2. Un enrichissement du génome.

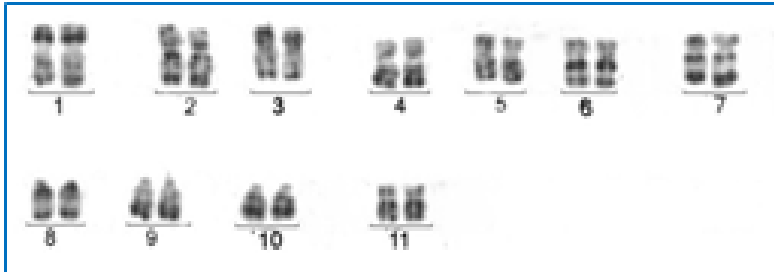
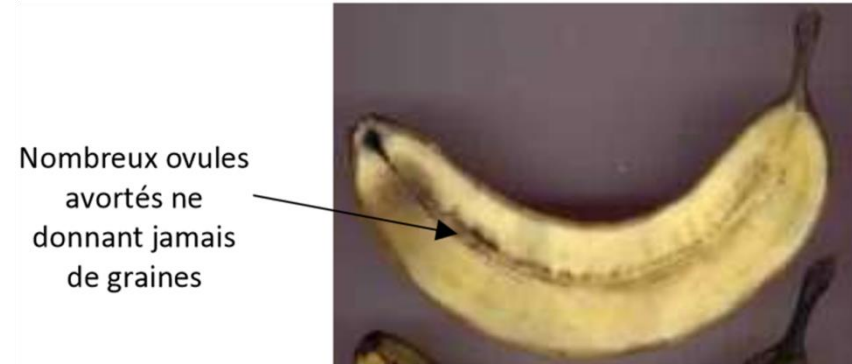
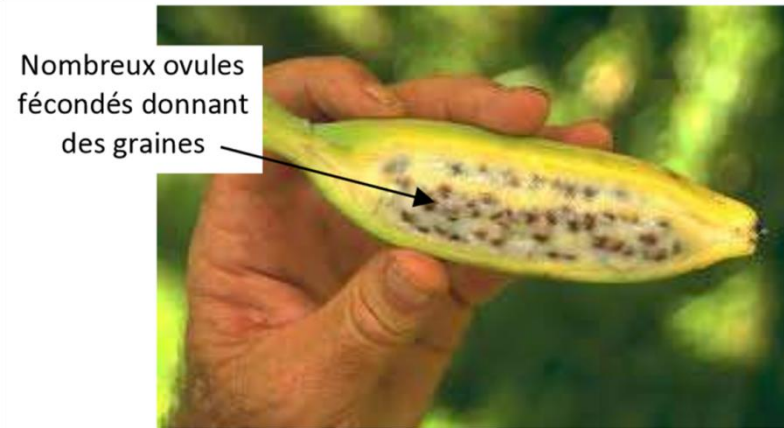
C. Des modifications de l'expression des gènes.

1. Les gènes du développement.

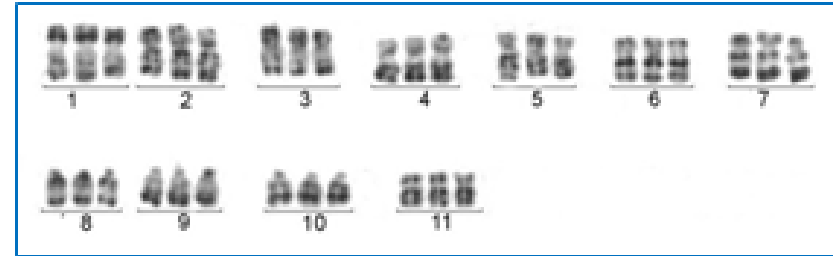
2. Modifications de l'expression des gènes du développement.

D. Hybridation suivie de polyploïdisation (= association de plusieurs génomes)

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



**$2n=22$**   
**espèce diploïde**

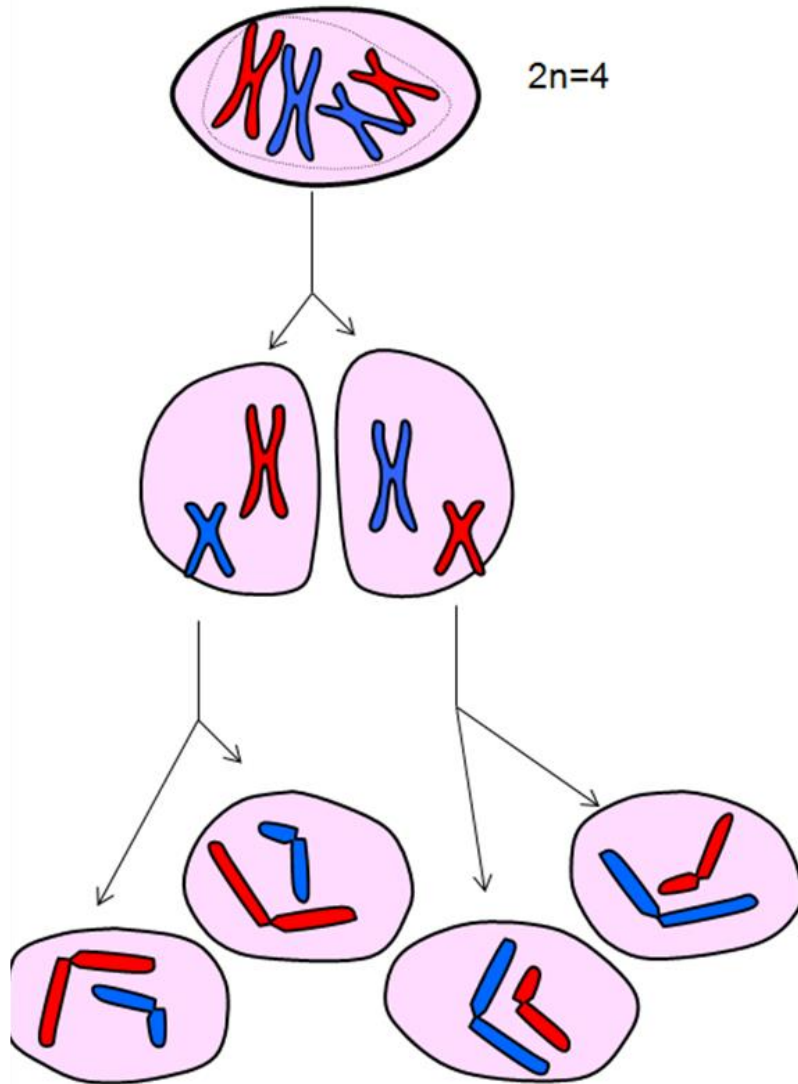


**$3n=33$**   
**espèce triploïde**  
**(polyploïde)**



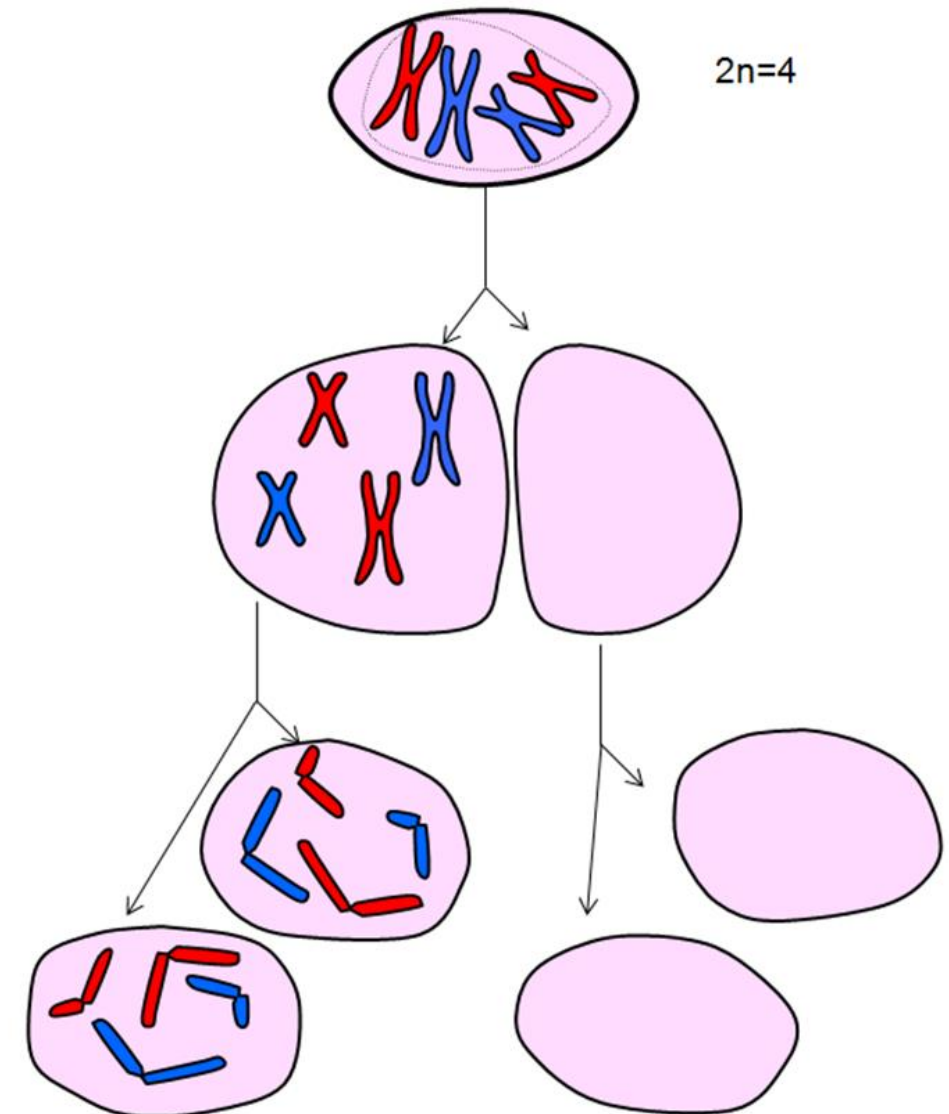
# Mécanisme pouvant conduire à la formation d'une cellule triploïde

MEIOSE NORMALE



4 gamètes haploïdes à  $n=2$

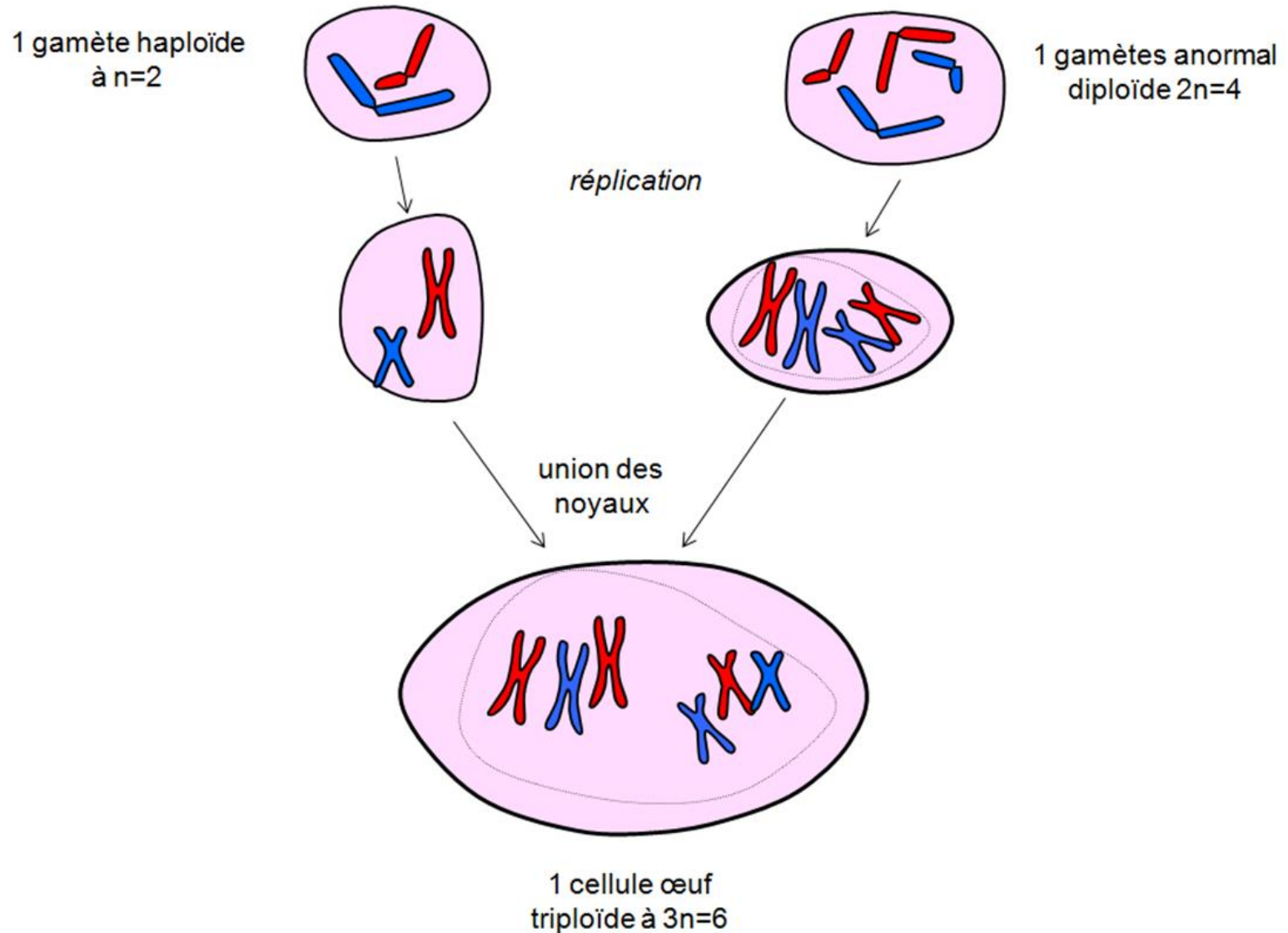
MEIOSE ANORMALE



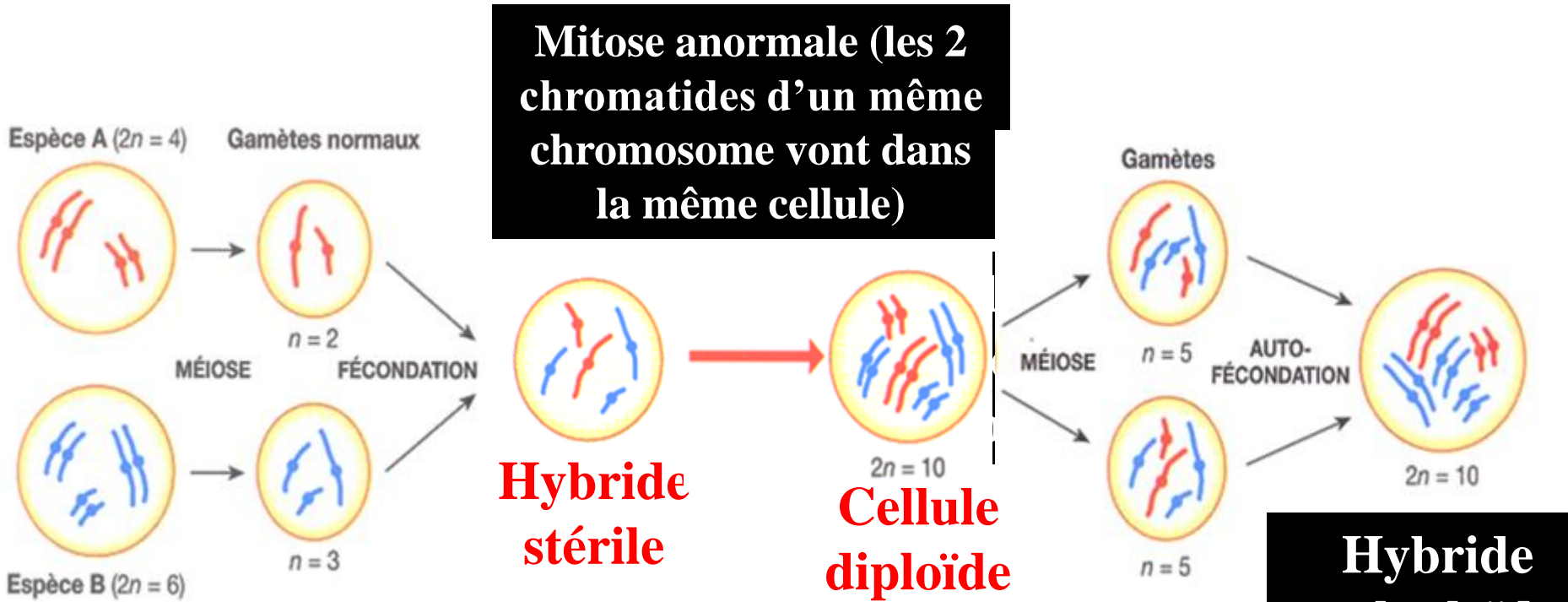
2 gamètes anormaux diploïdes  $2n=4$

Cellules non viables

# 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)

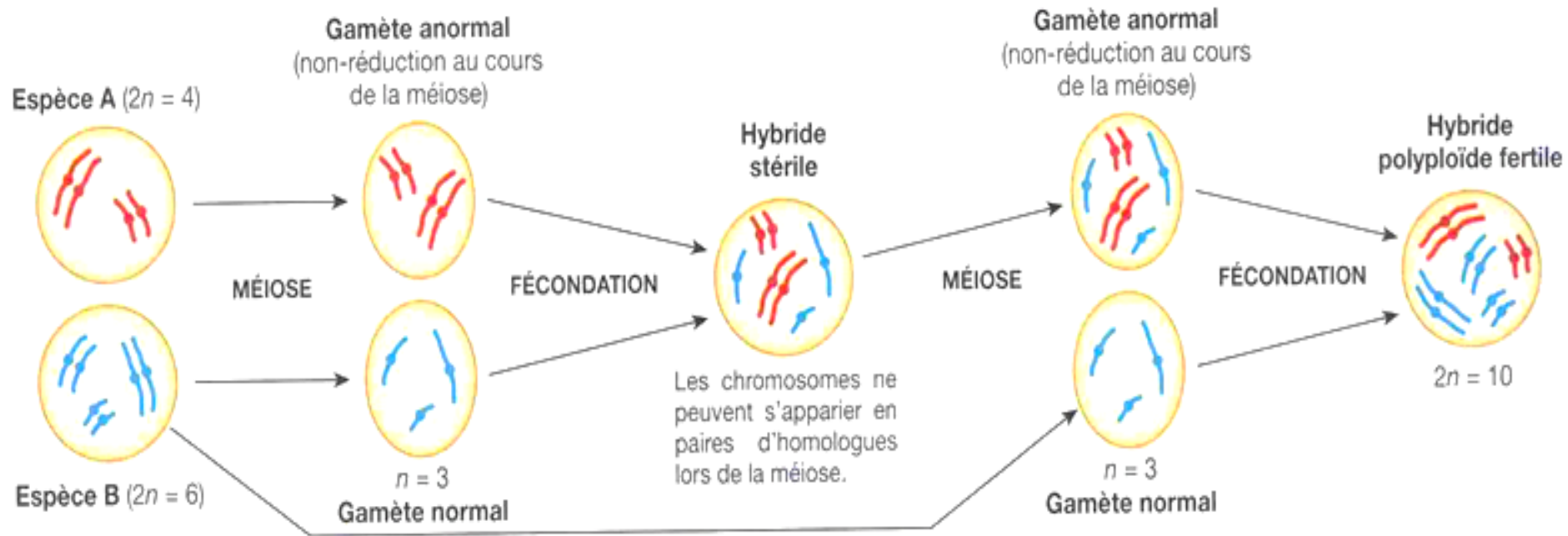
Hybride stérile

Cellule diploïde

Hybride polyploïde fertile

Reproduction sexuée entre 2 espèces différentes

# Autre exemple de mécanisme permettant l'apparition d'une espèce polyploïde



# 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.

A. La diversité liée à la reproduction sexuée (méiose et fécondation).

B. Conséquences d'anomalies au cours de la méiose.

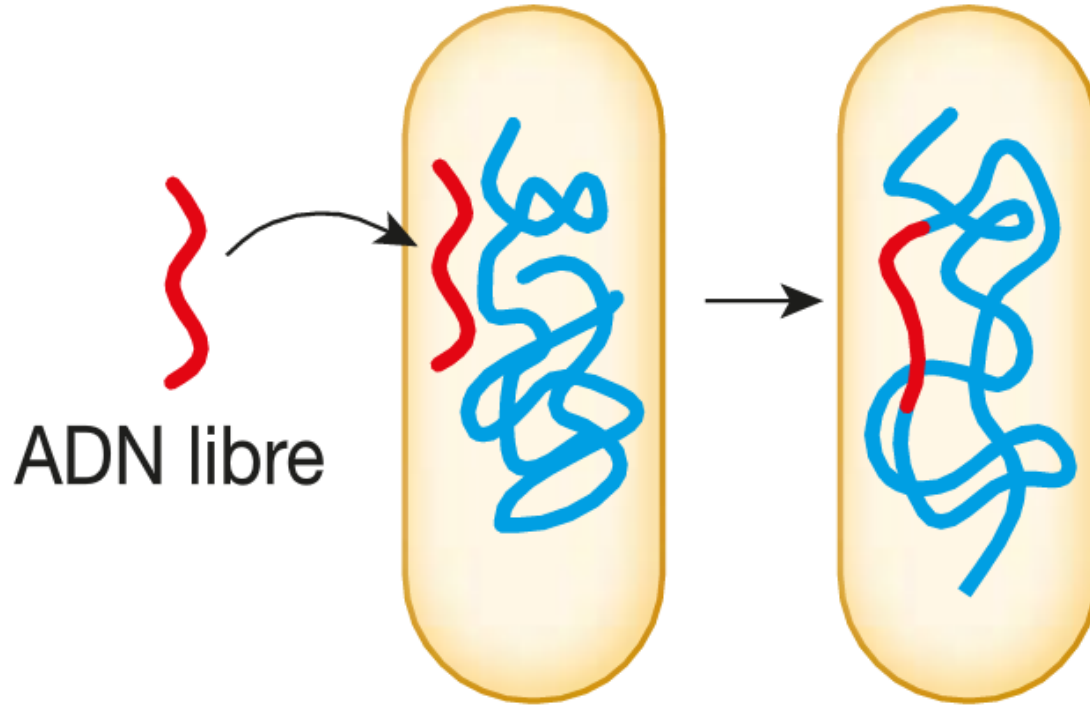
C. Des modifications de l'expression des gènes.

D. Hybridation suivie de polyploïdisation (= association de plusieurs génomes)

E. Transferts horizontaux de gènes.

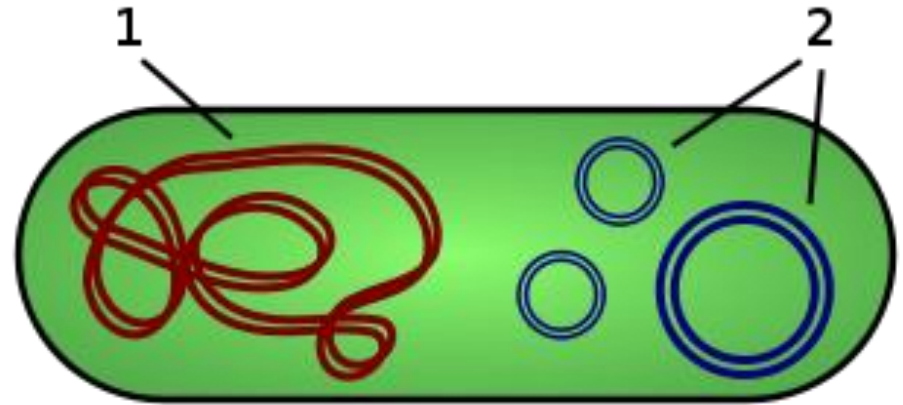


# Transfert horizontal à partir d'ADN libre dans le milieu



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

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

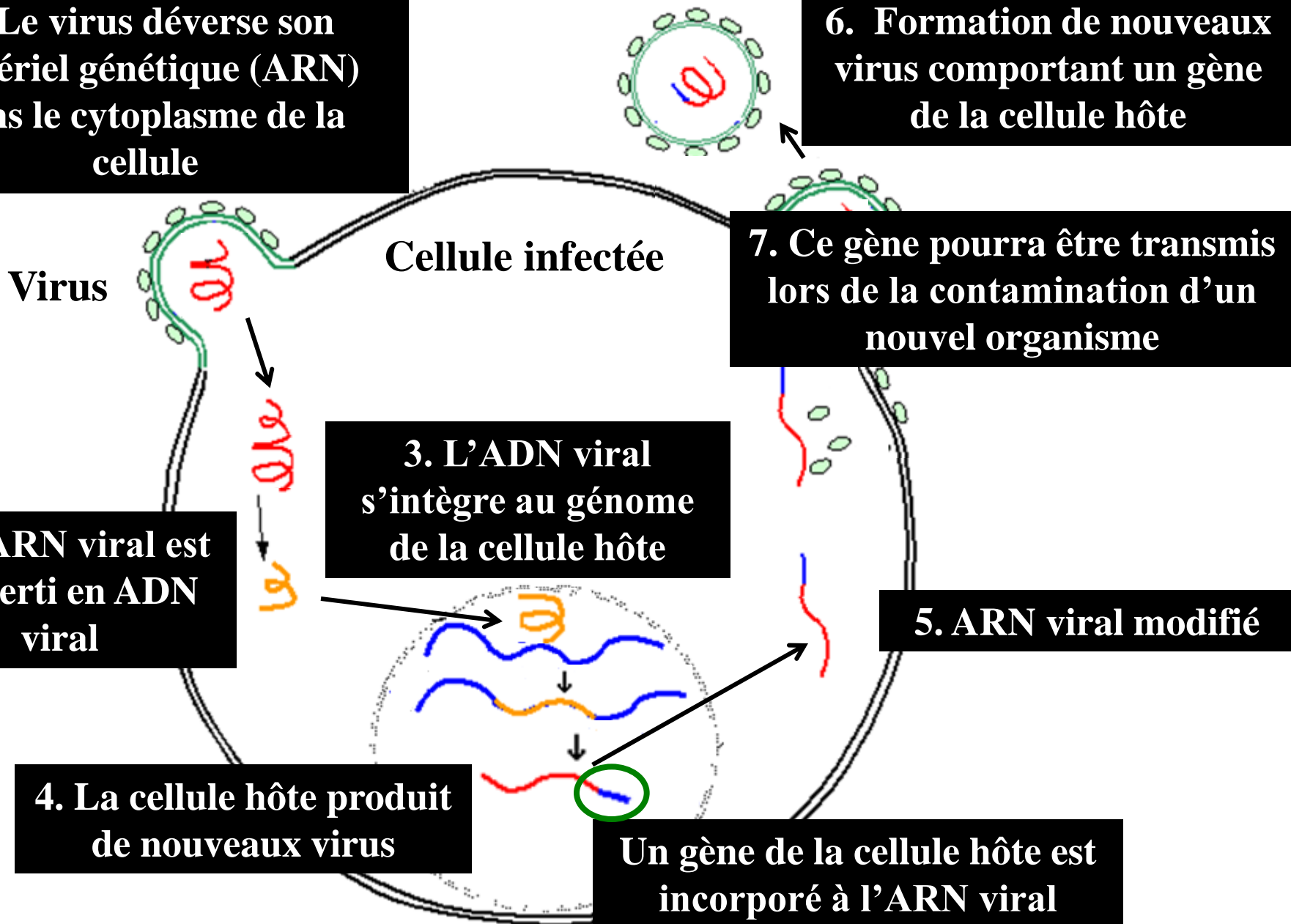
2. L'ARN viral est converti en ADN viral

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

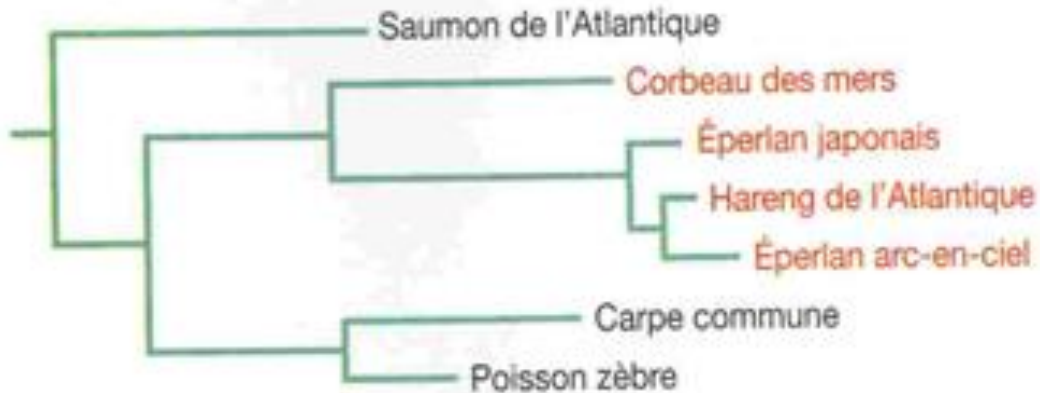
5. ARN viral modifié

4. La cellule hôte produit de nouveaux virus

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



# Mise en évidence d'un transfert horizontal



**b** Arbre de parenté construit par comparaison du gène de la lectine II-AFP



Corbeau des mers

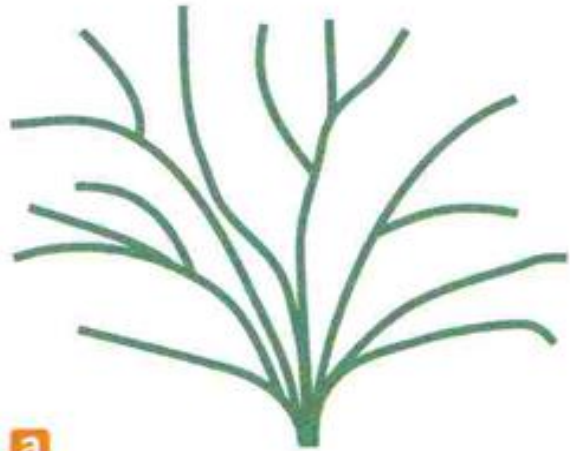


Éperlan arc-en-ciel



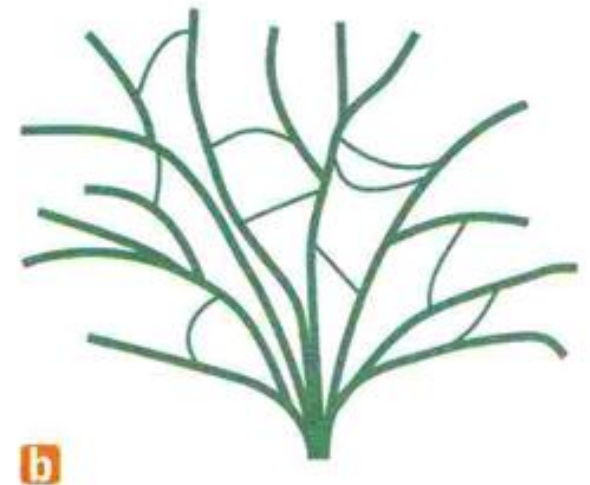
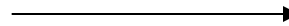
**a** Arbre de parenté construit par comparaison de l'ARN 16S

# Réseau phylogénétique :



← Arbre phylogénétique de transferts verticaux

Réseau phylogénétique des transferts verticaux et horizontaux



# Chapitre 2 : Mécanismes de diversification des êtres vivants

## I. Les mécanismes génétiques.

A. La diversité liée à la reproduction sexuée (méiose et fécondation).

B. Conséquences d'anomalies au cours de la méiose.

C. Des modifications de l'expression des gènes.

D. Hybridation suivie de polyploïdisation (= association de plusieurs génomes)

E. Transferts horizontaux de gènes.

## II. Les mécanismes non génétiques.

A. Association de plusieurs organismes : la symbiose.

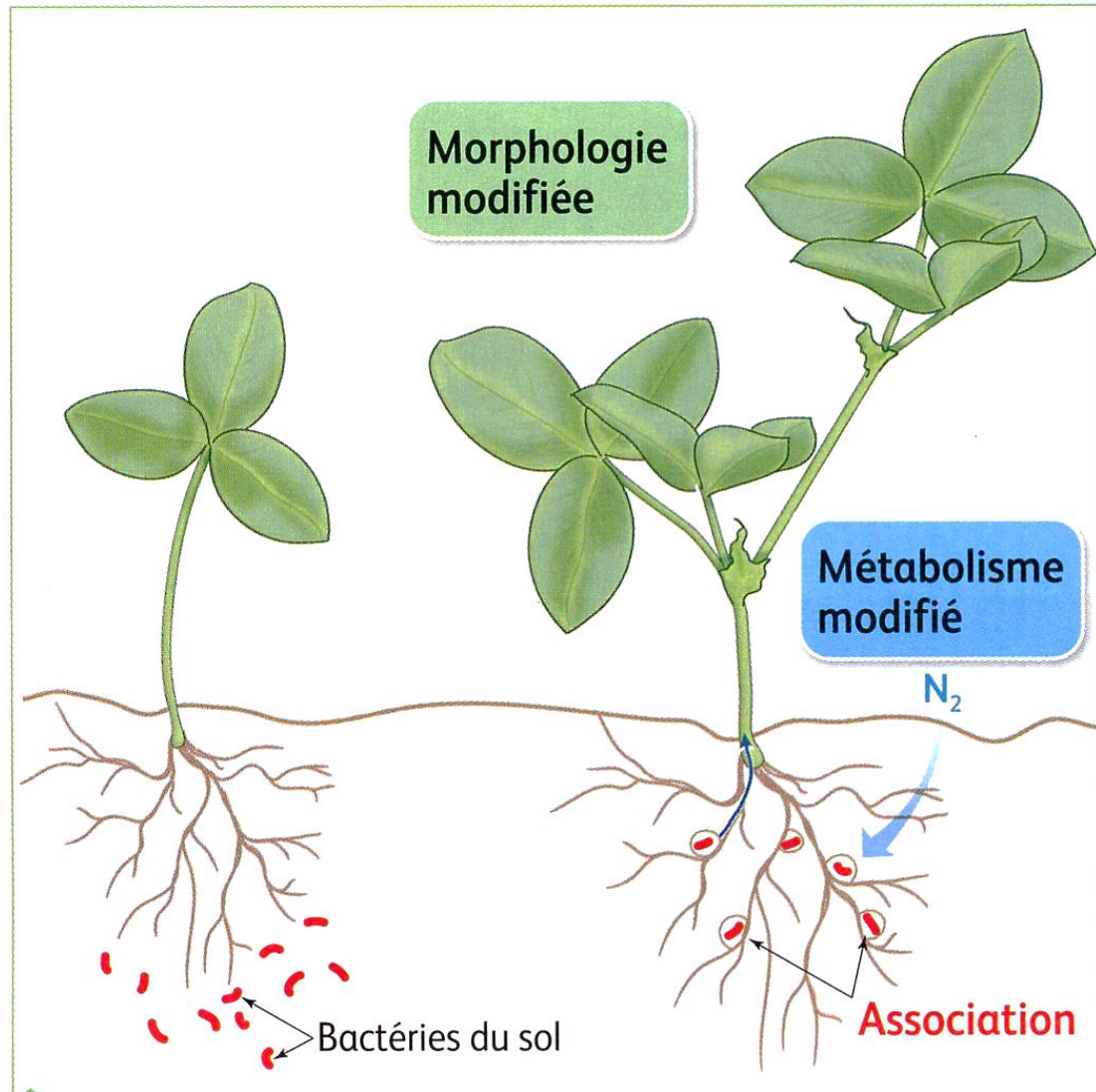
# **Symbiose et modification morphologique**

# Symbiose entre fourmis et champignons





# Symbiose entre un végétal et une bactérie



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

# Symbiose entre un végétal et un champignon : mycorhize

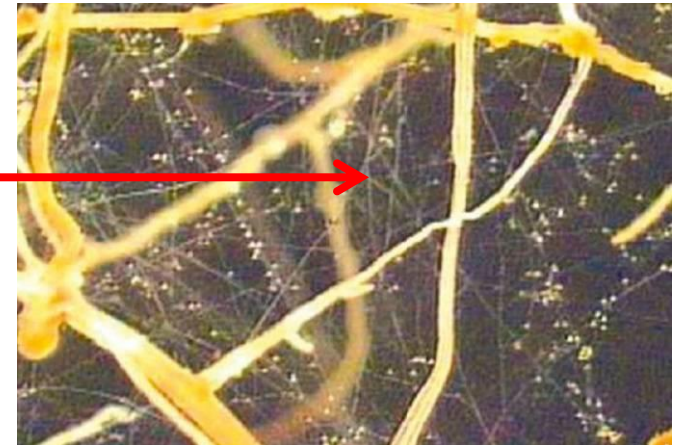


**Croissance plus importante**



**Racines sans mycorhize**

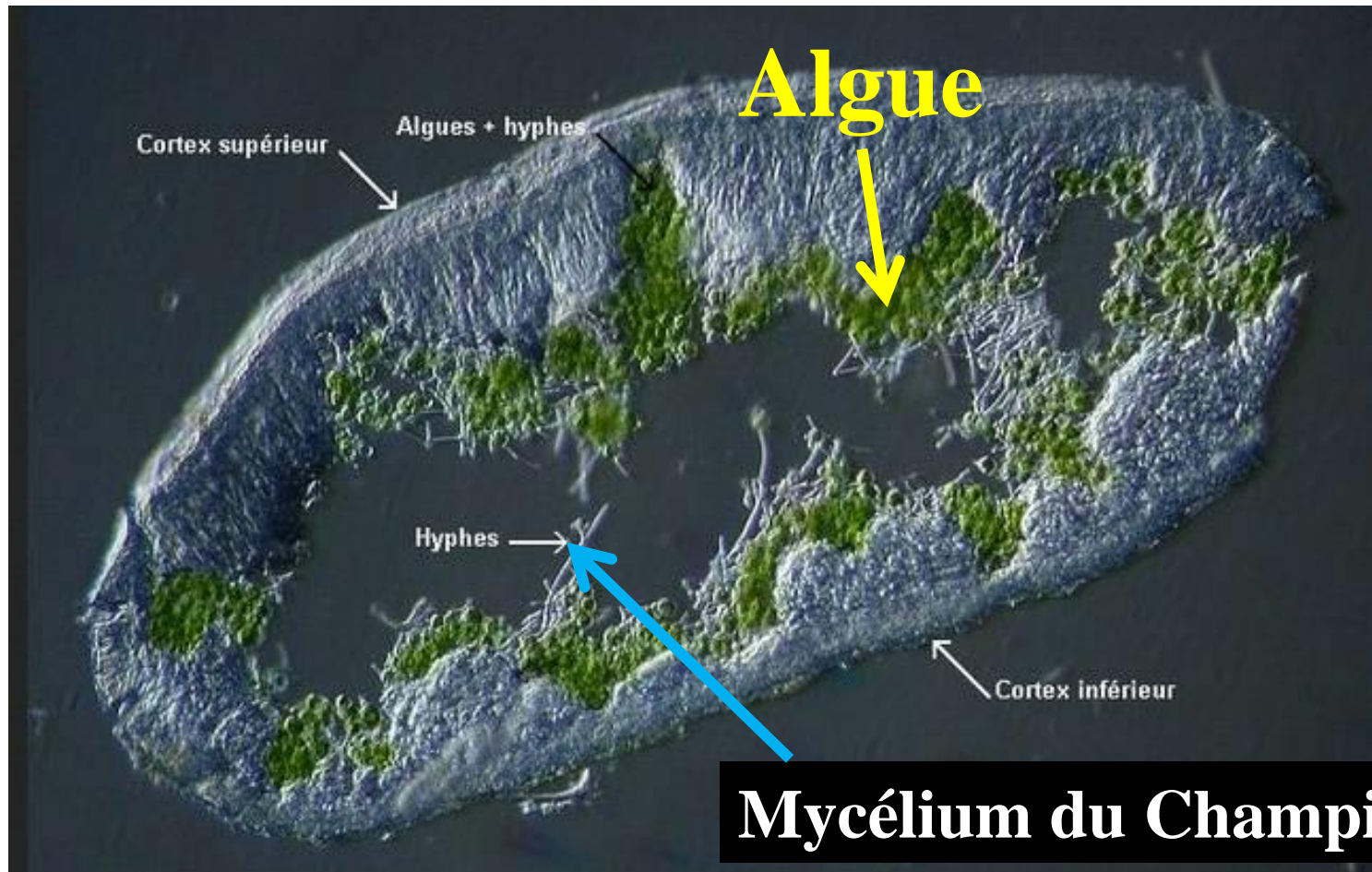
**mycélium** →



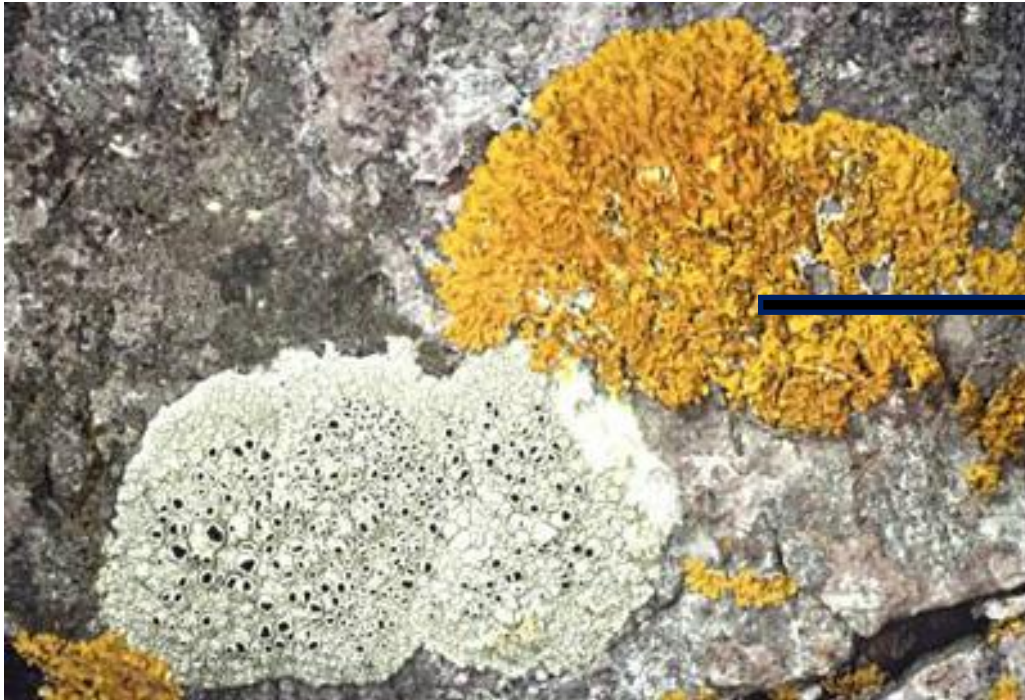
**Racines avec mycorhizes**

# **Symbiose et synthèse de nouvelles molécules**

# Symbiose entre une algue et un champignon : le lichen



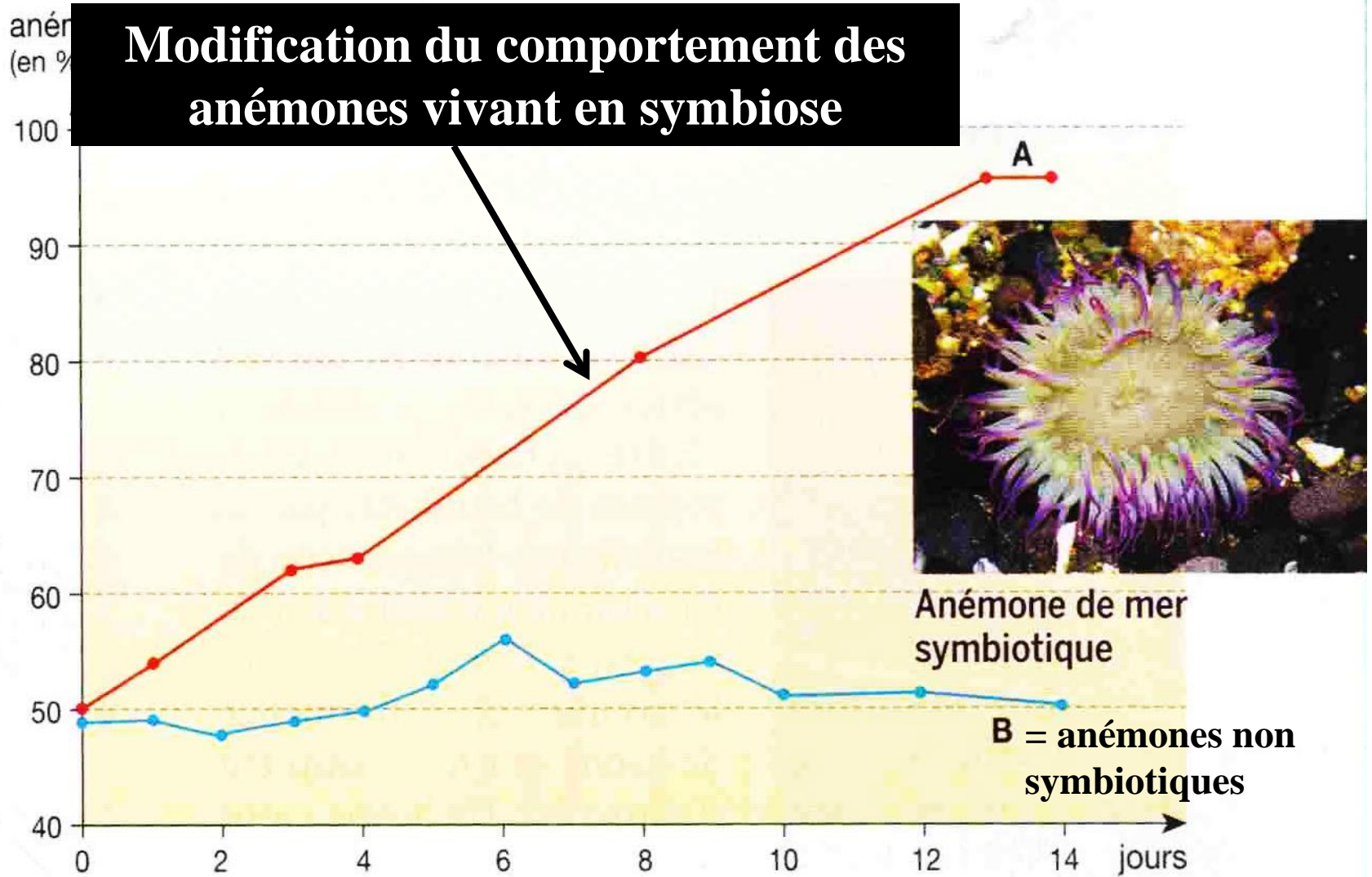
# Synthèse de nouvelles molécules



**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.

A. La diversité liée à la reproduction sexuée (méiose et fécondation).

B. Conséquences d'anomalies au cours de la méiose.

C. Des modifications de l'expression des gènes.

D. Hybridation suivie de polyploïdisation (= association de plusieurs génomes)

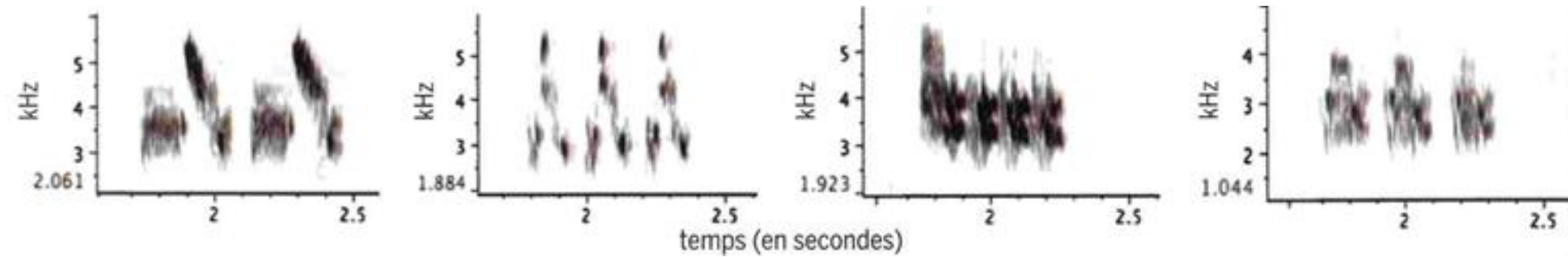
E. Transferts horizontaux de gènes.

## II. Les mécanismes non génétiques.

A. Association de plusieurs organismes : 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*



# Chapitre 2 : Mécanismes de diversification des êtres vivants

## I. Les mécanismes génétiques.

A. La diversité liée à la reproduction sexuée (méiose et fécondation).

B. Conséquences d'anomalies au cours de la méiose.

1. Des anomalies du caryotype.

2. Un enrichissement du génome.

C. Des modifications de l'expression des gènes.

1. Les gènes du développement.

2. Modifications de l'expression des gènes du développement.

# Bilan sur les brassages intra et inter-chromosomiques

	Brassage inter-chromosomique	Brassage intra-chromosomique
Localisation des gènes concernés	Les gènes <b>indépendants</b> (situés sur des paires de chromosomes différentes)	Les gènes <b>liés</b> (situés sur le même chromosome)
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)	<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 nombres 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
<b>A quel moment se produit t-il ?</b>	Au moment de la <b>fusion des noyaux</b> du spermatozoïde et de l'ovule (caryogamie)
<b>Description du mécanisme</b>	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)
<b>Comment crée-t-il de la diversité ?</b>	Le <b>nombre d'assortiments</b> chromosomiques possible = <b>nombre de spermatozoïdes possibles x nombre d'ovules possibles</b>
<b>Schéma</b>	Echiquier de croisement

	<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>	Un individu polyploïde possède + de 2n chromosomes. Cette polyploïdie correspond à l'association de plusieurs génomes (de la même espèce ou d'espèces différentes)	Fécondation et/ou division cellulaire (mitose ou méiose) anormale	Crée de nouvelles associations de chromosomes => caractéristiques nouvelles
<b>Le transfert horizontal</b>	Transfert de gène(s) d'un individu à un autre sans reproduction	- Incorporation d'ADN libre dans le milieu - Le gène est transféré par un virus	Le gène incorporé => caractéristiques nouvelles (production de nouvelle(s) protéine(s))
<b>La symbiose</b>	Association durable et à bénéfice réciproque entre 2 espèces	Association de 2 individus	Cette association peut créer : - des morphologies différentes - la synthèse de nouvelles substances - des comportements différents
<b>La transmission culturelle de comportements</b>	Transmission de comportements de générations en générations	- Imitation - apprentissage	Acquisition de comportements nouveaux



	Définition (qu'est ce que c'est ?)	Mécanisme à l'origine	Comment la diversité est elle créée?
La polyplœdie	Un individu polyplœide possède + de 2n chromosomes. Cette	Eécondation et/ou méiose) anormale	Crée de nouvelles caractéristiques nouvelles
Le transfert horizontal	Transfert de gène(s) d'une reproduction	- Incorporation d'ADN transféré par un virus	Le gène incorporé => nouvelle(s) protéine(s))
La symbiose	2 espèces	individus	Cette association peut créer : - des morphologies - des comportements différents
La transmission culturelle de comportements	Transmission de générations en générations		Acquisition de nouveaux

**Modification génétique**

**Modification génétique**

**Modification non génétique**

**Modification non génétique**

	<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>			