

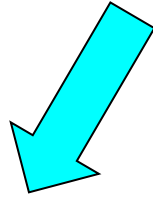
Thème : Génétique et évolution.

Chapitre 2 : Mécanismes de diversification des êtres vivants.

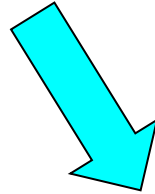
I. Les mécanismes génétiques.

A. Les brassages génétiques liés à la reproduction sexuée (méiose et fécondation).

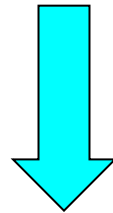
2 chromosomes d'une même paire



mêmes gènes



pas nécessairement les mêmes allèles



génétiquement différents.

Thème : Génétique et évolution.

Chapitre 2 : Mécanismes de diversification des êtres vivants.

I. Les mécanismes génétiques.

A. Les brassages génétiques liés à la reproduction sexuée (méiose et fécondation).

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

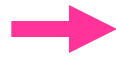
Conventions d'écriture du phénotype et du génotype

génotype



S'écrit entre ()

Cellule diploïde



Les deux allèles sont séparés par deux barres obliques ou 2 traits de fraction symbolisant 2 chr. homologues

Ex: longueur des ailes chez la drosophile

(vg//vg) : homozygote récessif

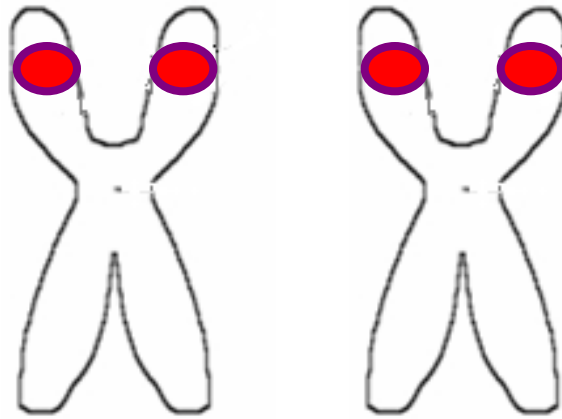
phénotype muté ailes vestigiales [ailes vestigiales]

Ex: groupe sanguin chez l'homme

(O//O) : homozygote récessif

Phénotype [o]

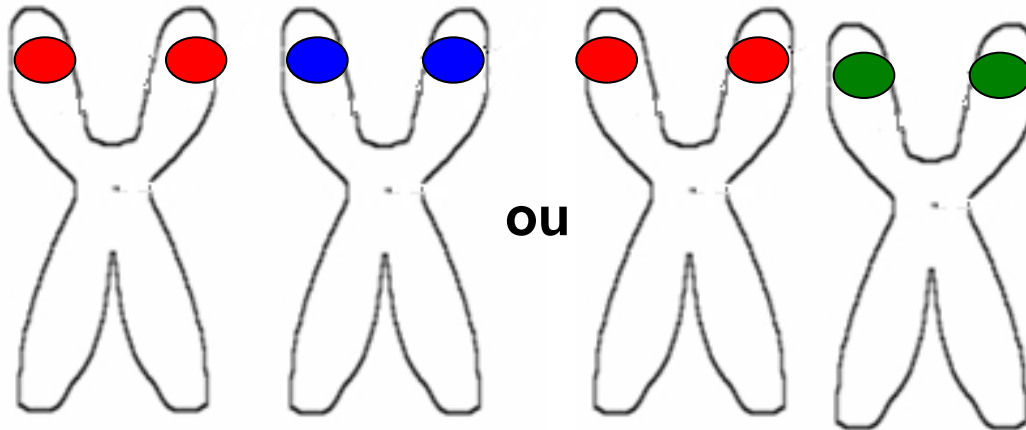
Phénotype [A]



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

Le génotype des individus de phénotype récessif

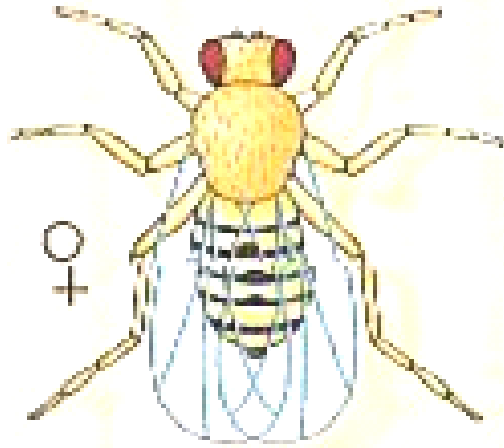


Drosophile de phénotype récessif

Phénotype [vg]

Génotype (vg//vg)

Le génotype des individus de phénotype dominant



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

Génotype (vg+//vg+)

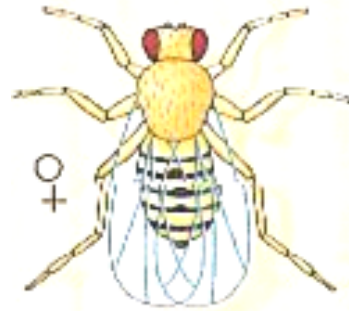
Génotype (vg+//vg)

**Comment connaître le génotype
d'un organisme diploïde de
phénotype dominant ?**

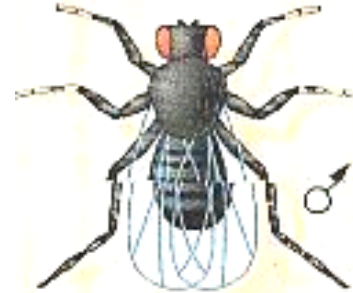
Croisement test

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

Génotype (eb+//eb)
Génotype (eb+//eb+)



×



Drosophile homozygote
corps noir eb
recessif)
mâle



Génotype (eb//eb)

2 phénotypes



[eb] [eb+] [eb+]

Le croisement test permet de connaître
le génotype des gamètes de l'individu que l'on teste.

répartition de deux gènes
Le croisement test révèle

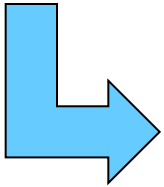
les **génotypes** et les **proportions de gamètes** produits par
l'individu testé



gènes liés ou non

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)



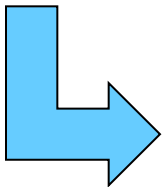
Génotype

- ★ (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]

Thème : Génétique et évolution.

Chapitre 2 : Mécanismes de diversification des êtres vivants.

I. Les mécanismes génétiques.

A. Les brassages génétiques liés à la reproduction sexuée (méiose et fécondation).

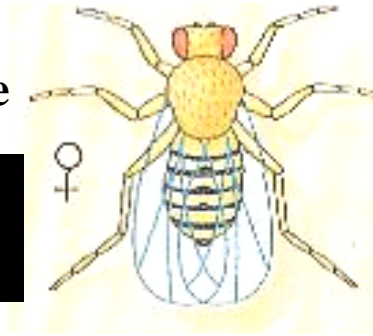
1. Intérêt des croisements tests dans l'étude des brassages génétiques.

2. Diversité liée au brassage intra chromosomique.

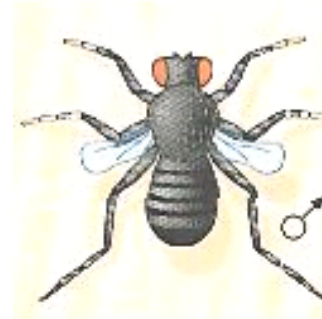
**Analyse de résultats de croisements effectués chez la drosophile.
(Pour des caractères codés par des gènes situés sur le même chromosome = gènes liés)**

Femelle de lignée pure

(Vg⁺ b⁺//Vg⁺ b⁺)



×



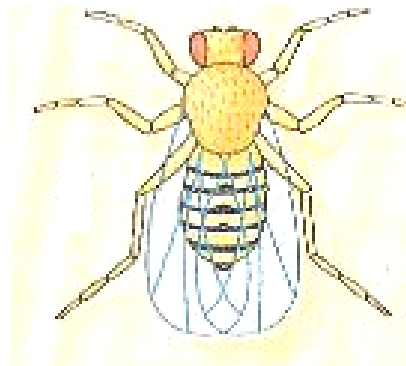
mâle de lignée pure

(Vg b //Vg b)



100 %

Vg⁺ b⁺//Vg b



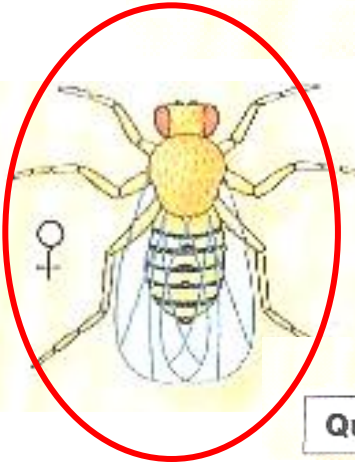
F1

Hétérozygote

Test-cross

Hybride F₁
ailes longues [L]
corps gris [G]
femelle

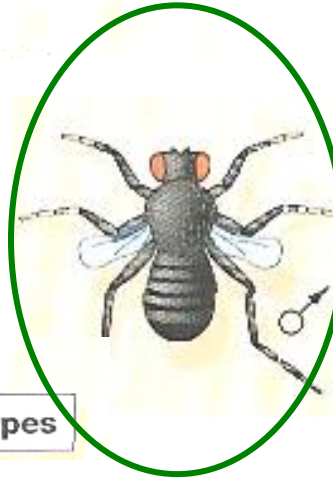
Vg⁺ b⁺ // Vg b



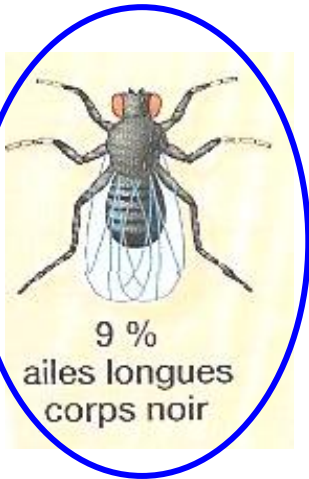
×

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

Vg b // Vg b



Quatre phénotypes



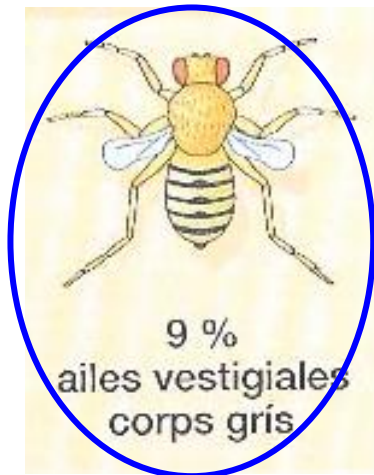
9 %
ailes longues
corps noir

Vg⁺ b // Vg b



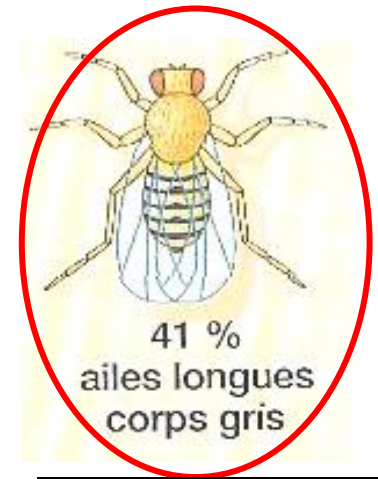
41 %
ailes vestigiales
corps noir

Vg b // Vg b



9 %
ailes vestigiales
corps gris

Vg b⁺ // Vg b



41 %
ailes longues
corps gris

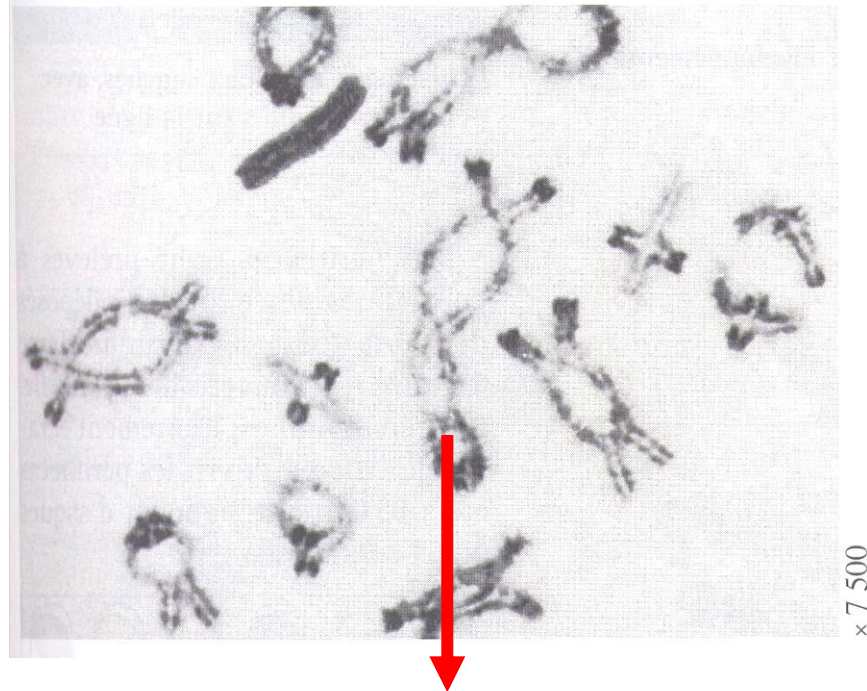
Vg⁺ b⁺ // Vg b

80% de phénotypes parentaux

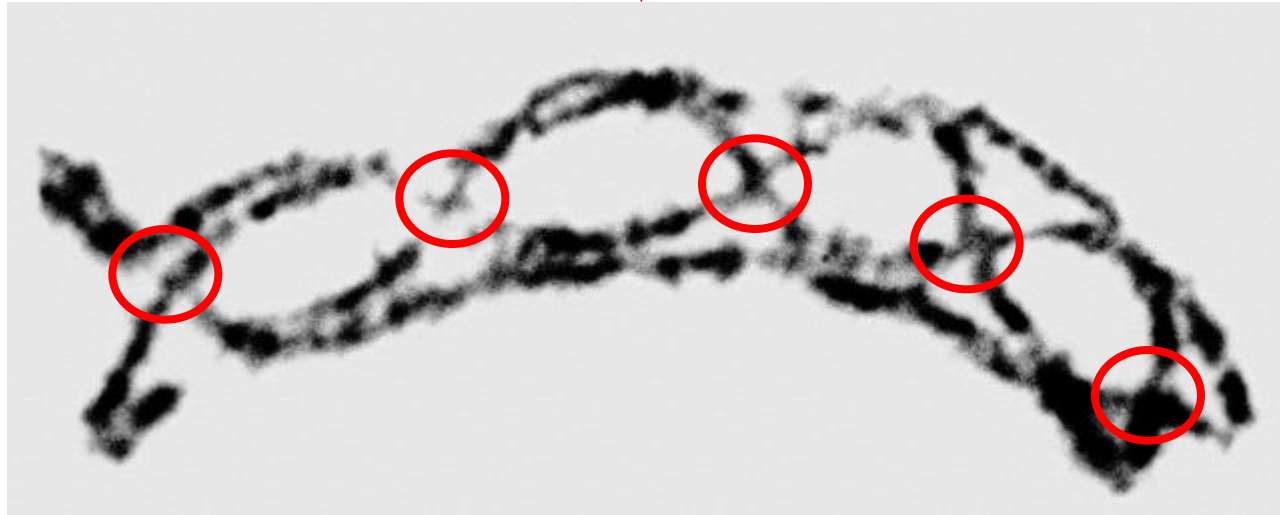
20% de phénotypes recombinés

Prophase de la 1^{ère} division méiotique

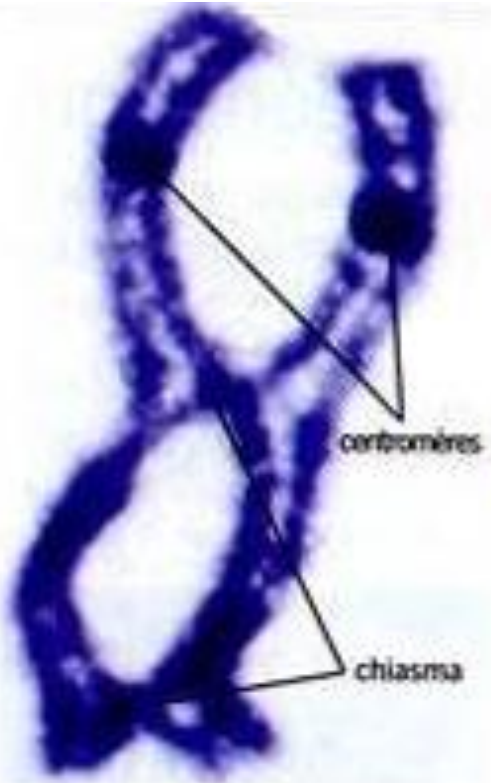
Appariement des chromosomes homologues



Chiasmata

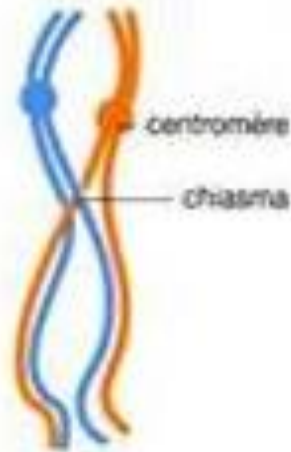


Mécanisme du crossing over (ou enjambement)



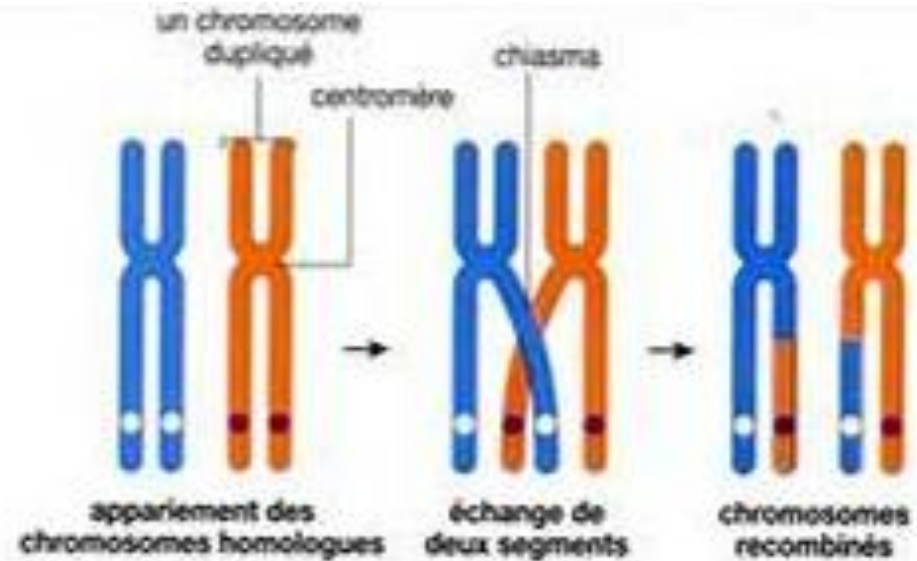
centromères

chiasma



centromère

chiasma



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

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

Thème : Génétique et évolution.

Chapitre 2 : Mécanismes de diversification des êtres vivants.

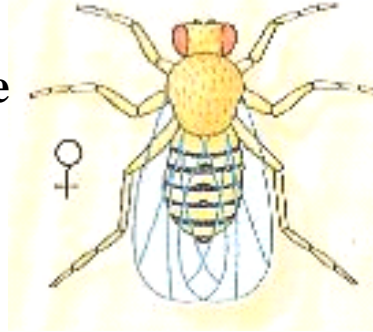
I. Les mécanismes génétiques.

A. Les brassages génétiques liés à la reproduction sexuée (méiose et fécondation).

1. Intérêt des croisements tests dans l'étude des brassages génétiques.
2. Diversité liée au brassage intra chromosomique.
3. Diversité liée au brassage inter chromosomique.

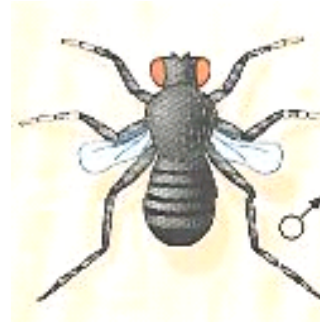
Analyse de résultats de croisements effectués chez la drosophile.
(Pour des caractères codés par des gènes situés sur 2 chromosomes différents = gènes indépendants)

Femelle de lignée pure



(Vg+//Vg+, eb+//eb+)

×



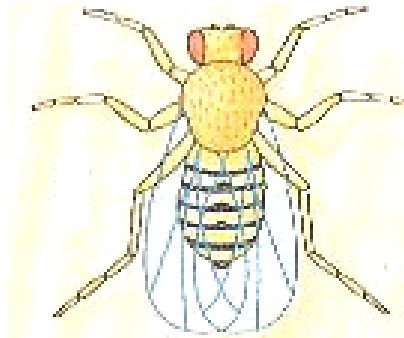
mâle de lignée pure

(Vg//Vg, eb//eb)



100 %

Hétérozygote



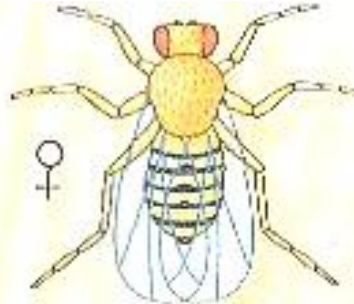
F1

(Vg+//Vg, eb+//eb)

Test-cross

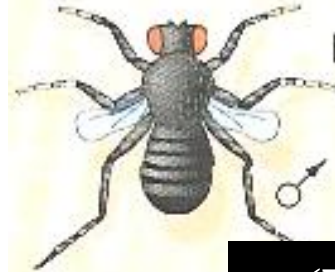


Hybride F₁
ailes longues [L]
corps gris [G]
femelle



×

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

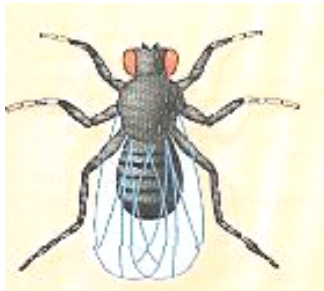


(Vg+//Vg , eb+//eb)

(Vg//Vg , eb//eb)



Quatre phénotypes



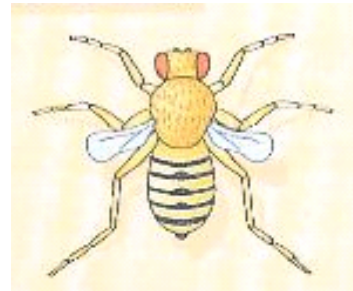
(Vg+//Vg , eb//eb)

25 %



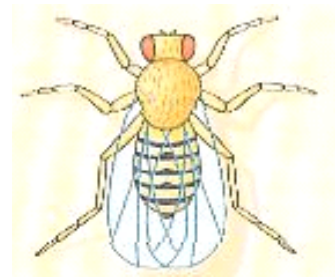
(Vg//Vg , eb//eb)

25 %



(Vg//Vg , eb+//eb)

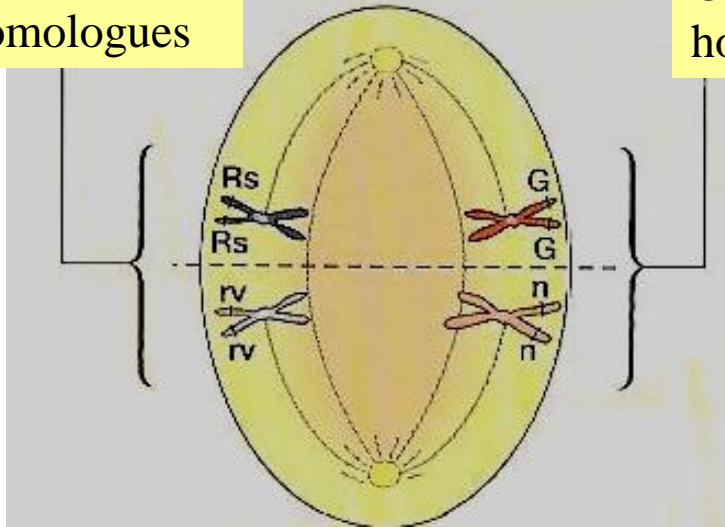
25 %



(Vg+//Vg , eb+//eb)

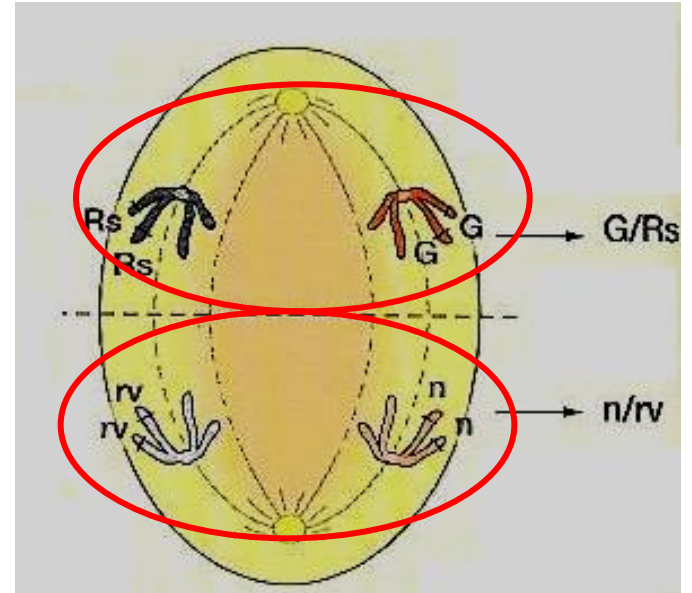
25 %

Chromosomes
homologues

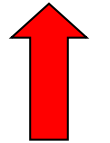


Métaphase

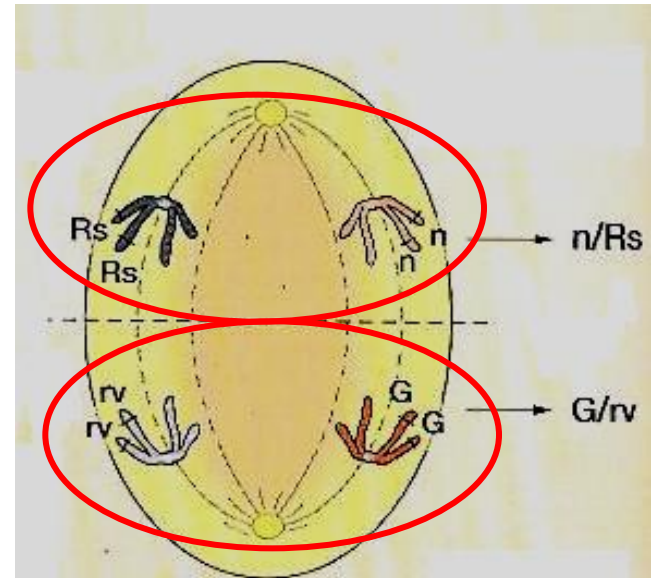
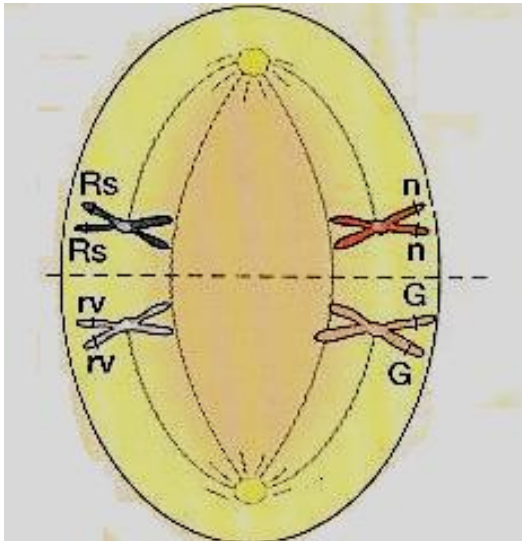
Chromosomes
homologues



Anaphase



OU



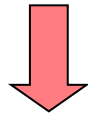
Mise en évidence du brassage inter-chromosomique chez les Diploïdes



étude de deux couples d'allèles



situés sur 2 paires de chromosomes différents



des gènes indépendants

Gènes indépendants



L'hétérozygote produit avec une probabilité égale quatre types de gamètes différents



F1



4 phénotypes en même proportions



2 identiques aux parents



2 nouveaux



1 caractère d'un parent

1 caractère de l'autre parent



Phénotypes recombinés

Thème : Génétique et évolution.

Chapitre 2 : Mécanismes de diversification des êtres vivants.

I. Les mécanismes génétiques.

A. Les brassages génétiques liés à la reproduction sexuée (méiose et fécondation).

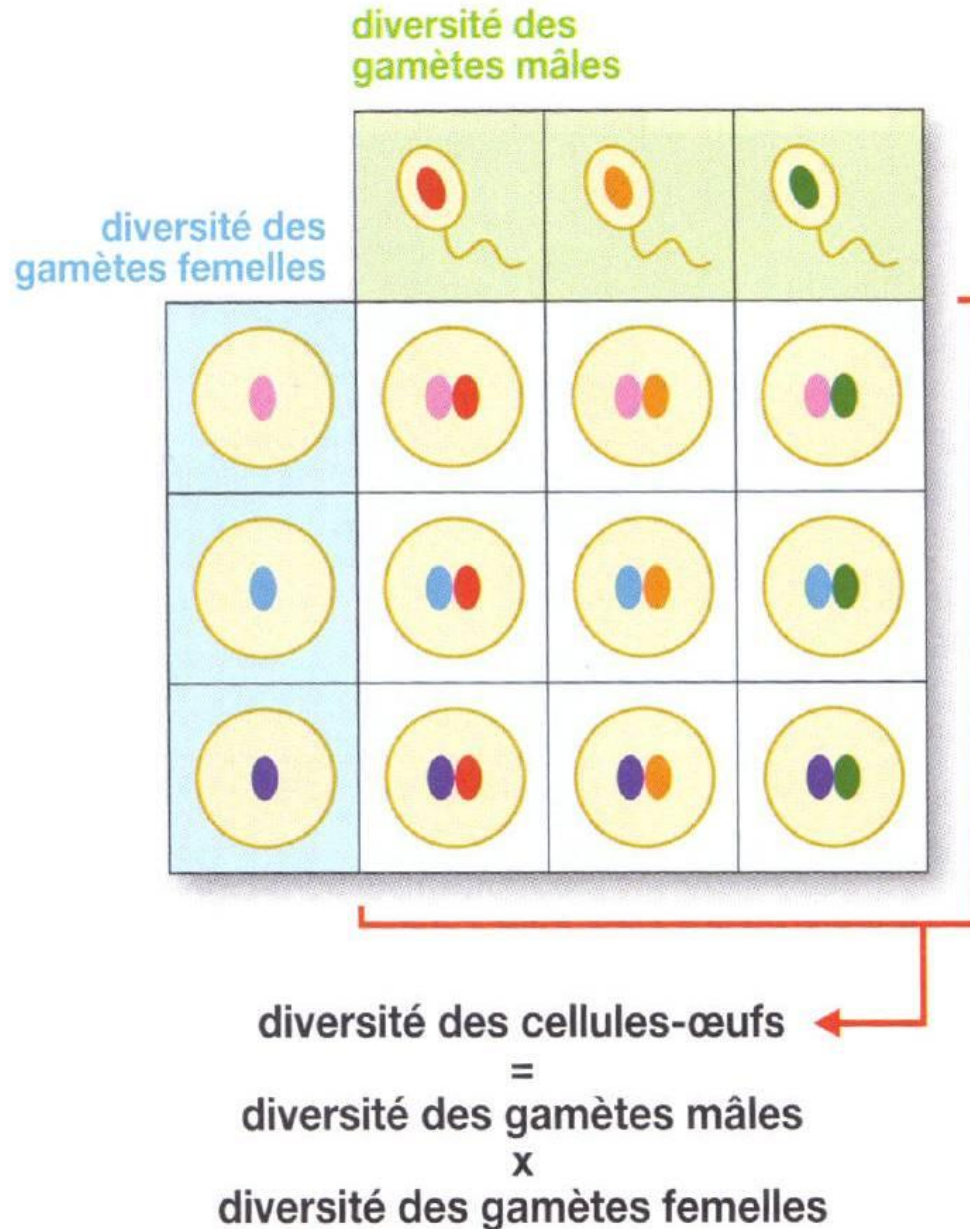
1. Intérêt des croisements tests dans l'étude des brassages génétiques.

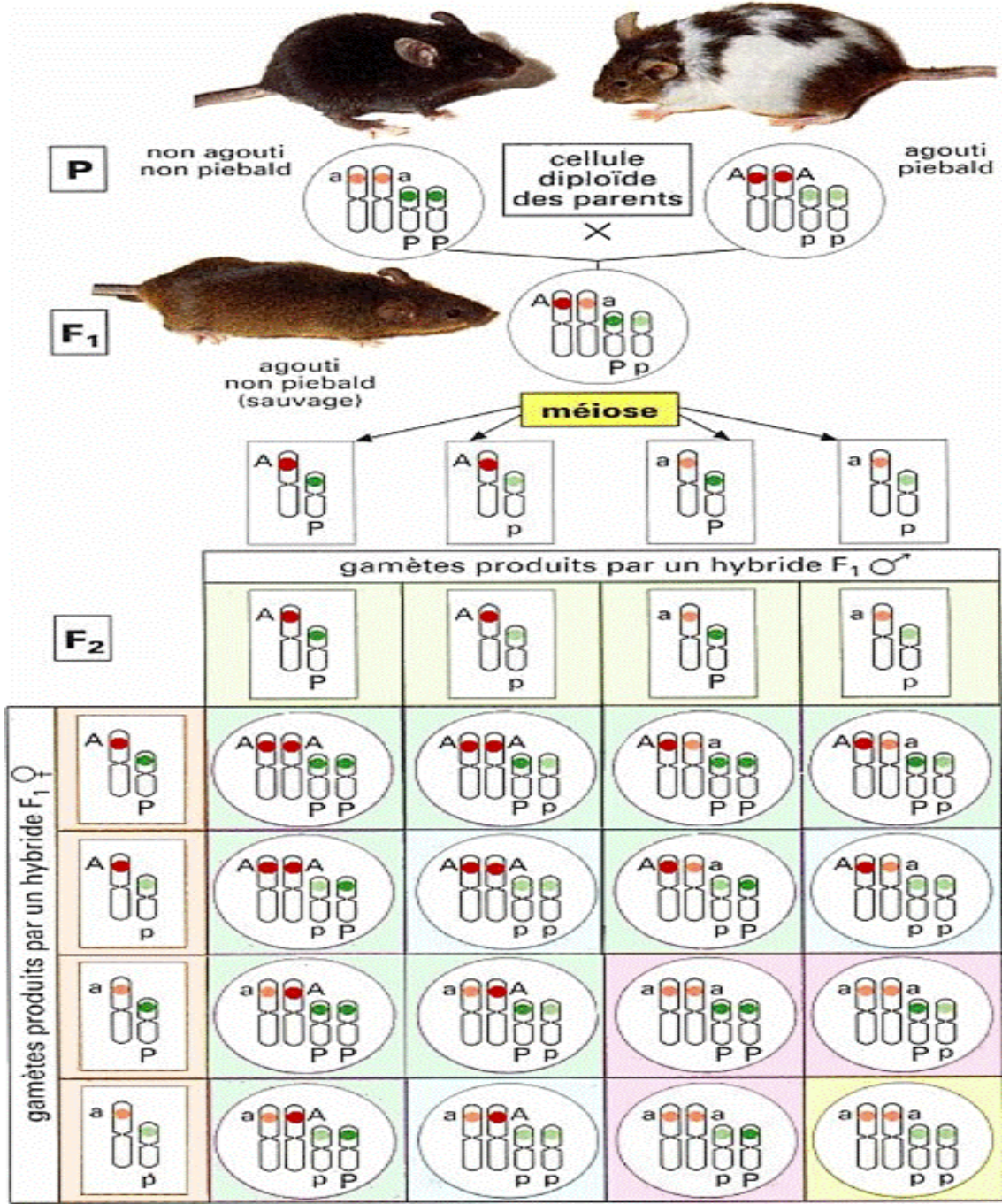
2. Diversité liée au brassage intra chromosomique.

3. Diversité liée au brassage inter chromosomique.

4. Diversité liée à 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. Les brassages génétiques liés à la reproduction sexuée (méiose et fécondation).

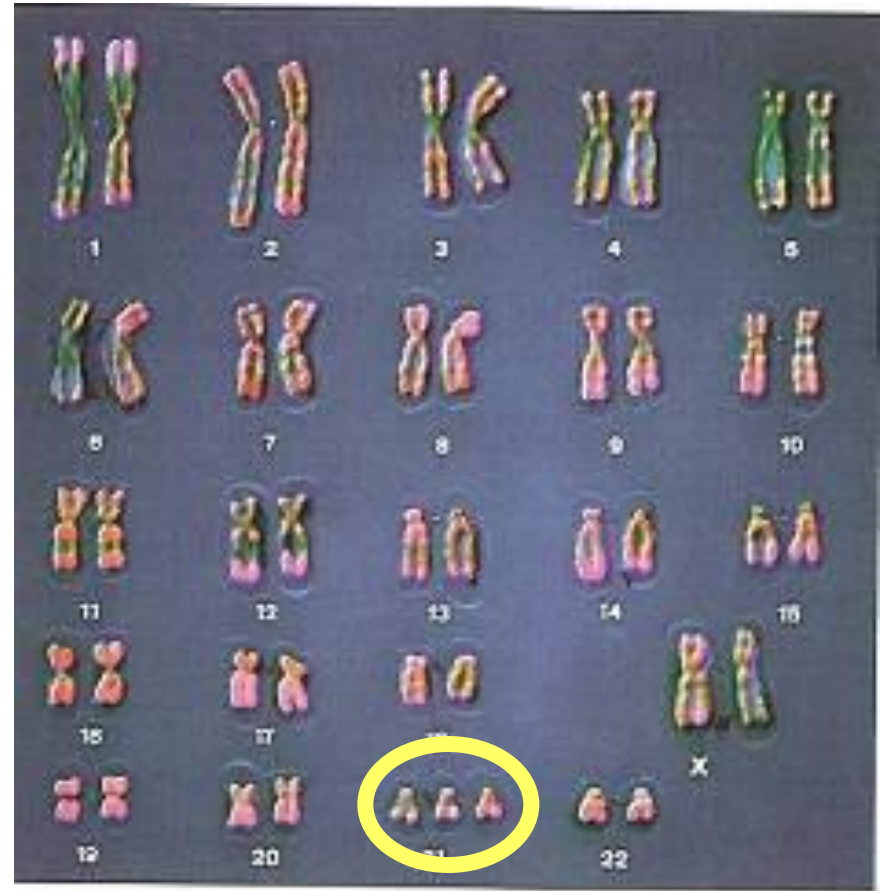
B. Les conséquences d'anomalies au cours de la méiose.

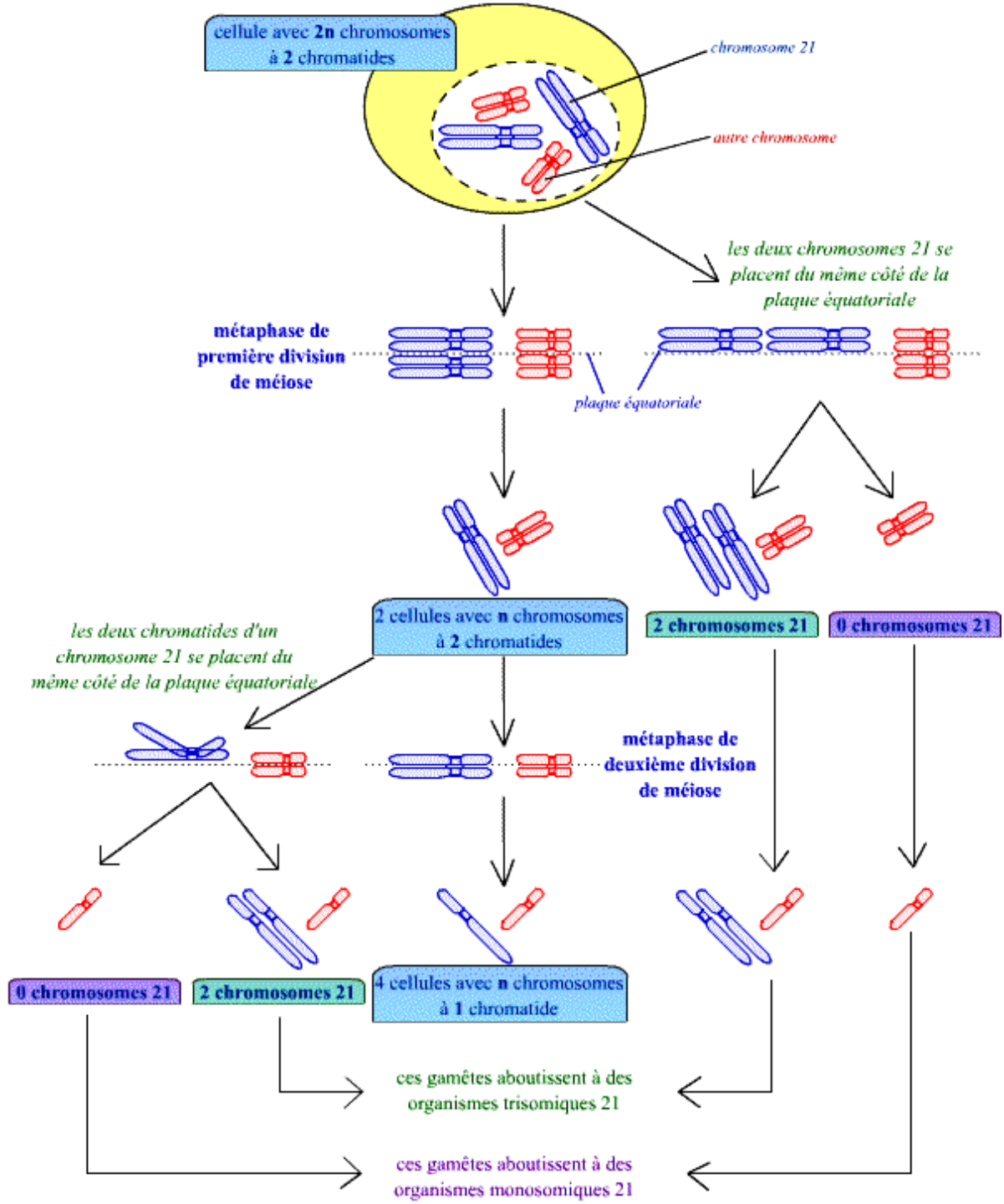
1. Des anomalies du caryotype.

Trisomie 21



Un enfant sur 700





D'autres anomalies chromosomiques

Trisomie 18 X

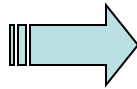
1/800

- Anomalies du crâne, de la face, des pieds, des mains
- malformations viscérales (cœur, rein)
- évolution toujours mortelle avant l'âge d'1 an

- Femme de petite taille, stérile
- absence de caractères sexuels secondaires
- Intelligence normal
- Développement intellectuel le + souvent normal



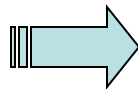
maternelle



1ere division : 61,7%

2éme division : 15,3%

Paternelle



1ere division : 11,8%

2éme division : 11,2%

Thème : Génétique et évolution.

Chapitre 2 : Mécanismes de diversification des êtres vivants.

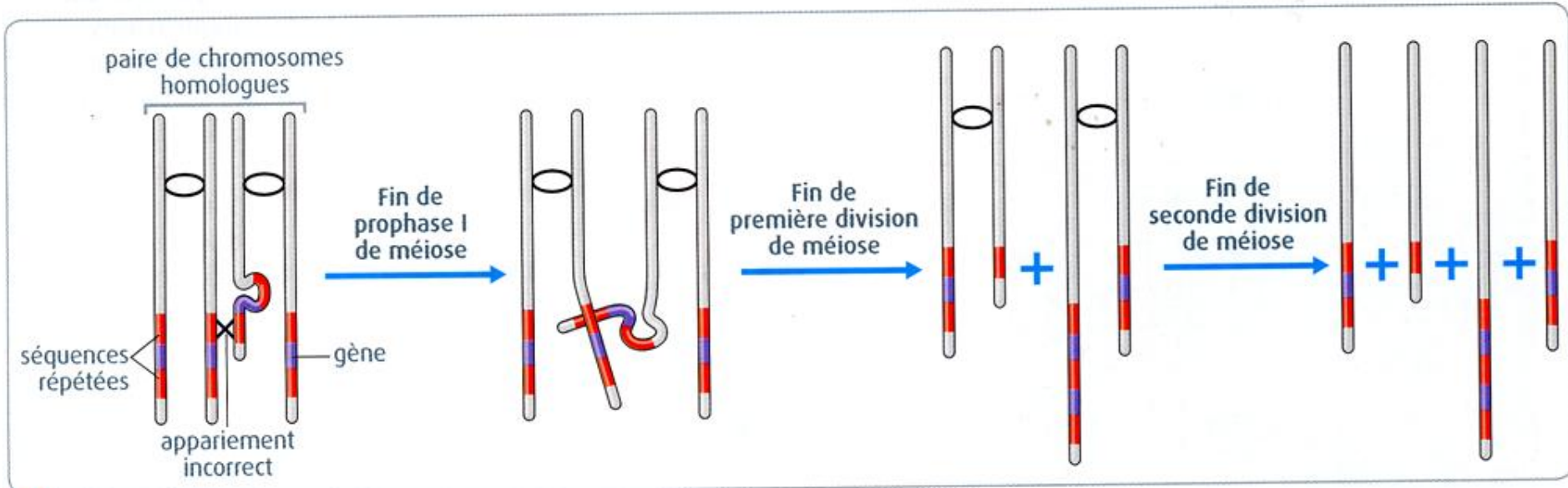
I. Les mécanismes génétiques.

A. Les brassages génétiques liés à la reproduction sexuée (méiose et fécondation).

B. Les conséquences d'anomalies au cours de la méiose.

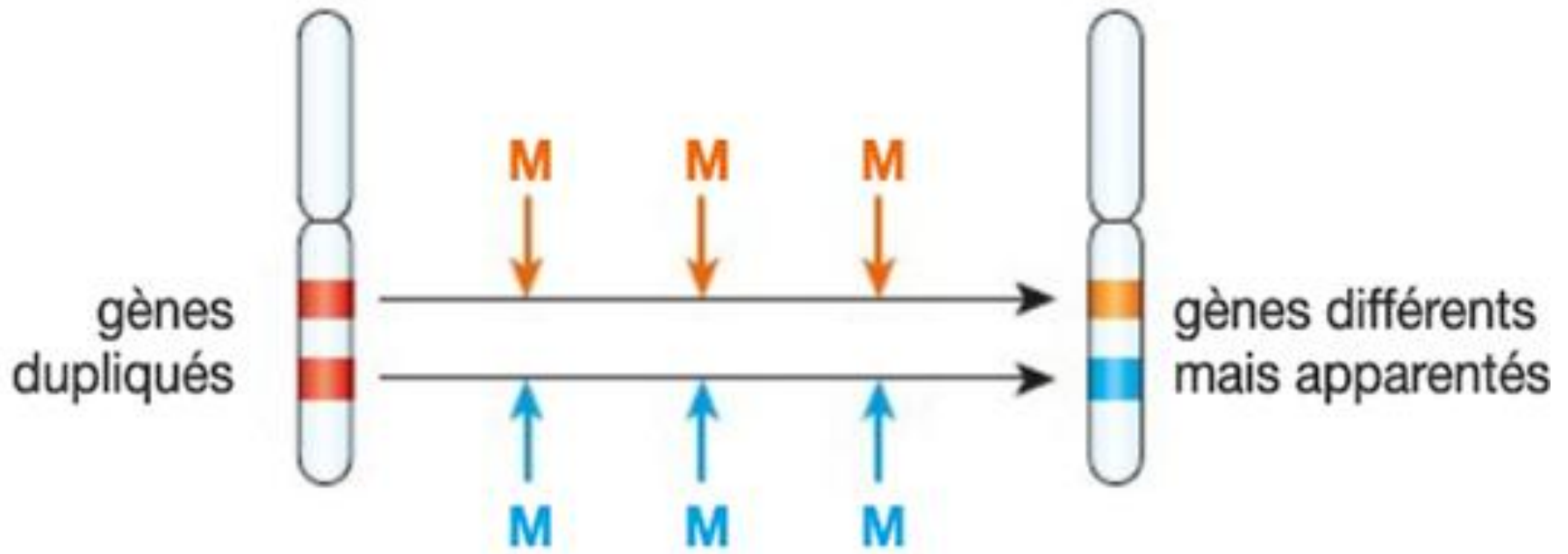
1. Des anomalies du caryotype.

2. Un enrichissement du génome.



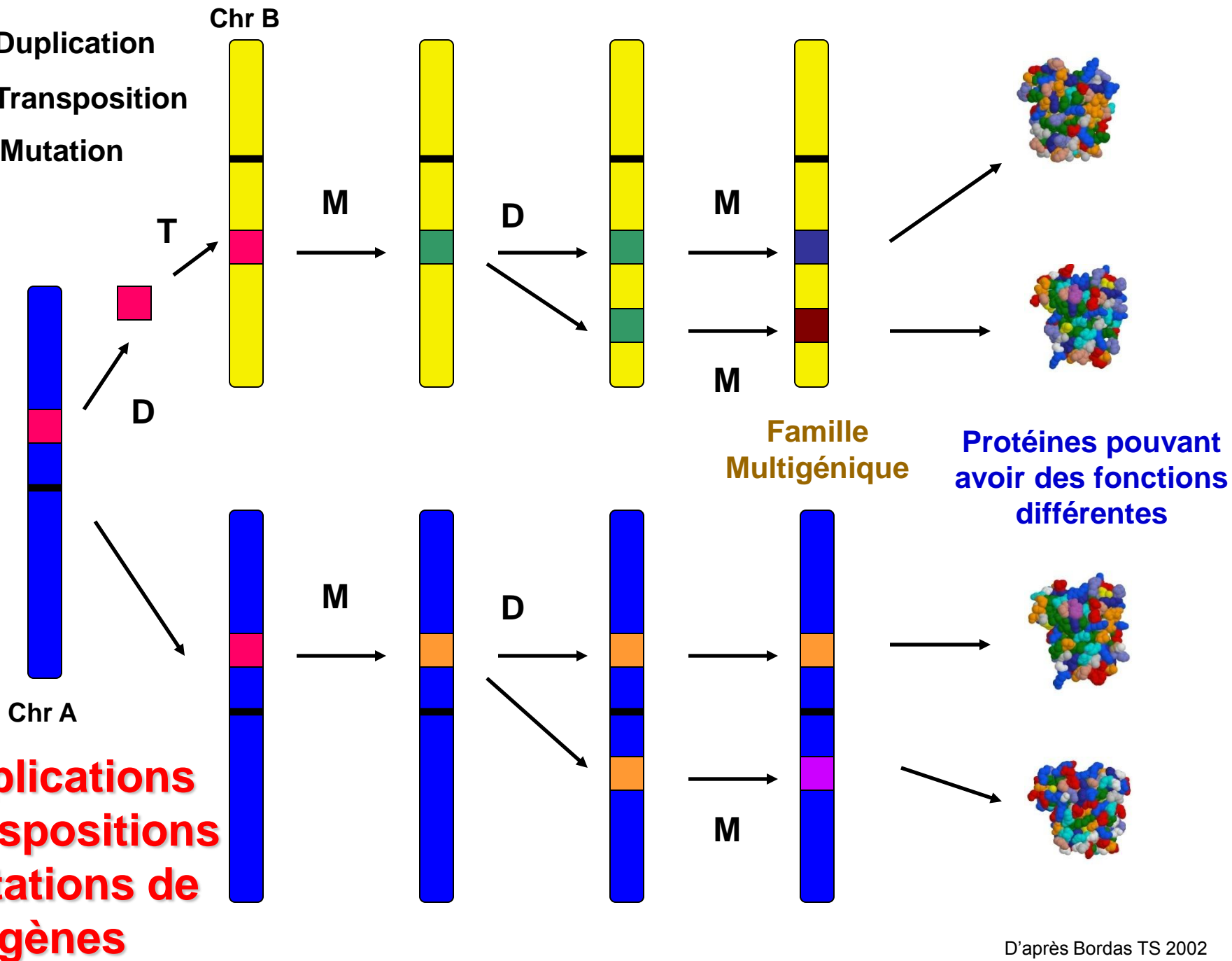
1 Les crossing-over inégaux. Dans certaines conditions, en prophase I de méiose, un appariement incorrect peut survenir, à l'origine d'un crossing-over qualifié d'inégal.

Formation d'une famille multigénique



M = mutations ponctuelles

D = Duplication
T = Transposition
M = Mutation



Exemple des opsines

chromosome 7

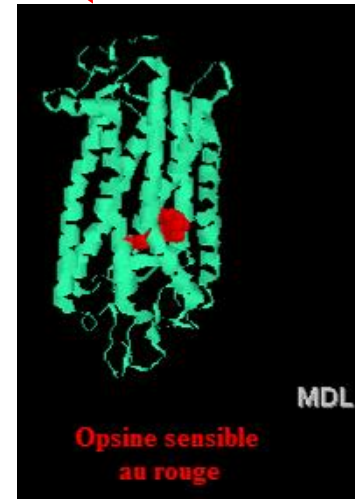
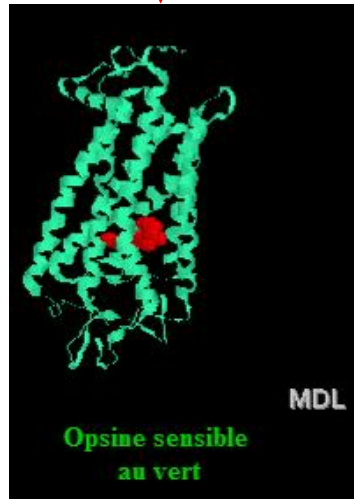
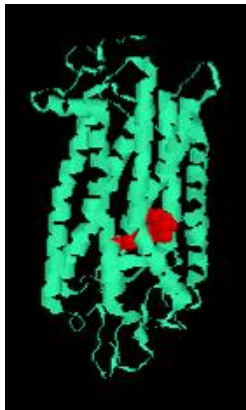
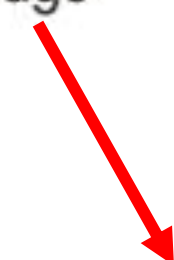
chromosome X



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

% de différences

Demi matrice des distances

Thème : Génétique et évolution.

Chapitre 2 : Mécanismes de diversification des êtres vivants.

I. Les mécanismes génétiques.

A. Les brassages génétiques liés à la reproduction sexuée (méiose et fécondation).

B. Les conséquences d'anomalies au cours de la méiose.

C. Des modifications de l'expression des gènes.

1. Les gènes du développement.

Les gènes du développement

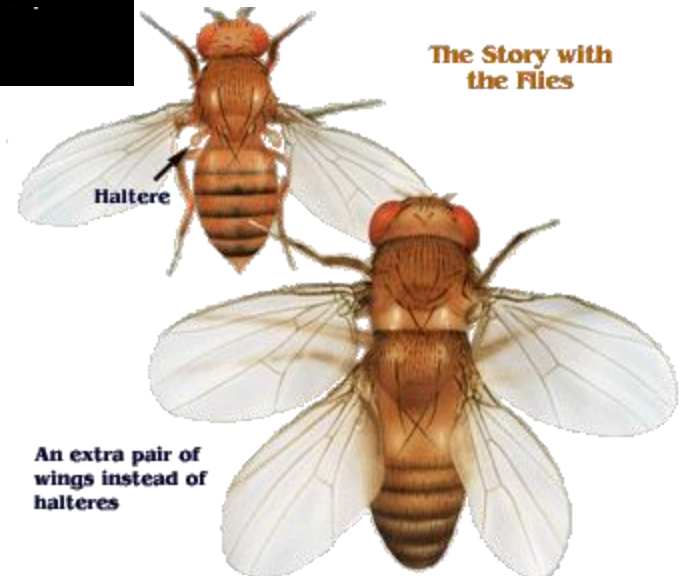
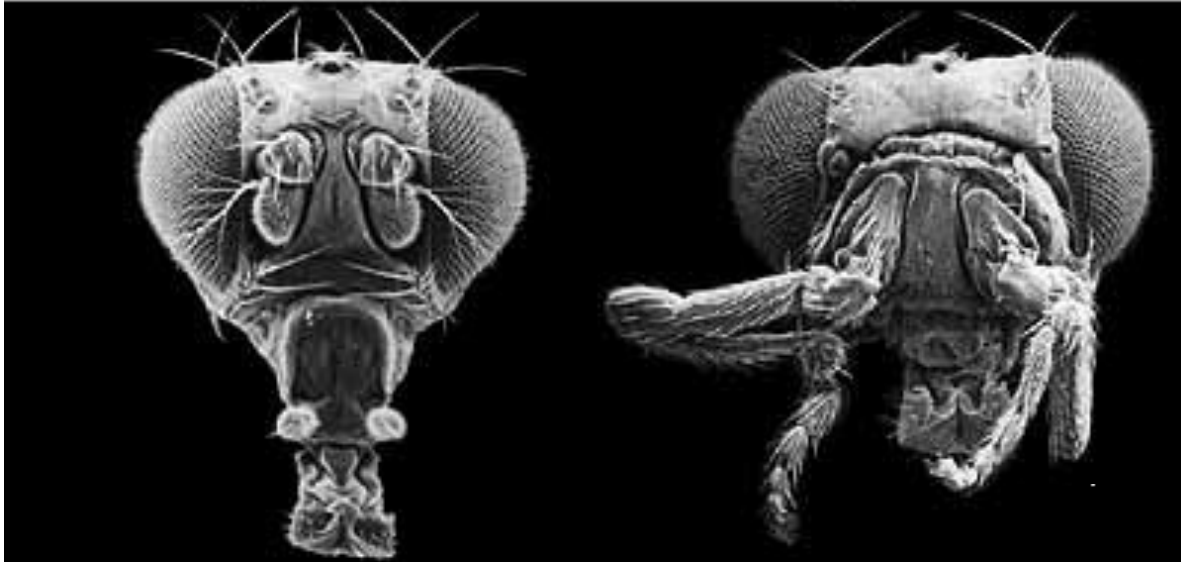


**impliqués dans la mise en place des plans
d'organisation des êtres vivants**

Des mutants homéotiques

wild-type *drosophila*

antennapedia mutant

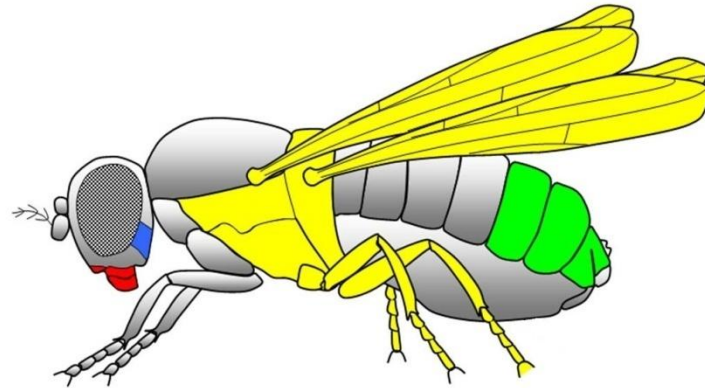
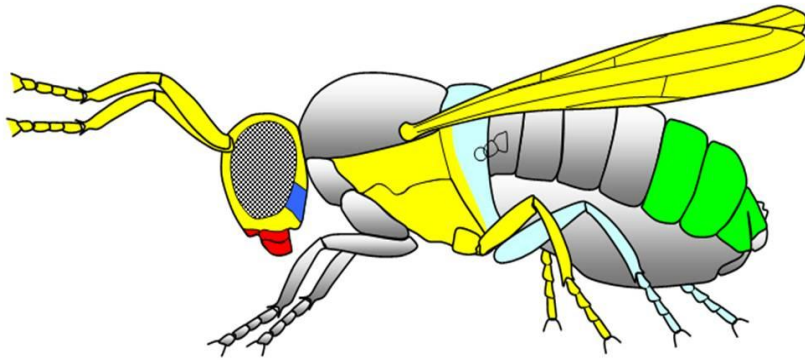
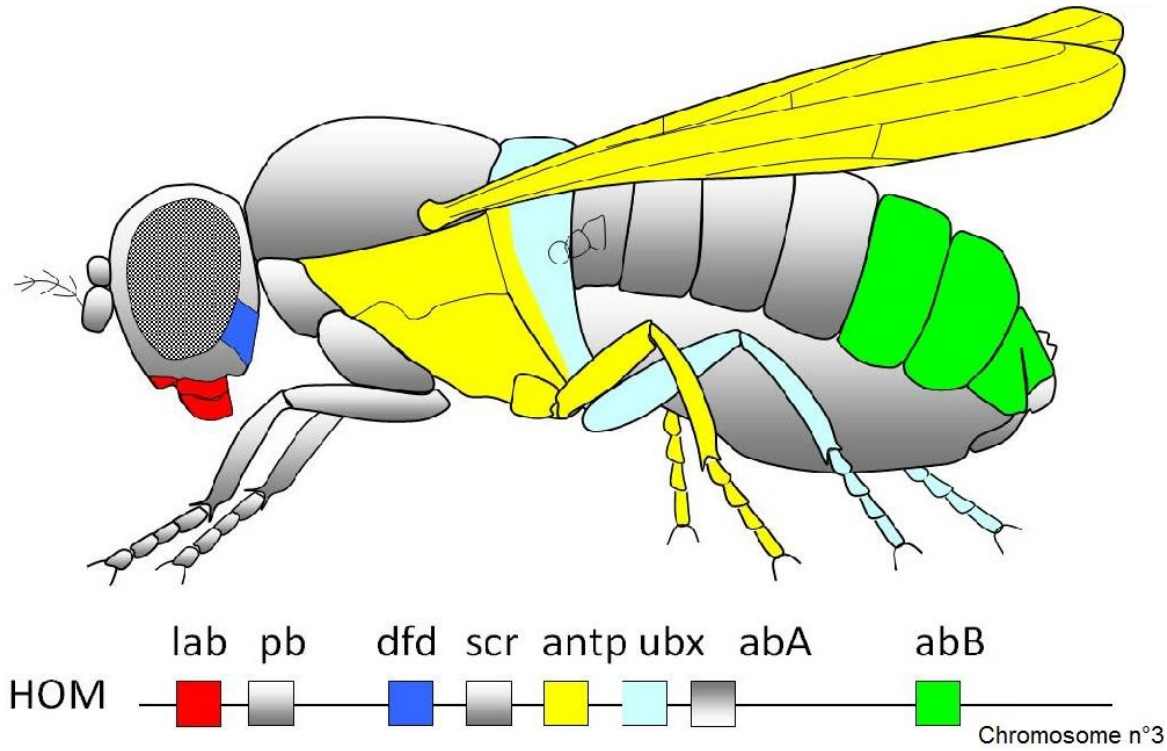


The Story with the Flies

Haltere

An extra pair of wings instead of halteres

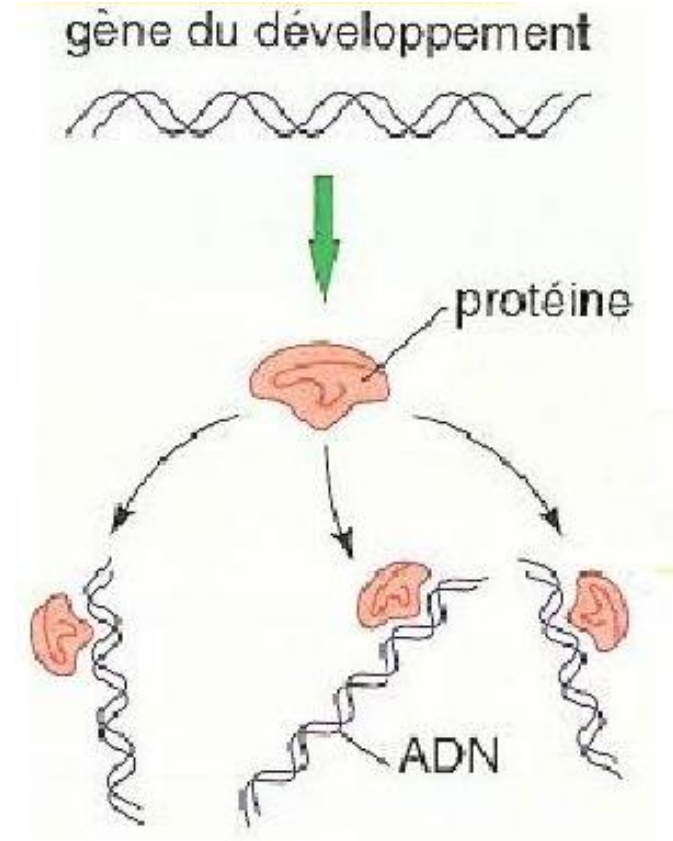
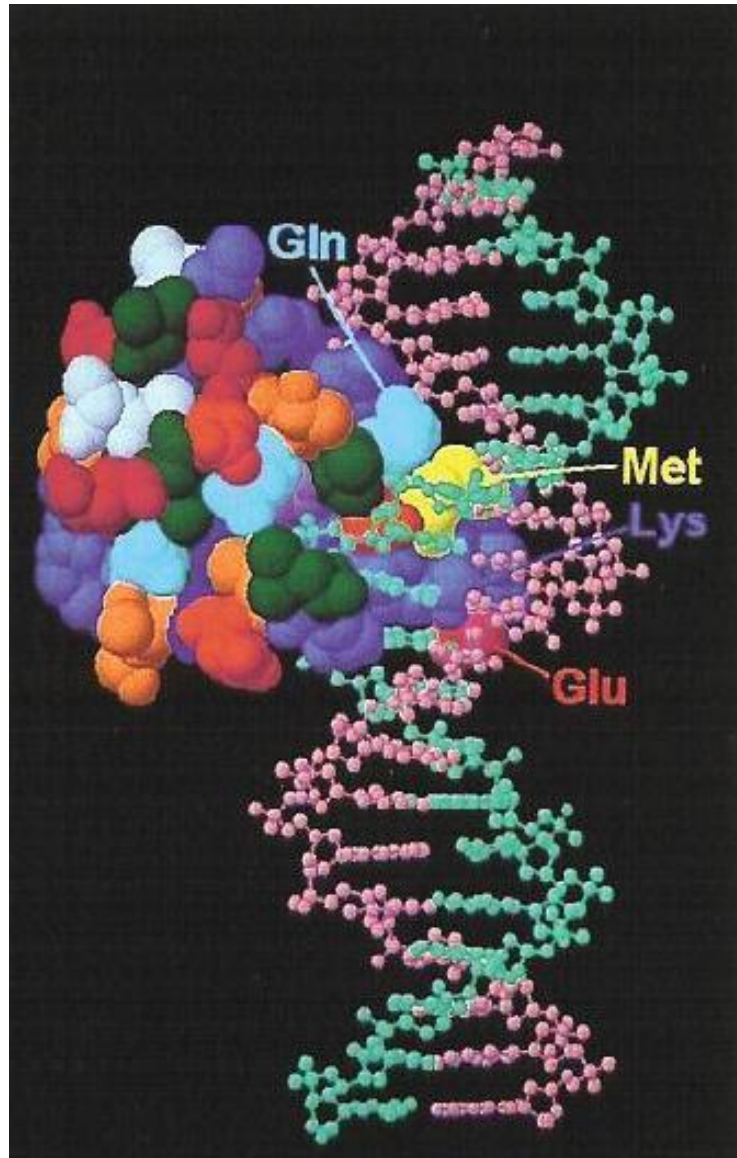
Des modifications de la zone d'expression de gènes homéotiques



Territoires d'expression des gènes :

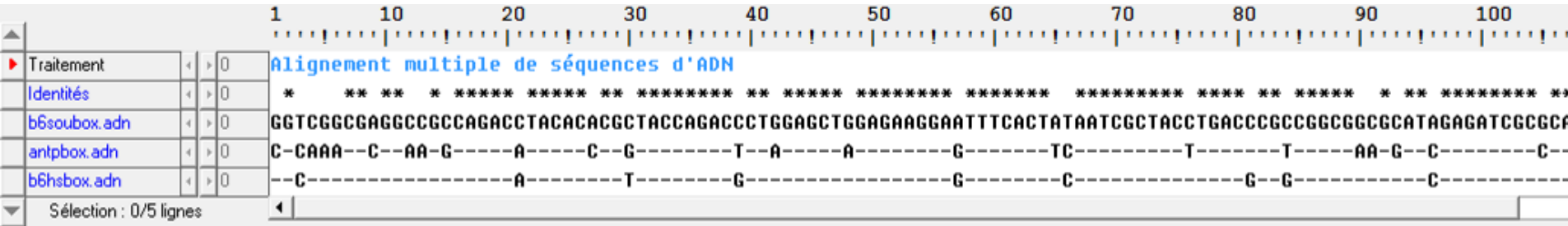
- lab
- pb
- dfd
- scr
- antp
- ubx
- abA
- abB

ces gènes « architectes » permettent la synthèse de protéines qui contrôlent l'expression de nombreux autres gènes.



**Activation ou inhibition
de milliers de gène**

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

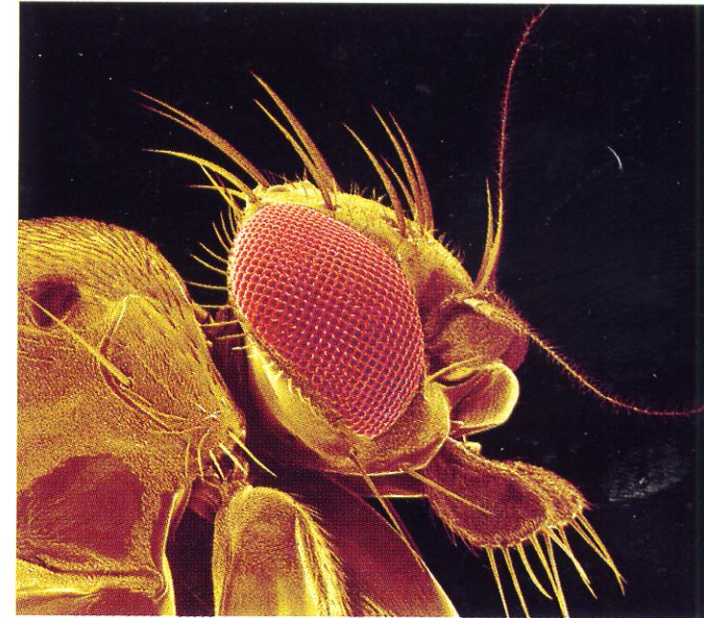
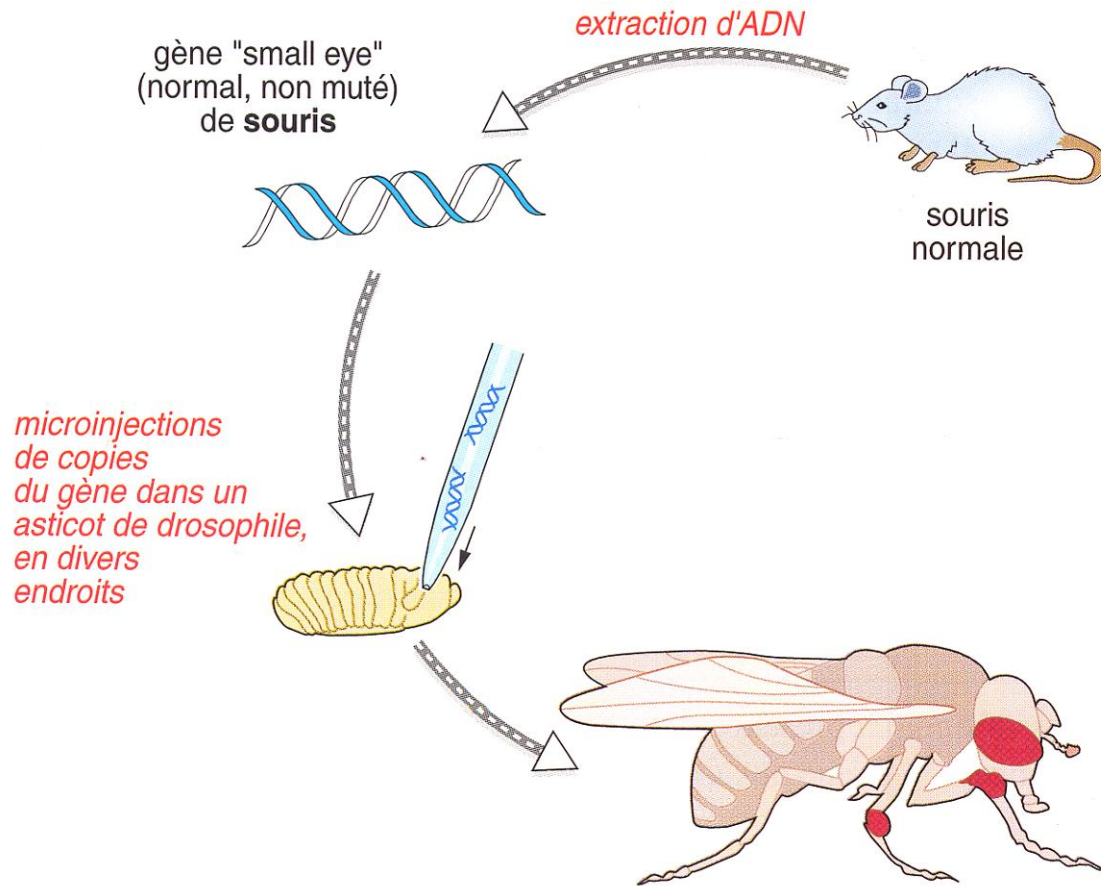


	souris	drosophile	homme
Souris	100 %	81,7 %	92,2 %
drosophile		100 %	83,3 %
homme			100 %

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 inter-

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. Les brassages génétiques liés à la reproduction sexuée (méiose et fécondation).

B. Les conséquences d'anomalies au cours de la méiose.

C. Des modifications de l'expression des gènes.

1. Les gènes du développement.

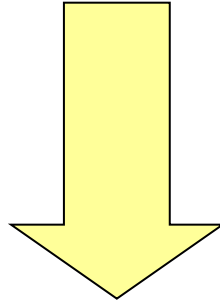
2. Modifications de l'expression des gènes du développement.

Les mêmes gènes du développement peuvent être présents chez différentes espèces

- territoire d'expression
- intensité d'expression
- chronologie ou la durée d'expression de ces gènes

varient d'une espèce à l'autre.

modifications d'expression de gènes



**différences morphologiques importantes chez
des espèces pourtant génétiquement très
proches.**

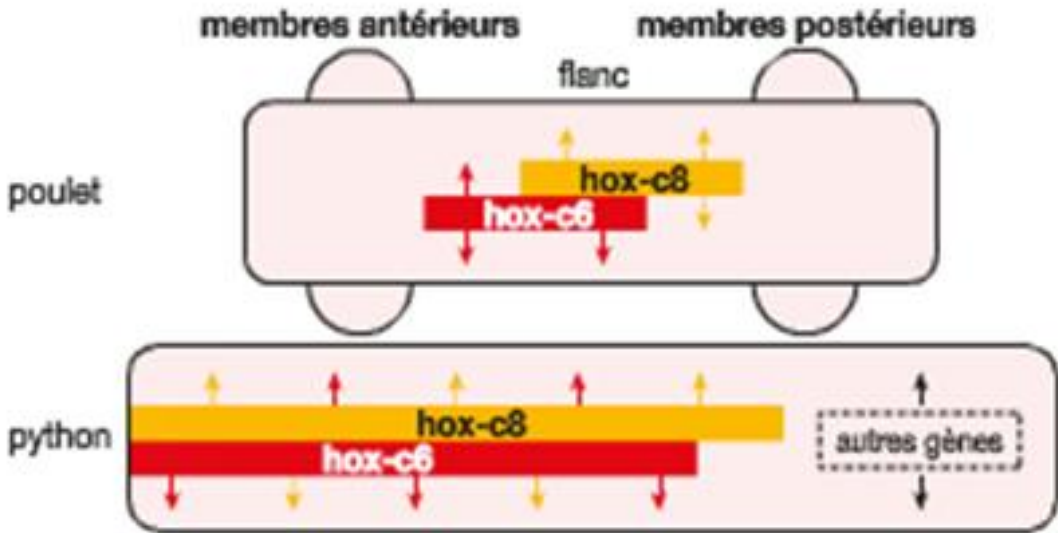
Exemples de modifications du territoire d'expression de certains gènes du développement

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

absence de patte



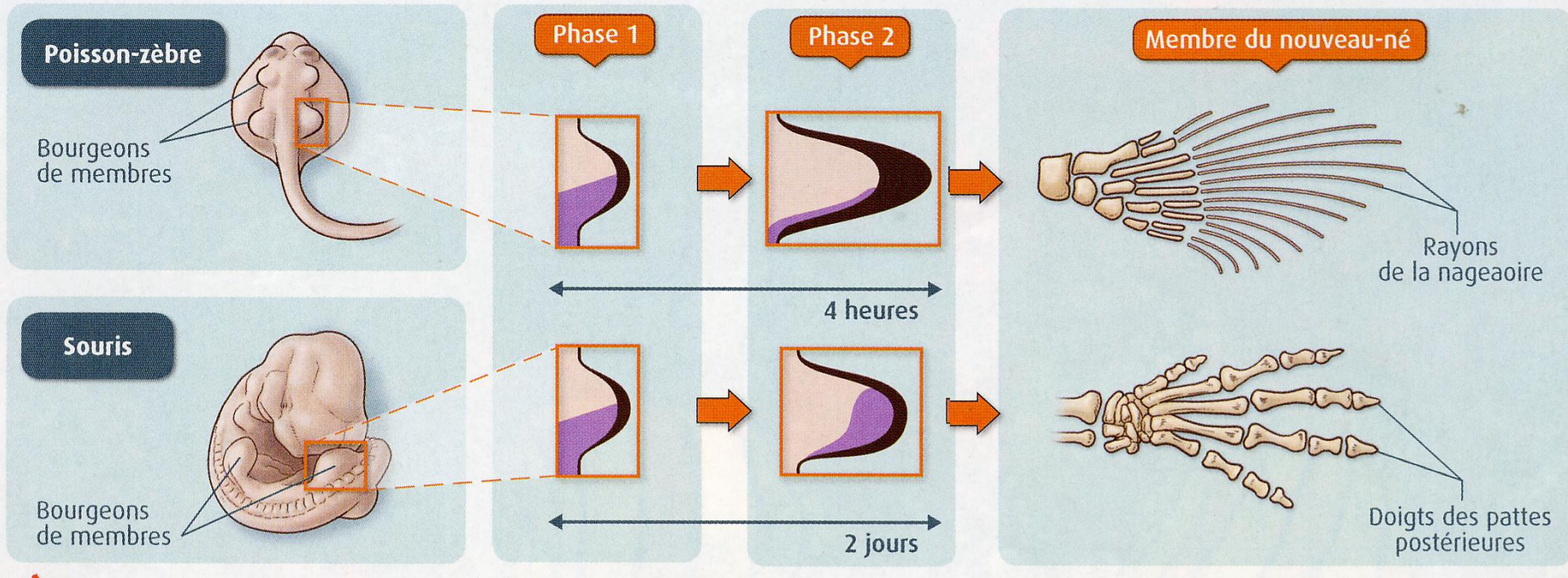
Radiographie d'un serpent (crotale) ▶
mettant en évidence son squelette



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

Ex: gène du développement hox D13

s'exprime à base du bourgeon => formation d'une nageoire

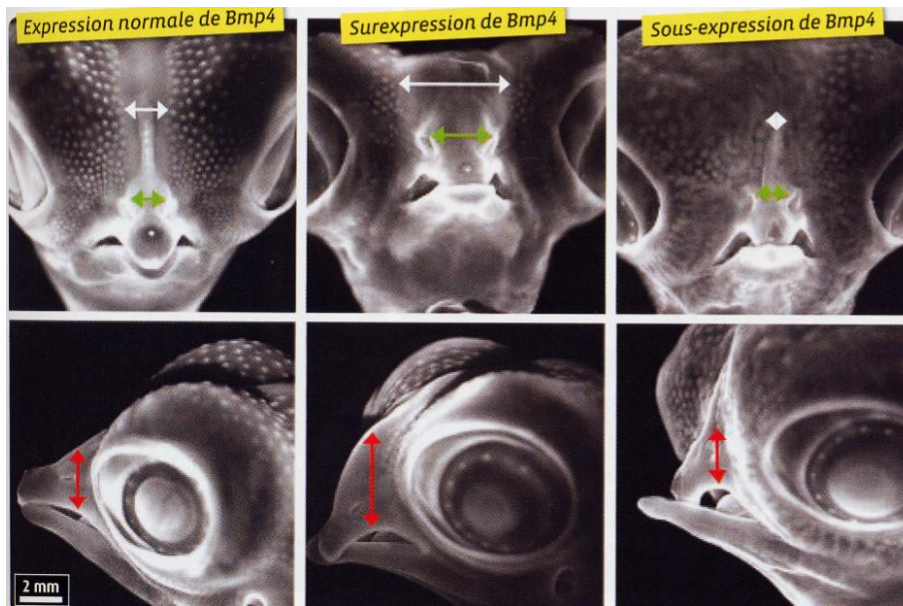
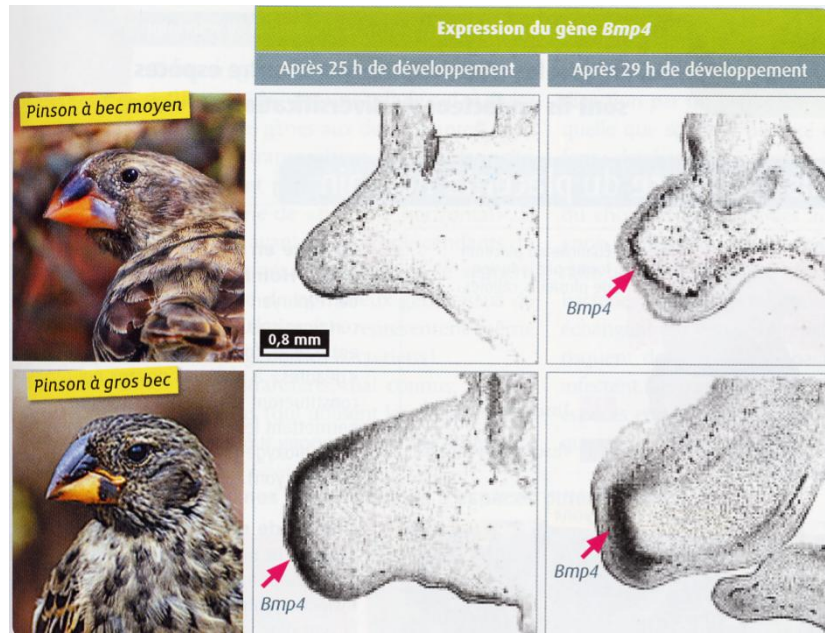


s'exprime d'abord à la base puis vers l'avant => formation d'une main avec des doigts.

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

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

gène architecte **bmp4**.

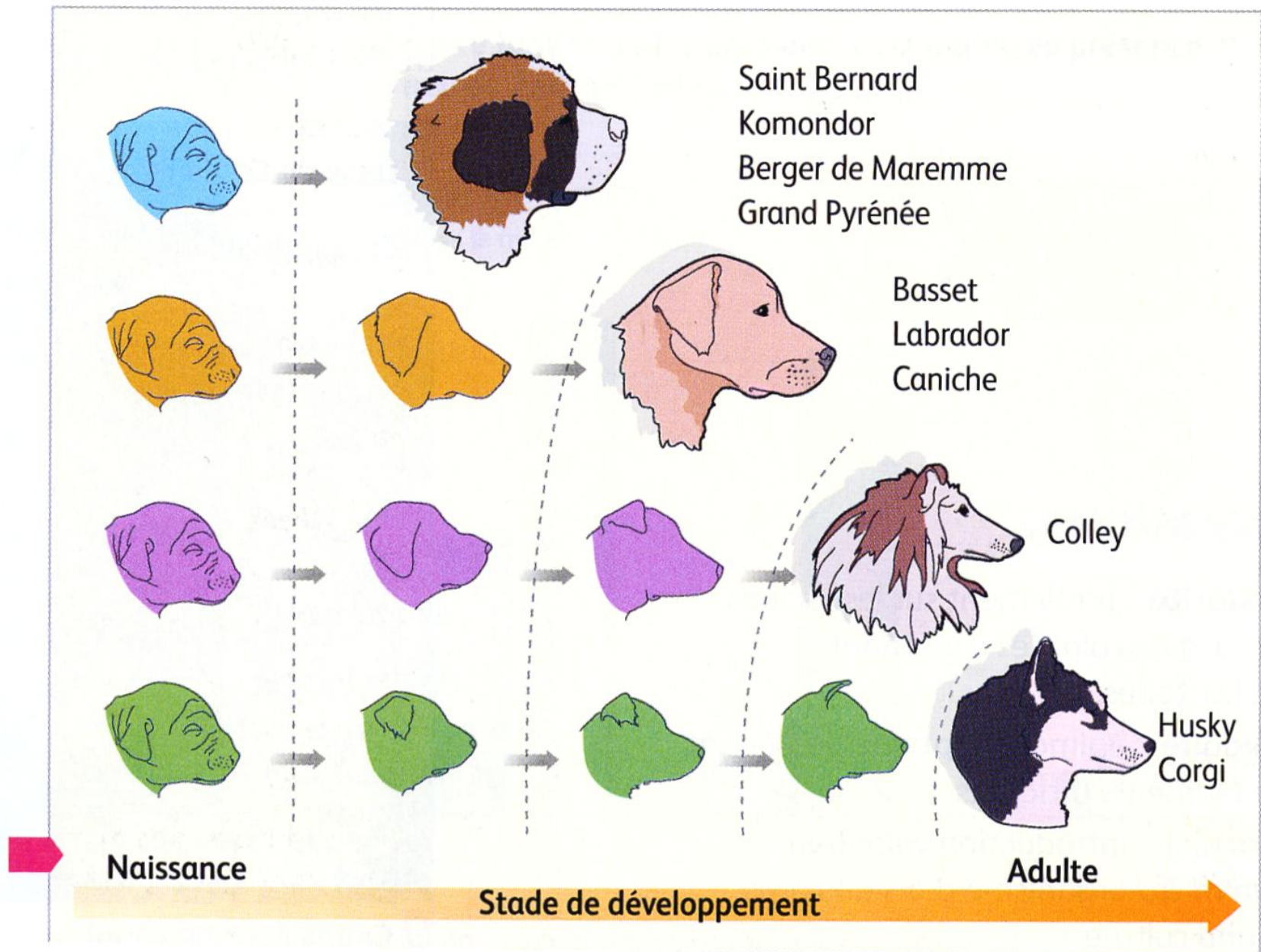


surexprimé => *gros bec*

sous exprimé => *petit bec*

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



Cerf élaphe



phase juvénile phase adulte

Cerf de Crête



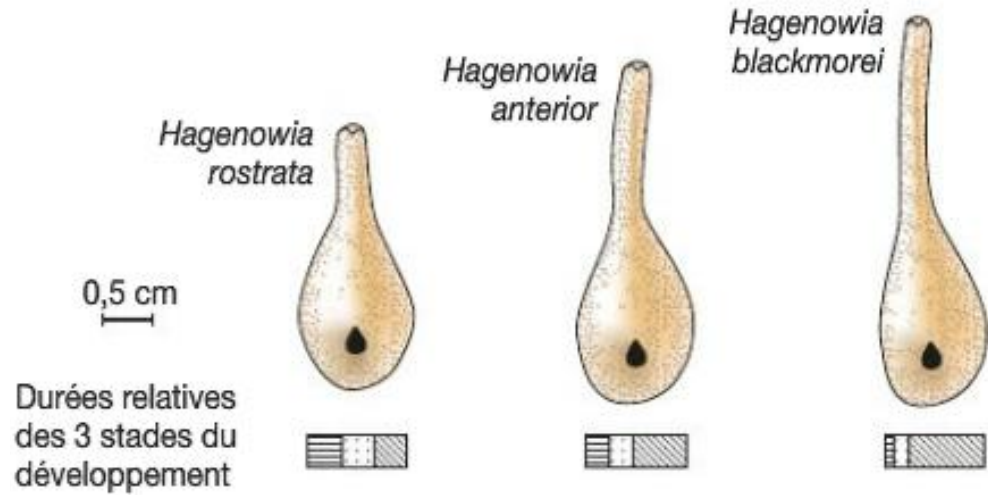
10 cm



Hétérochronie chez l'oursin



Test d'*Hagenowia rostrata*.



Hétérochronie chez axolotl



**Conservation du caractère larvaire
Pour l'appareil respiratoire**

Bricolage de l'évolution

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

Thème : Génétique et évolution.

Chapitre 2 : Mécanismes de diversification des êtres vivants.

I. Les mécanismes génétiques.

A. Les brassages génétiques liés à la reproduction sexuée (méiose et fécondation).

B. Les conséquences d'anomalies au cours de la méiose.

C. Des modifications de l'expression des gènes.

D. Hybridation suivie de polyploïdisation

Quelques définitions

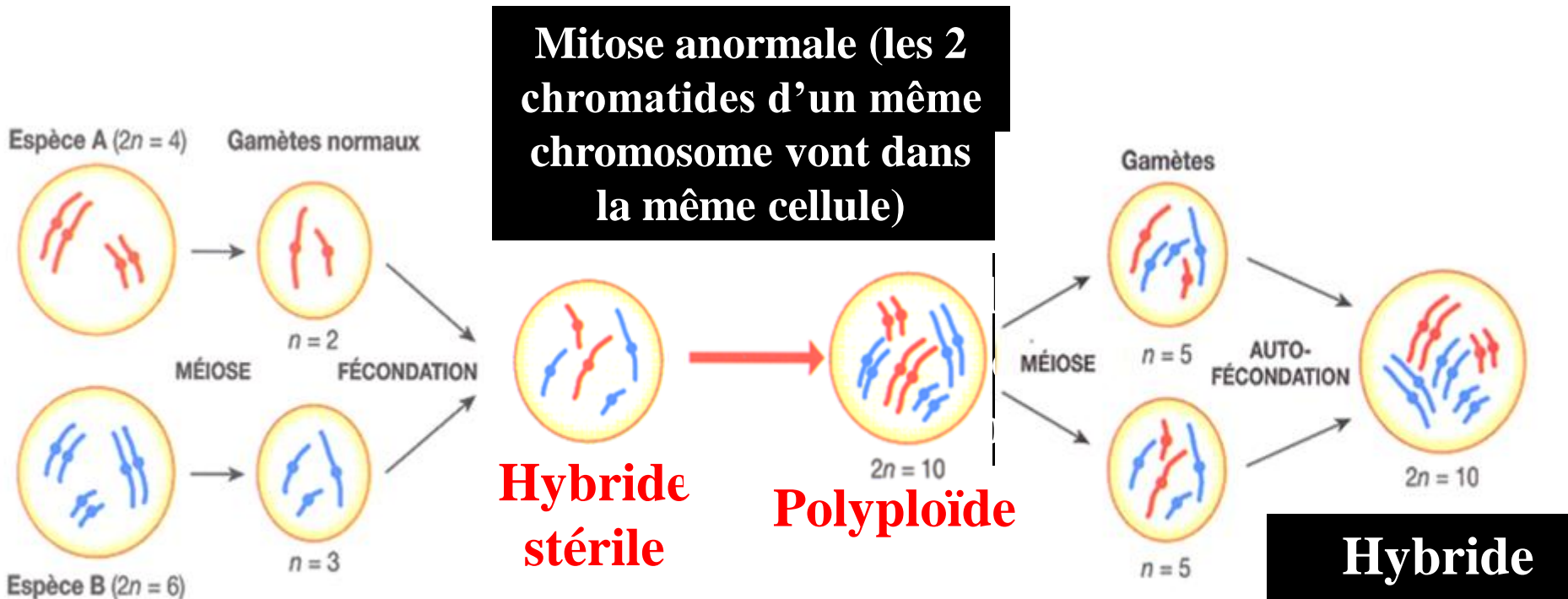
- **Polyploïde** = cellule ou noyau ou organisme possédant plus de deux jeux complets de chromosomes.

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

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

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

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

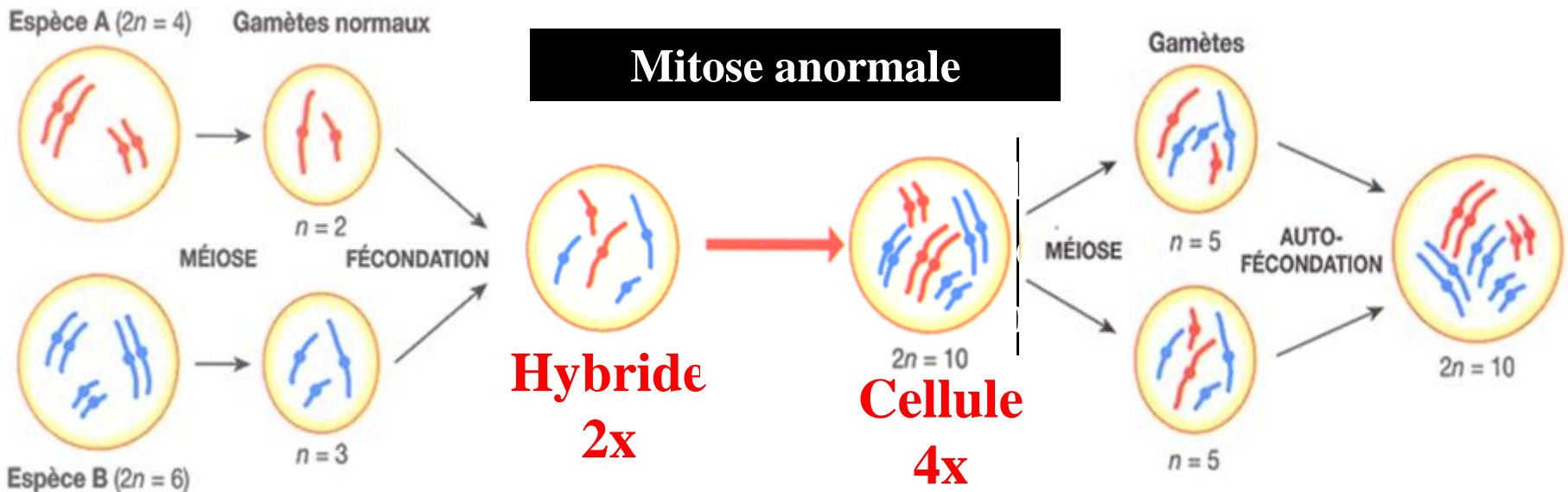


Reproduction
sexuée entre 2
espèces
différentes

Hybride
polyploïde
fertile

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

Gamète normal x

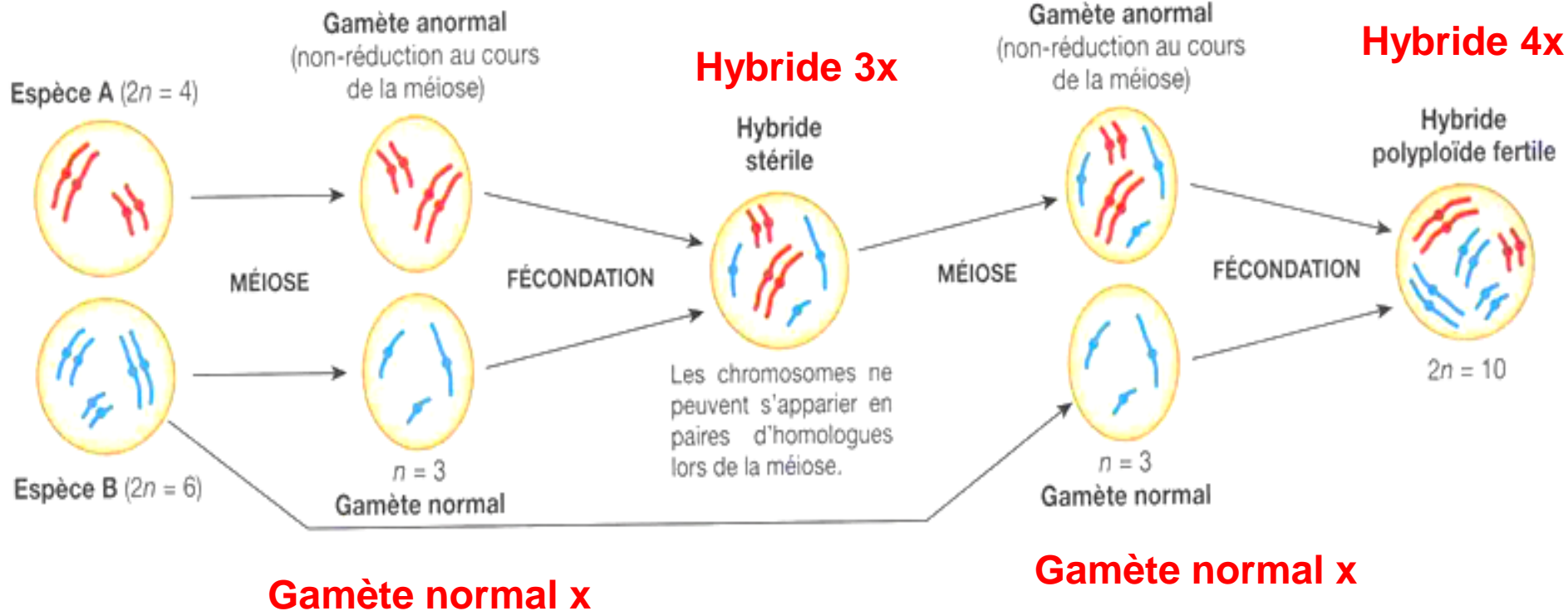


Gamète normal x

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

Gamète anormal 2x

Gamète 3x



L'histoire d'une nouvelle espèce



$2n=60$

Spartina maritima

Gamète $x=30$

$2n=62$

Spartina alterniflora

Gamète $x=31$

Hybride F1

Spartina townsendii

stérile

$2x=61$ chromosomes



Spartina anglica

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

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

Polyploïde

Présence de caractères différents



Nouvelle espèce



Polyploïdisation dans le monde vivant

Banane → triploïde

33 chromosomes

Pomme de terre → tétraploïde

48 chromosomes

La fraise → octoploïde

56 chromosomes



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

