

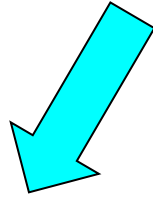
Thème : Génétique et évolution.

Chapitre 2 : Mécanismes de diversification des êtres vivants.

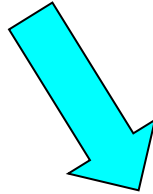
I°) Les mécanismes génétiques

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

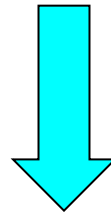
2 chromosomes d'une même paire



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°) Déterminer le génotype d'un individu.

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]

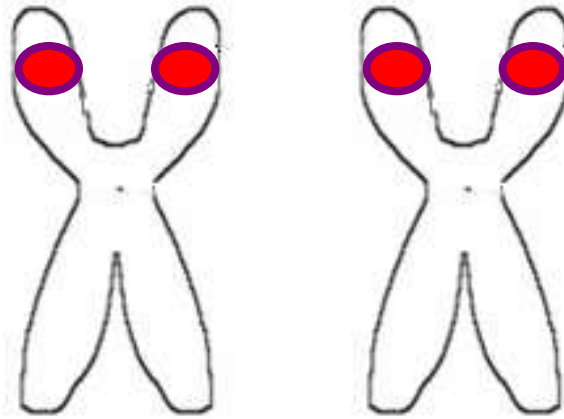
Ex: groupe sanguin chez l'homme :

(o//o) : homozygote récessif

Phénotype [o]

Conventions d'écriture du phénotype et du génotype

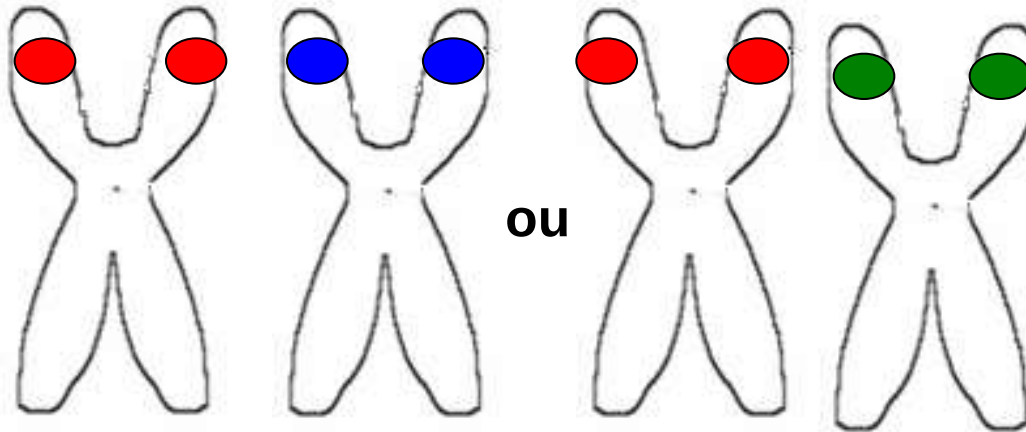
Phénotype **[A]**



Individu homozygote pour le gène
responsable des groupes sanguins

-  Allèle A
-  Allèle O
-  Allèle B

Dominance



Codominance

Phénotype **[A]**

Phénotype **[AB]**

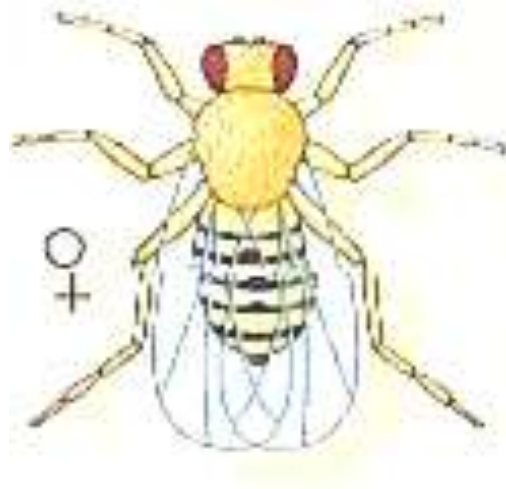
Individu hétérozygote pour le gène
responsable des groupes sanguins



**Drosophile de phénotype
récessif**

Phénotype [vg]

Génotype (vg//vg)



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

Génotype (vg+//vg+)

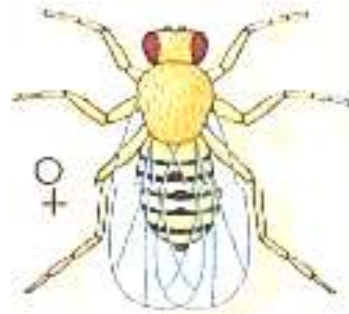
Génotype (vg+//vg)

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

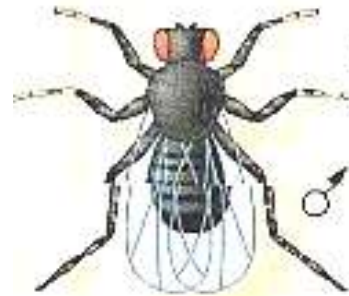
Croisement test

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

Génotype (n+//n?)



×

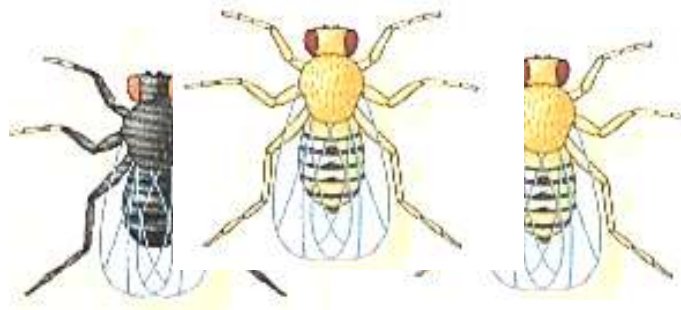


Drosophile homozygote
corps noir [n]

recessif)
mâle

Génotype (n//n)

2 phénotypes



50% [n+] 50% [n]

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

Les informations tirées du croisement test

Les **phénotypes** révèlent le **génotype** des individus F1



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

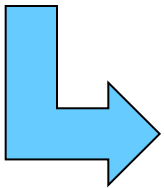


**On en déduit si les gènes
sont liés ou non**

Les informations tirées du croisement test

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)



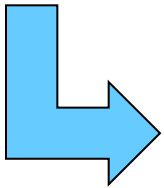
Génotype

★(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.

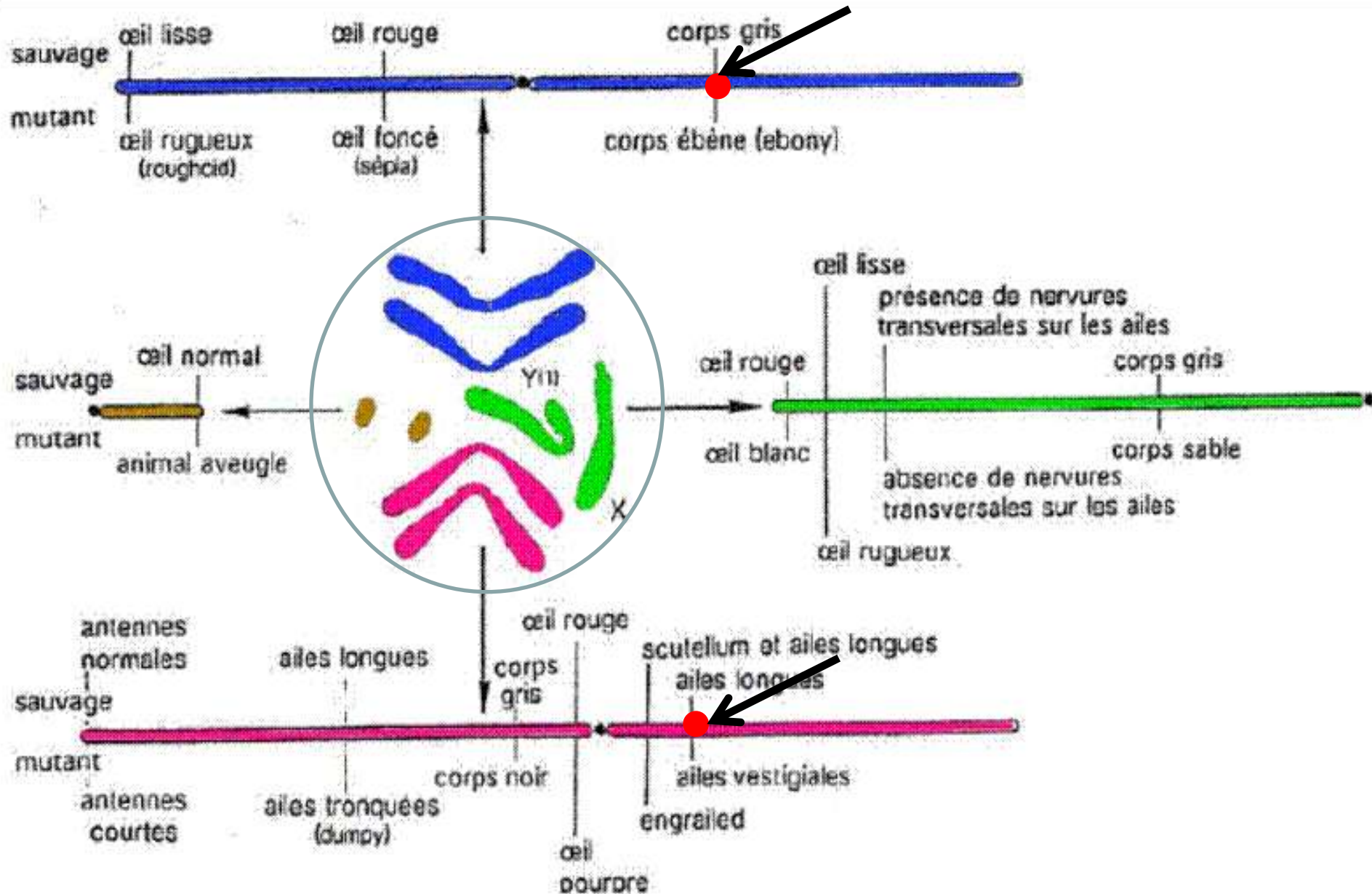
1°) Les mécanismes génétiques

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

1°) Déterminer le génotype d'un individu

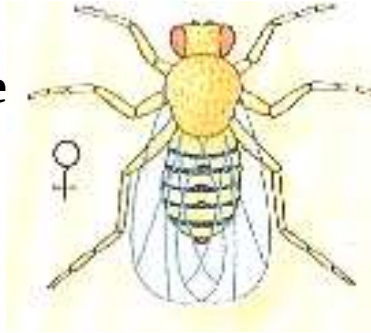
2°) Diversité liée au brassage inter-chromosomique

La carte génétique de la drosophile : localisation des deux gènes étudiés



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

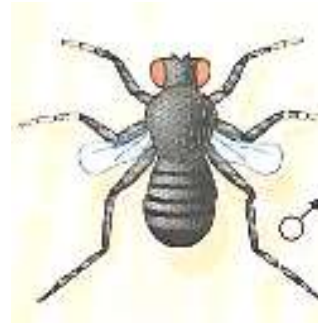
Femelle de lignée pure



(Vg+//Vg+, n+//n+)

×

mâle de lignée pure

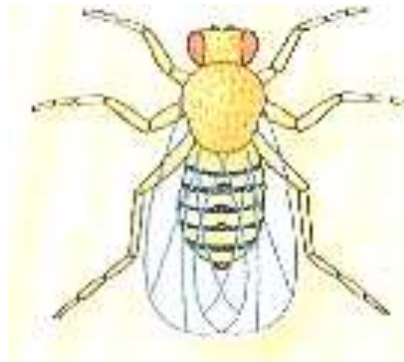


(Vg/Vg, n/n)



100 %

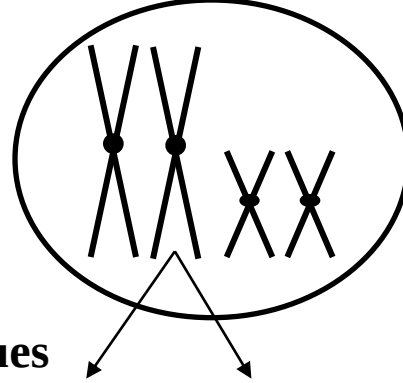
Hétérozygote



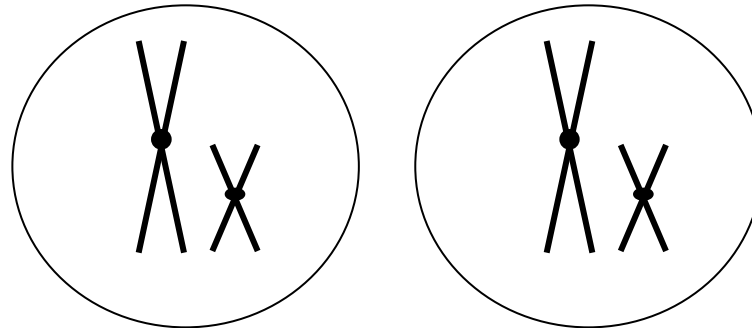
F1

(Vg+//Vg, n+//n)

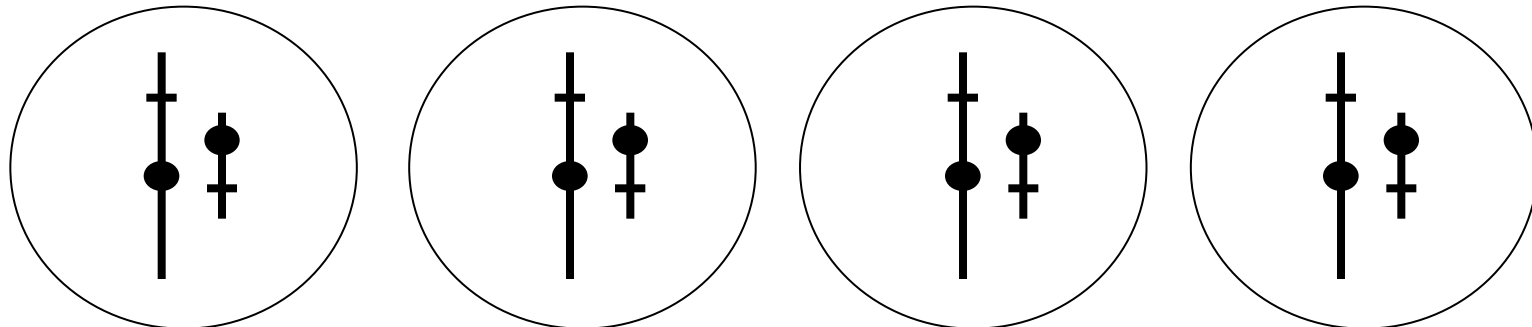
Rappel :



div. 1 : séparation des homologues



div. 2 séparation des chromatides

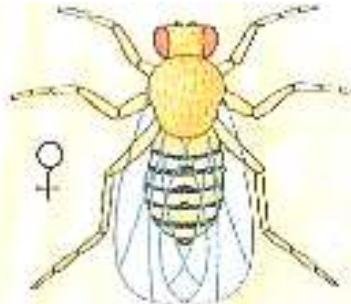


Test-cross de la F1

Test-cross

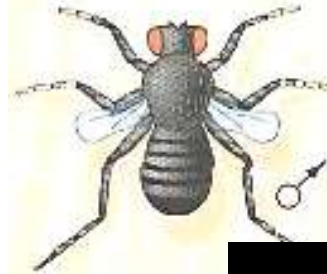


Hybride F₁
ailes longues [L]
corps gris [G]
femelle



×

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

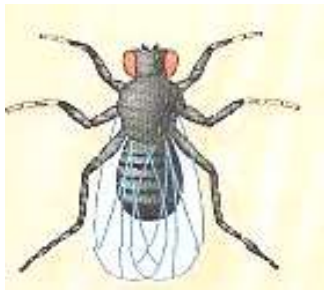


(Vg⁺//Vg, n⁺//n)

(Vg/Vg, n/n)

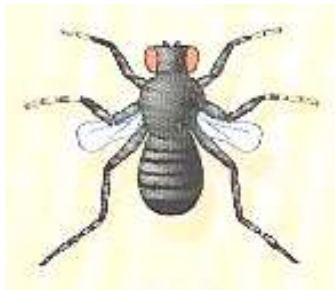


Quatre phénotypes



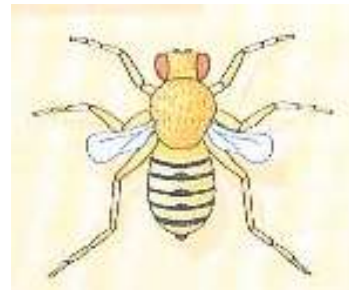
(Vg⁺//Vg, n/n)

25 %



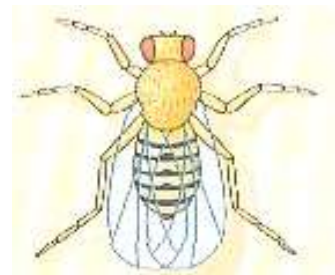
(Vg/Vg, n/n)

25 %



(Vg/Vg, n⁺//n)

25 %

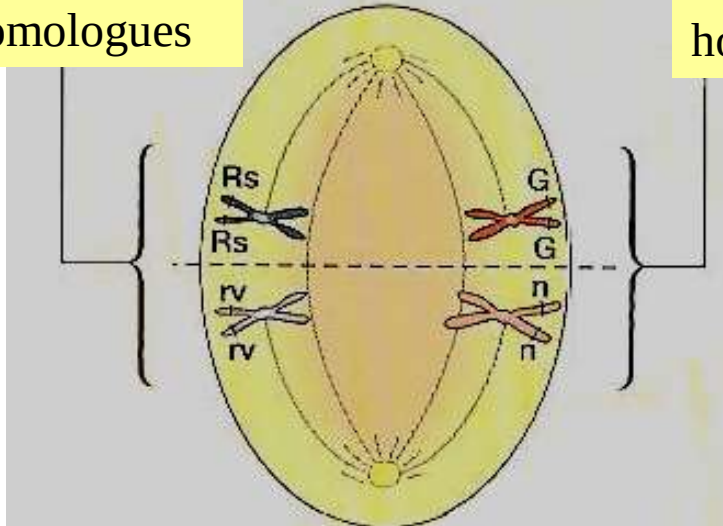


(Vg⁺//Vg, n⁺//n)

25 %

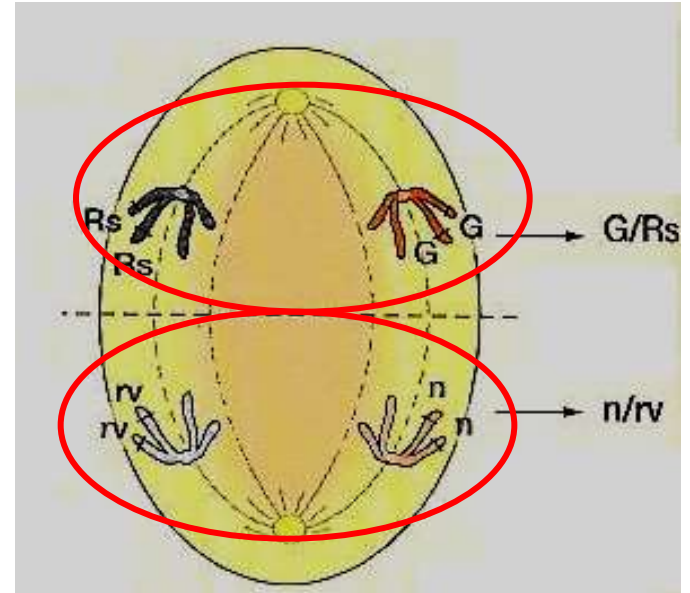
Brassage aléatoire des chromosomes division I

Chromosomes
homologues



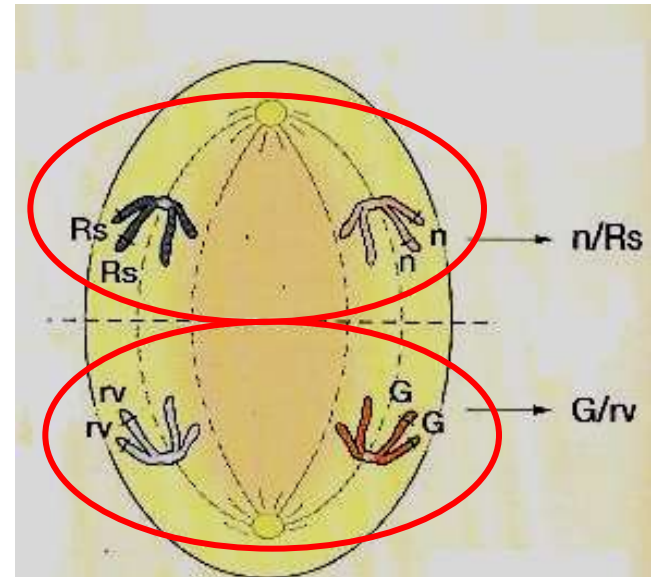
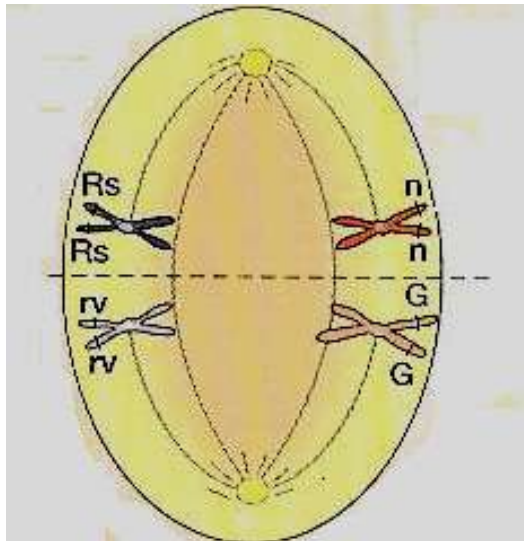
Métaphase

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



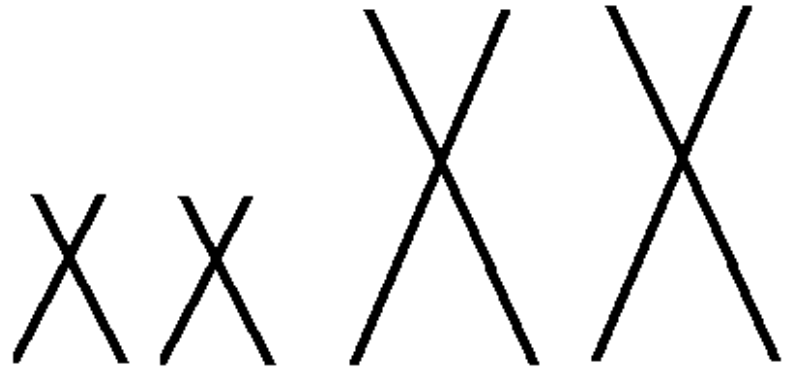
Phénotypes recombinés

exercice

- Faire les schémas des différentes étapes de la méiose mettant en évidence le brassage génétique.*

3 gènes :

- gène 1 : allèle A et allèle a
- gène 2 : allèle B et allèle b
- gène 3 : allèle C et allèle c



$$2n=4$$

Thème : Génétique et évolution.

Chapitre 2 : Mécanismes de diversification des êtres vivants.

1°) Les mécanismes génétiques

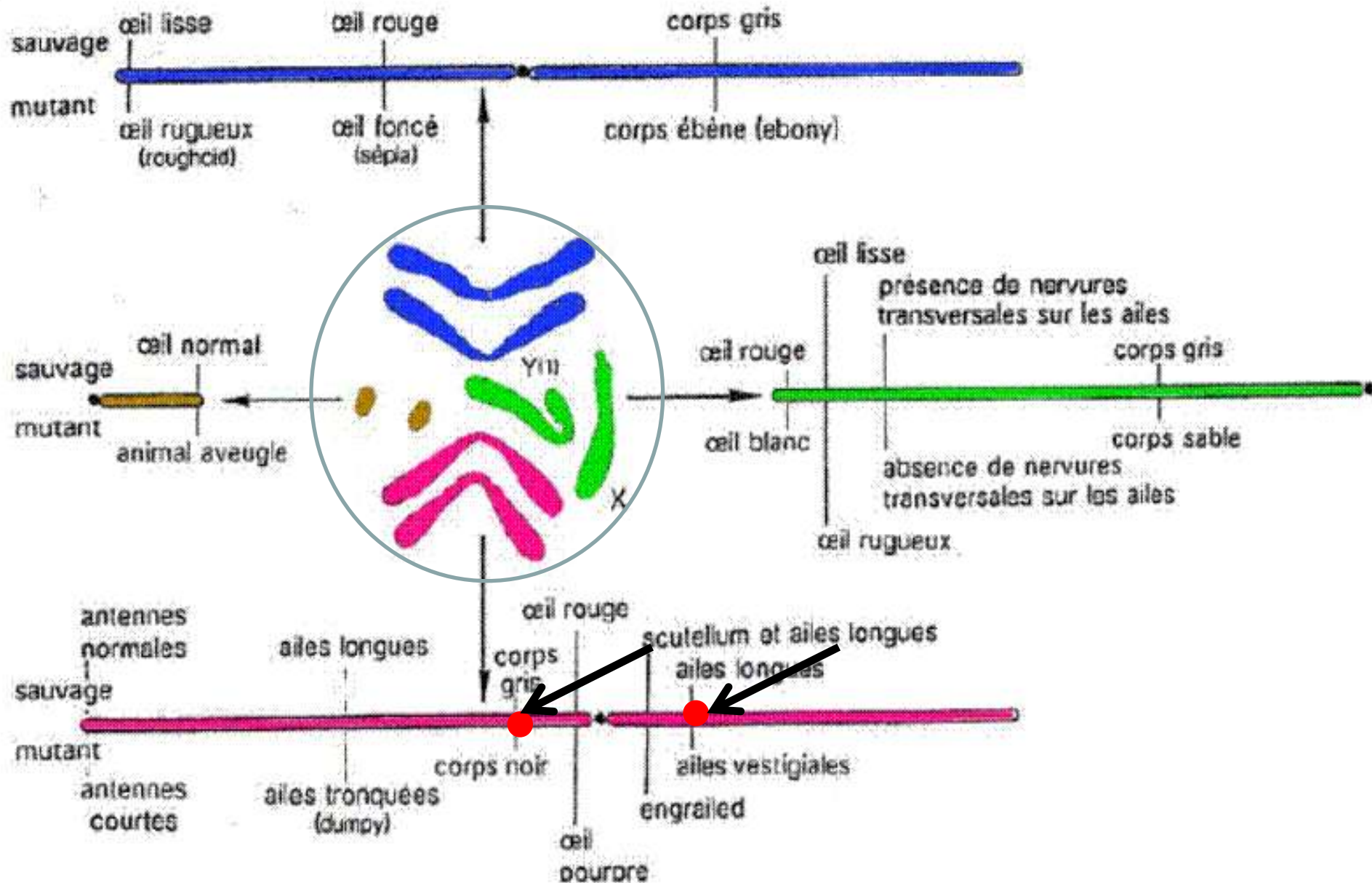
A°) Les brassages génétiques liés à la reproduction sexuée (méiose et fécondation)

1°) Déterminer le génotype d'un individu

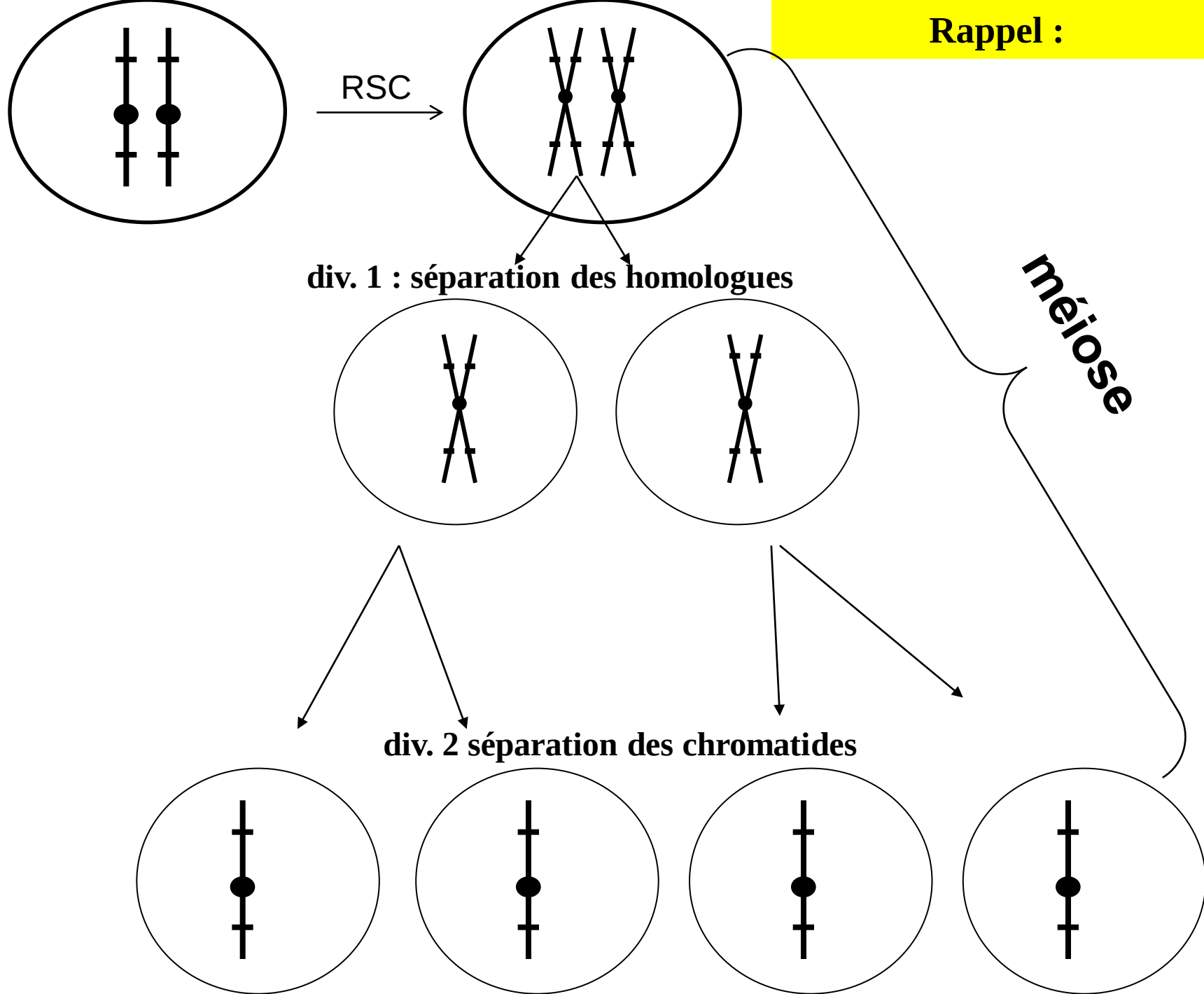
2°) Diversité liée au brassage inter-chromosomique

3°) Diversité liée au brassage intra-chromosomique

La carte génétique de la drosophile : localisation des deux gènes étudiés



Rappel :



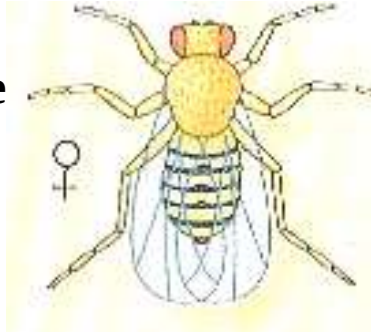
Analyse de résultats de croisements effectués chez la drosophile. (Pour des caractères codés par des gènes liés)

Longueur des ailes : Vg^+ pour ailes longues, Vg pour vestigiales

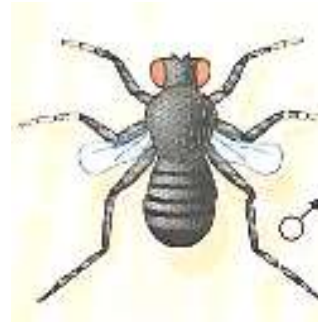
Couleur : n^+ pour gris-jaune, n pour noire

Femelle de lignée pure

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



×



mâle de lignée pure

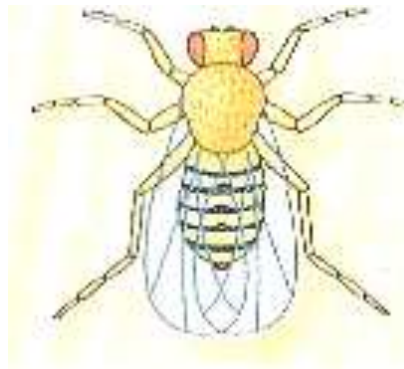
Vg/Vg
 n/n



100 %

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

Hétérozygote

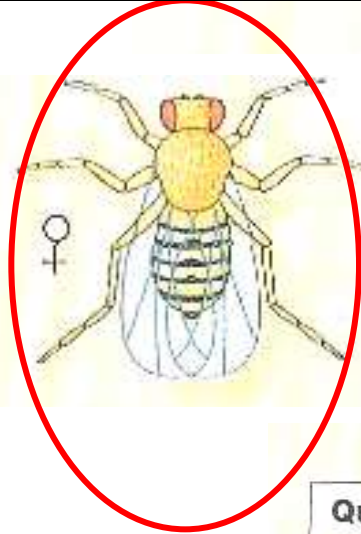


F1

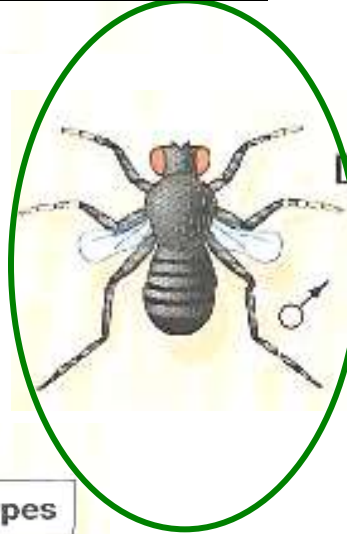
80% de phénotypes parentaux

20% de phénotypes recombinés

Hybride F₁
 Vg^{+}/Vg
 n^{+}/n



×



Drosophile homozygote
ail

Vg/Vg
 n/n

Quatre phénotypes

Vg^{+}/Vg
 n/n



9 %
ailes longues
corps noir

Vg/Vg
 n/n



41 %
ailes vestigiales
corps noir

Vg/Vg
 n^{+}/n



9 %
ailes vestigiales
corps gris

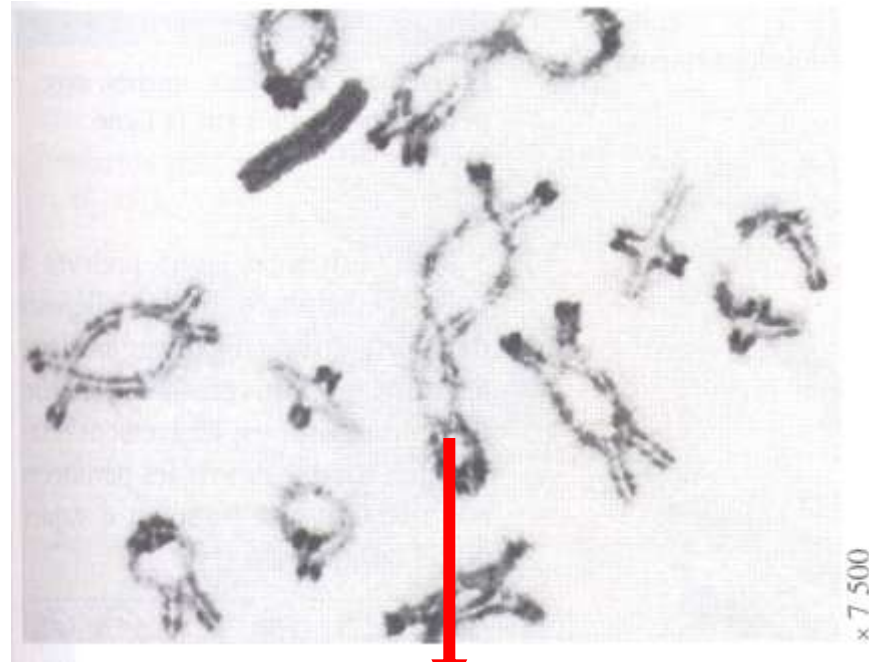
Vg^{+}/Vg
 n^{+}/n



41 %
ailes longues
corps gris

Prophase de la 1^{ère} division méiotique

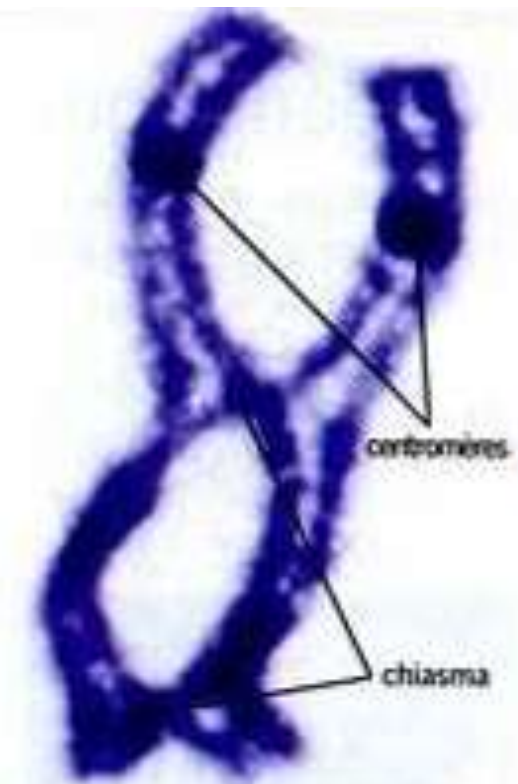
**Appariement des
chromosomes
homologues**



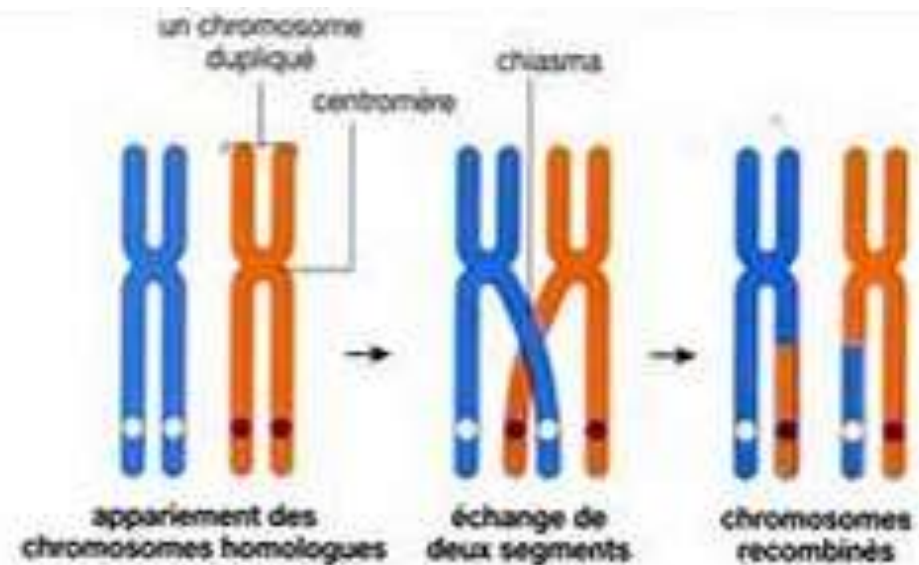
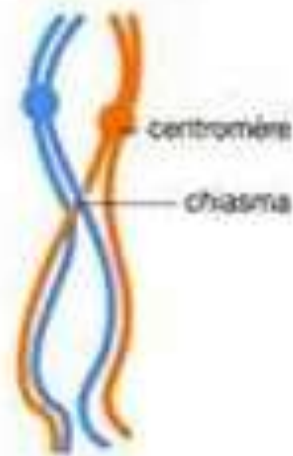
Chiasmata



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

Thème : Génétique et évolution.

Chapitre 2 : Mécanismes de diversification des êtres vivants.

1°) Les mécanismes génétiques

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

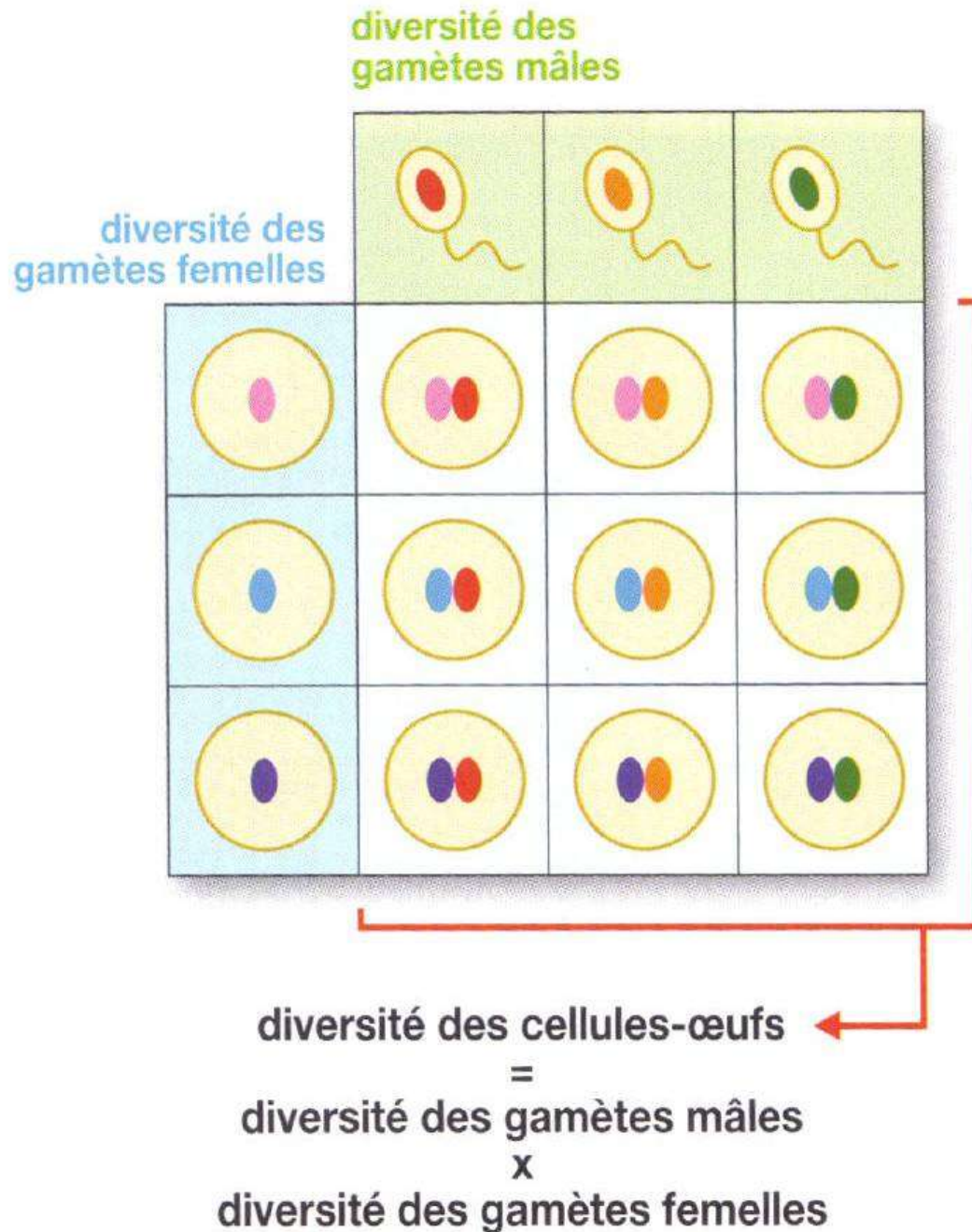
1°) Déterminer le génotype d'un individu

2°) Diversité liée au brassage intra-chromosomique

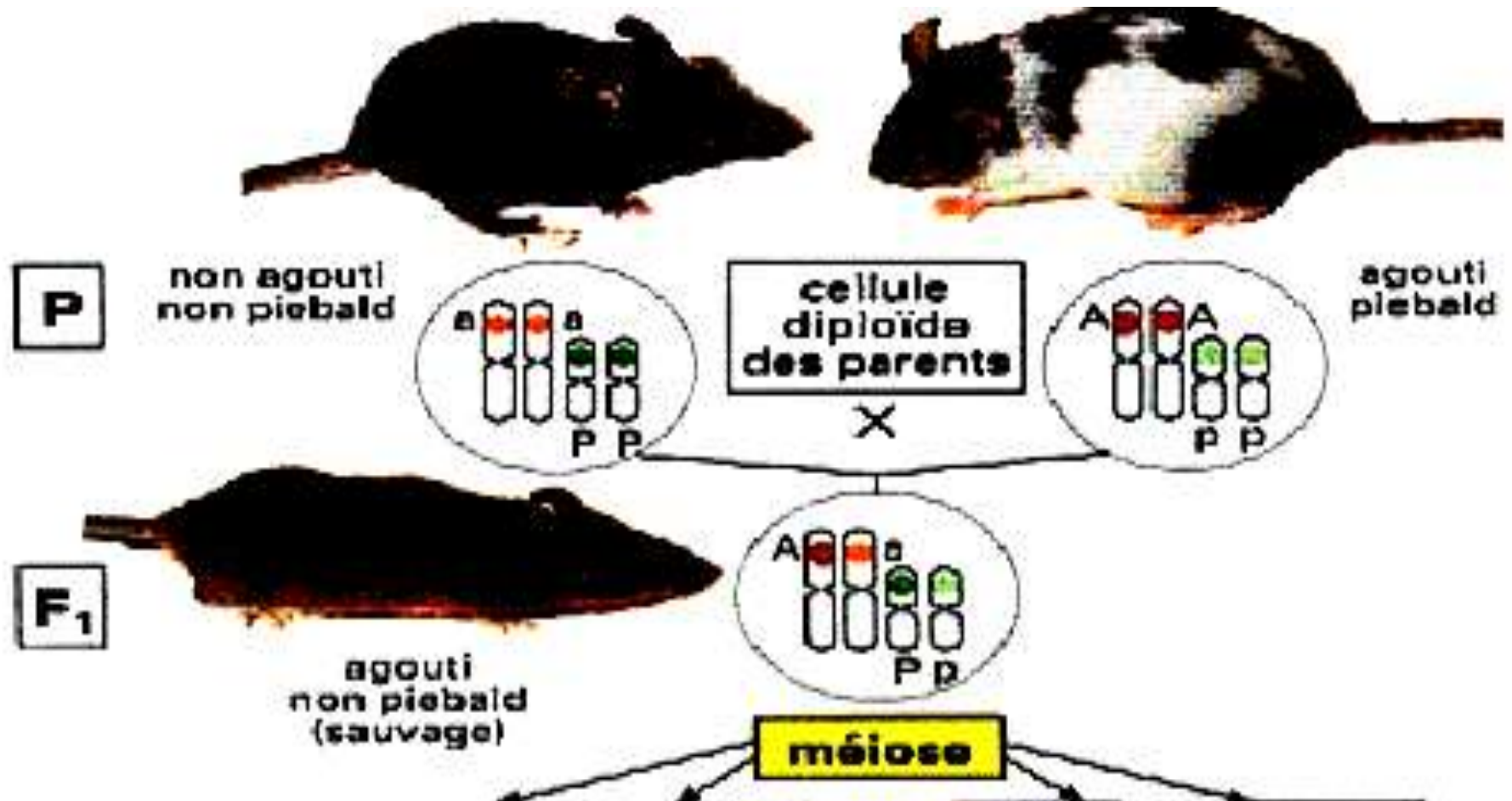
3°) Diversité liée au brassage inter-chromosomique

4°) Diversité liée à la fécondation

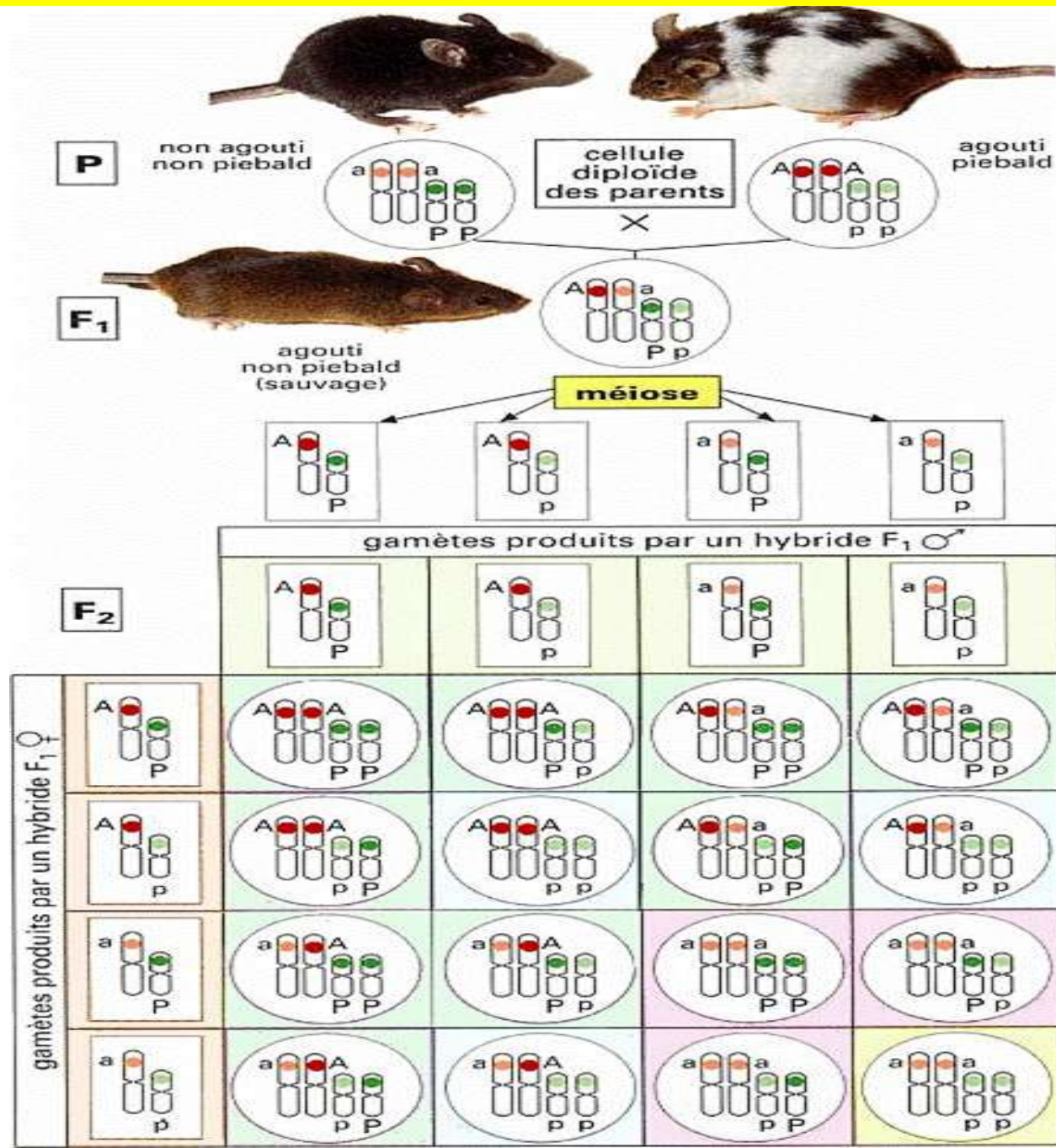
La fécondation amplifie le brassage génétique



F1 issue d'un croisement de deux lignées pures (2 gènes non liés)



F2 issue d'un croisement de deux lignées pures (2 gènes non liés)



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.

1°) Les mécanismes génétiques

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

1°) Déterminer le génotype d'un individu

2°) Diversité liée au brassage intra-chromosomique

3°) Diversité liée au brassage inter-chromosomique

4°) Diversité liée à la fécondation

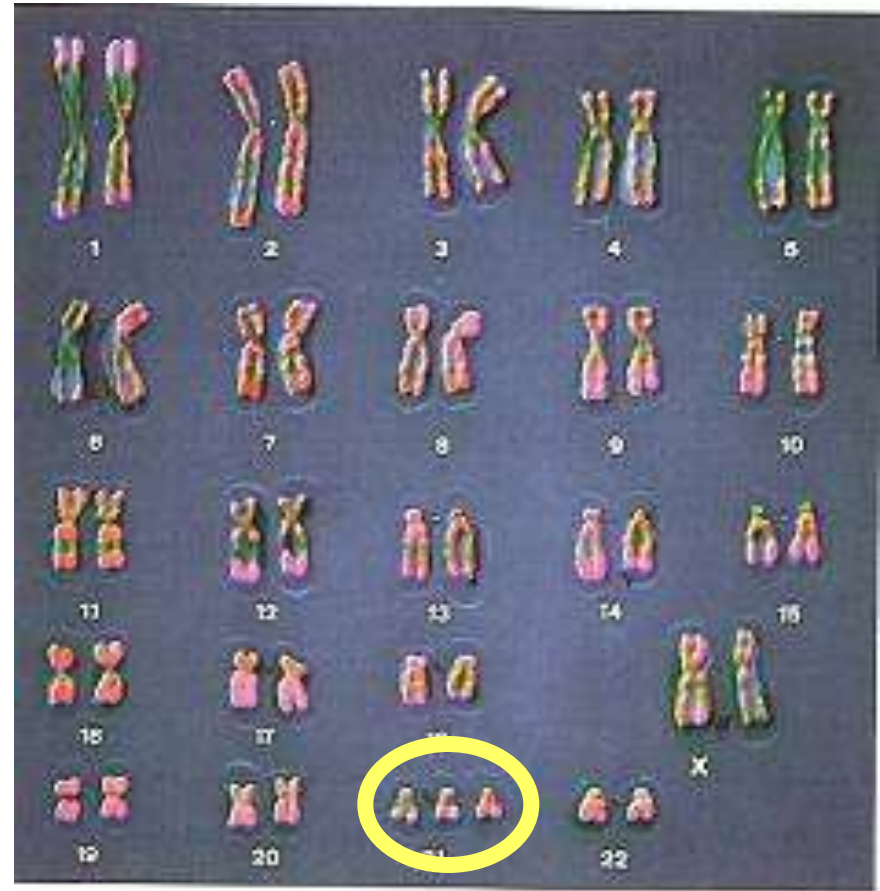
B°) Les conséquences des anomalies de la méiose

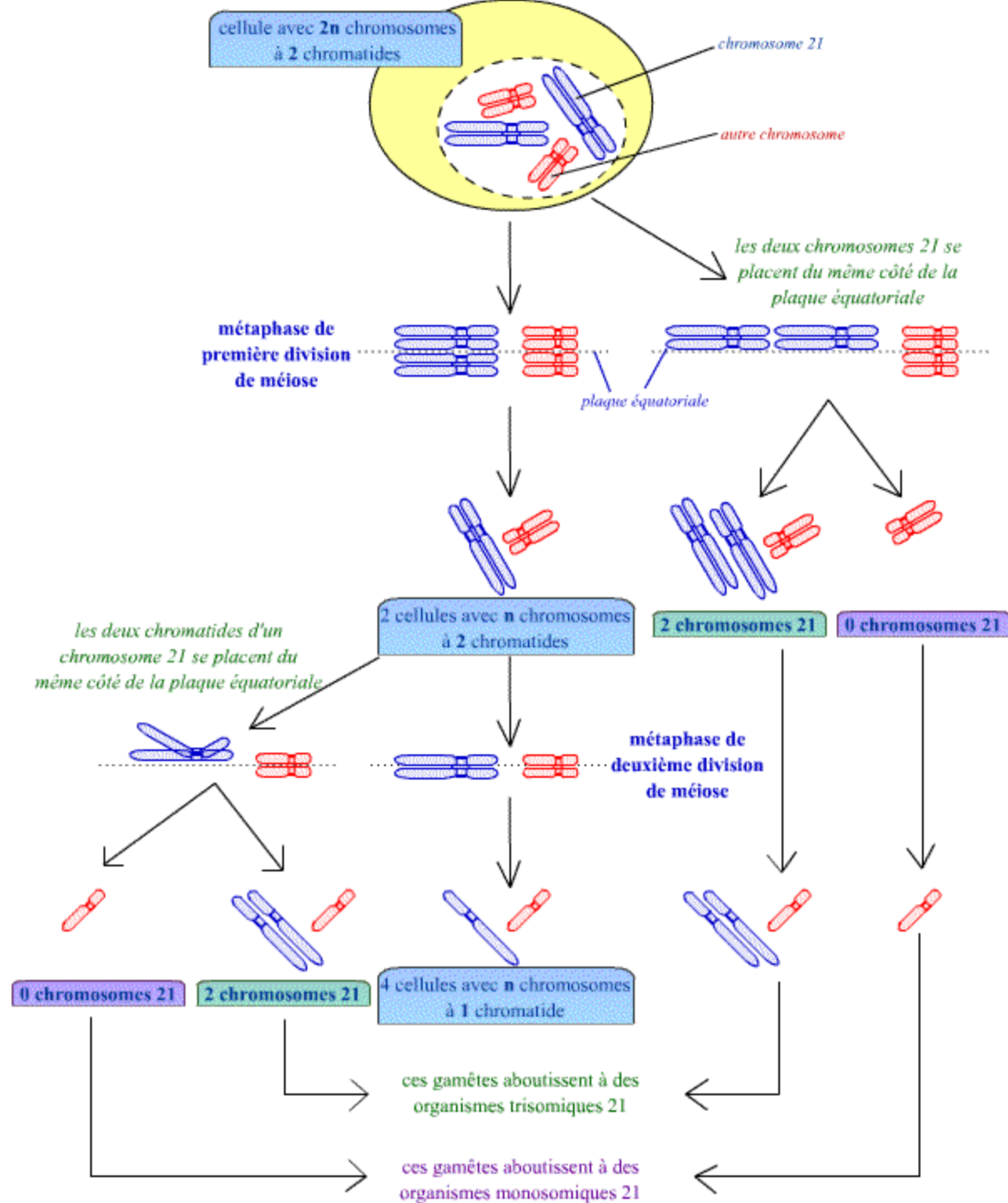
1°) Les anomalies du caryotype

Exemple de la trisomie 21



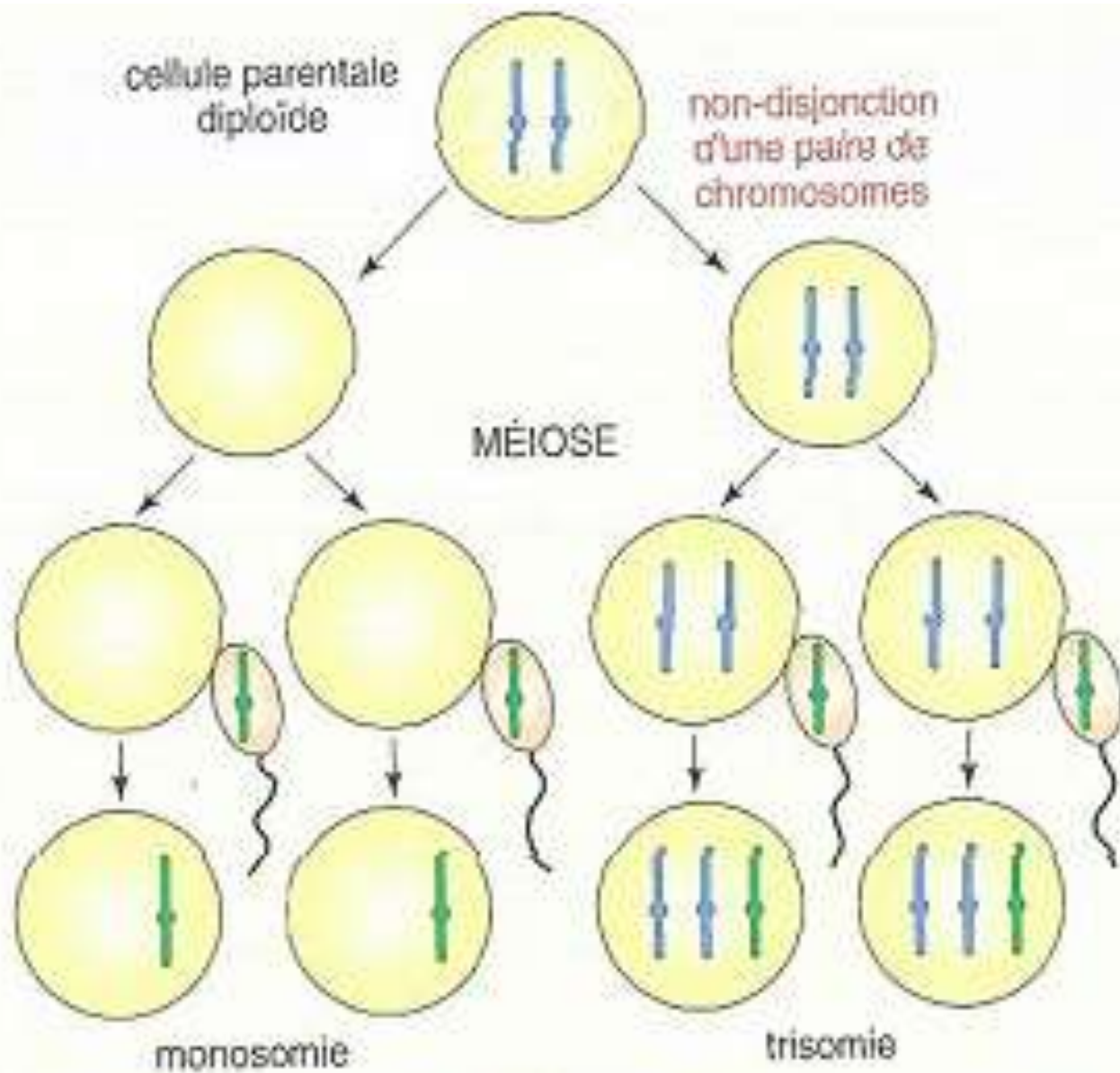
Un enfant sur 700





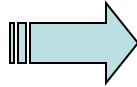
Origine des anomalies chromosomiques

Fécondation



Fréquence des anomalies chromosomiques

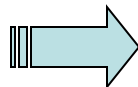
maternelle



1ere division : 61,7%

2ème division : 15,3%

Paternelle



1ere division : 11,8%

2ème division : 11,2%

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 normale
- Développement intellectuel le + souvent normal



Thème : Génétique et évolution.

Chapitre 2 : Mécanismes de diversification des êtres vivants.

1°) Les mécanismes génétiques

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

1°) Déterminer le génotype d'un individu

2°) Diversité liée au brassage intra-chromosomique

3°) Diversité liée au brassage inter-chromosomique

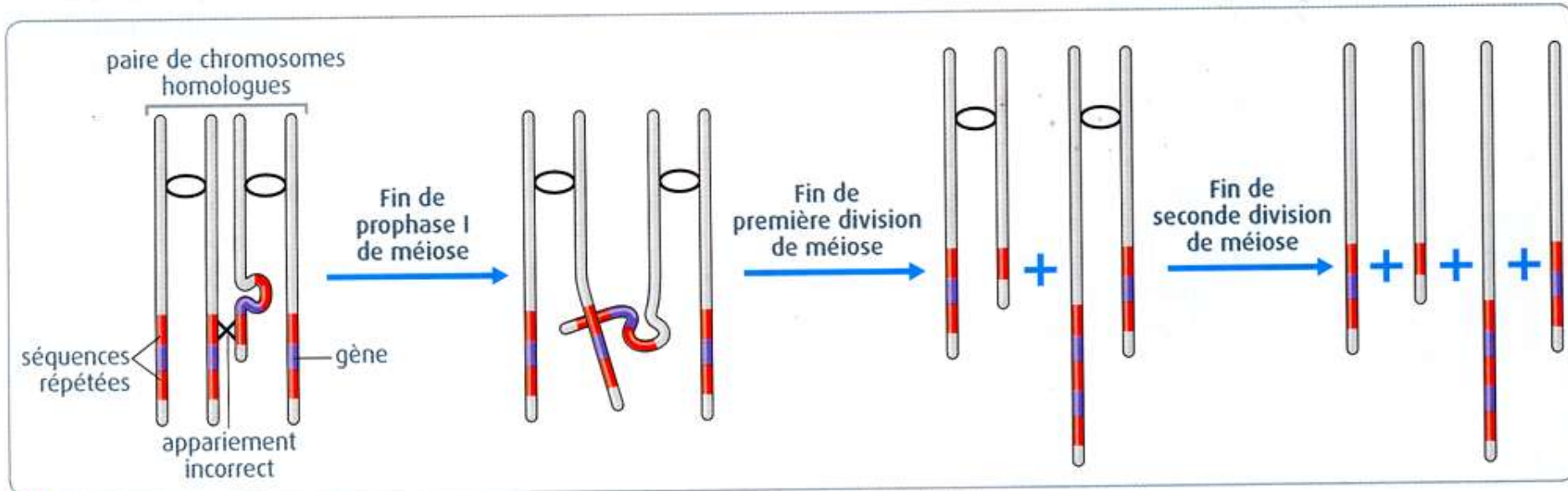
4°) Diversité liée à la fécondation

B°) Les conséquences des anomalies de la méiose

1°) Les anomalies du caryotype

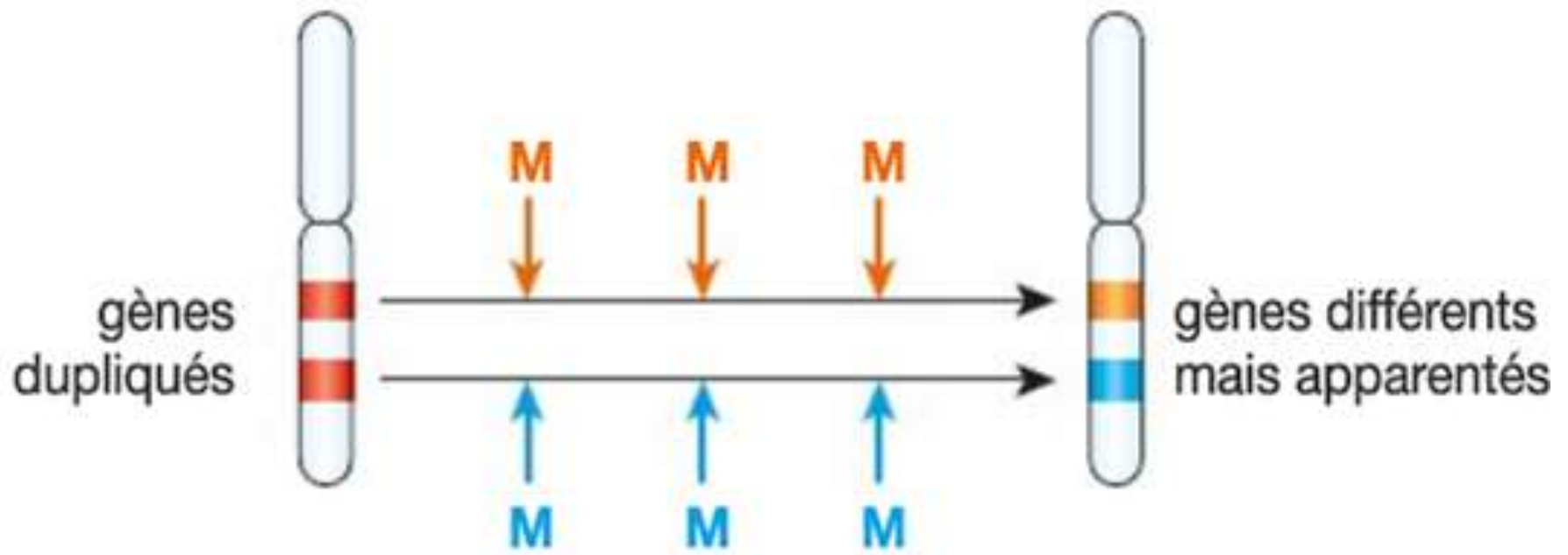
2°) L'enrichissement du génome

Le crossing-over inégal



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.

La formation d'une famille multigénique

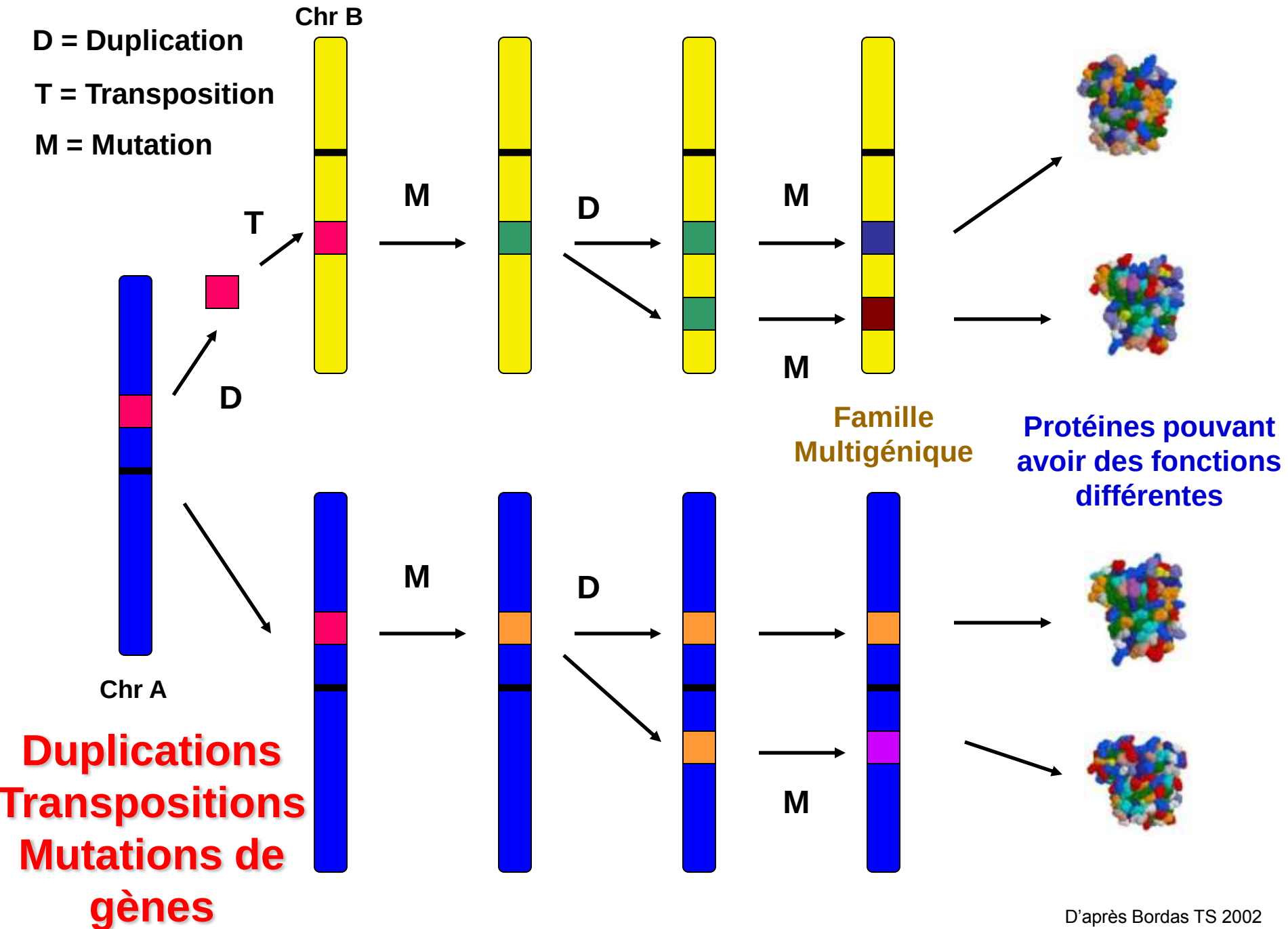


M = mutations ponctuelles

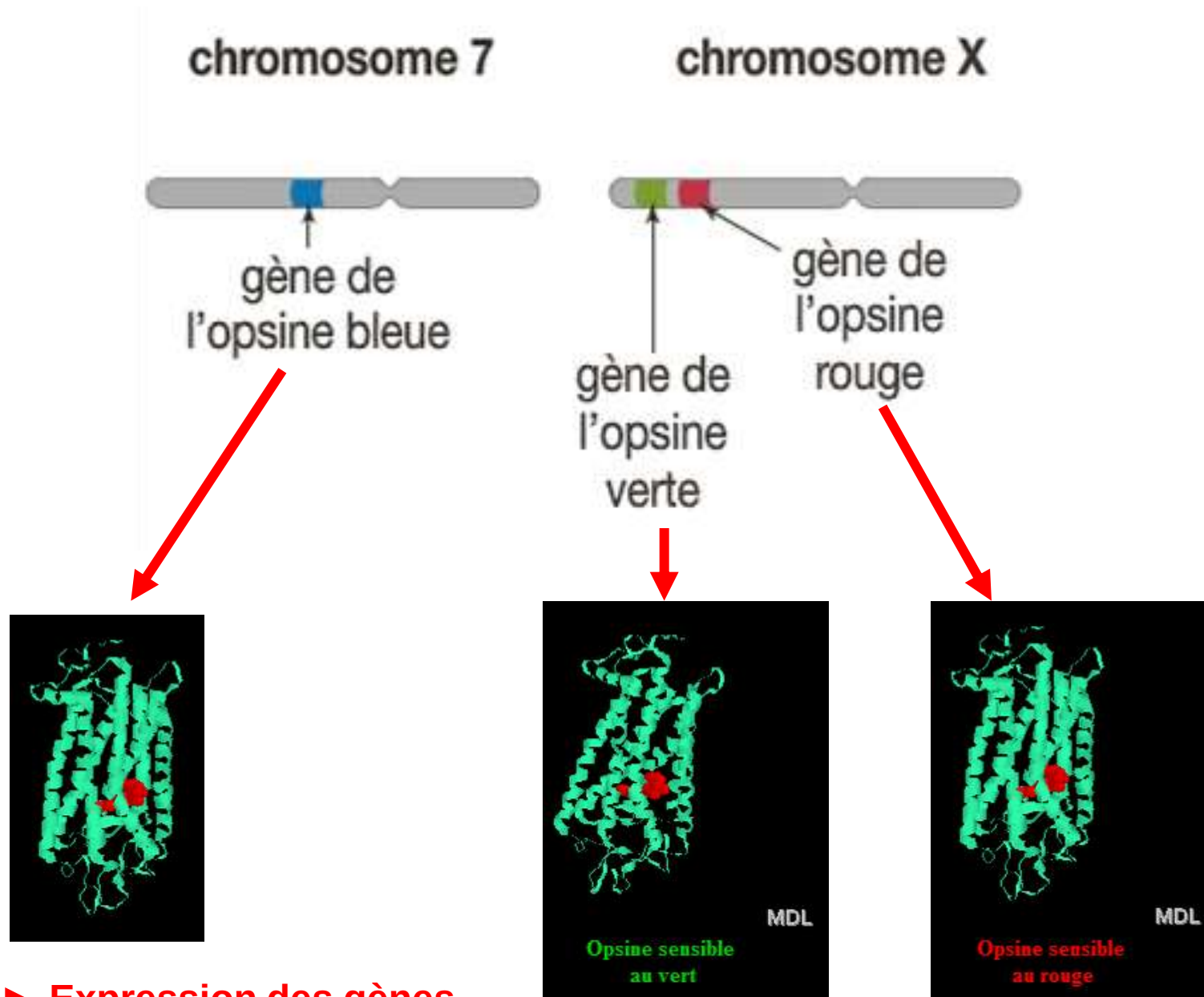
D = Duplication

T = Transposition

M = Mutation



Exemple de la famille des opsines



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.

1°) Les mécanismes génétiques

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

1°) Déterminer le génotype d'un individu

2°) Diversité liée au brassage intra-chromosomique

3°) Diversité liée au brassage inter-chromosomique

4°) Diversité liée à la fécondation

B°) Les conséquences des anomalies de la méiose

1°) Les anomalies du caryotype

2°) L'enrichissement du génome

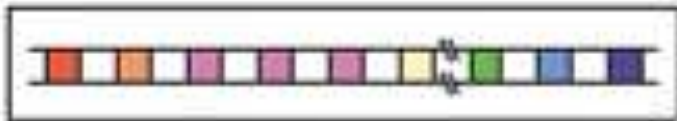
C°) Les modifications de l'expression des gènes

1°) Les gènes du développement

Qu'est-ce qu'un gène de développement ?

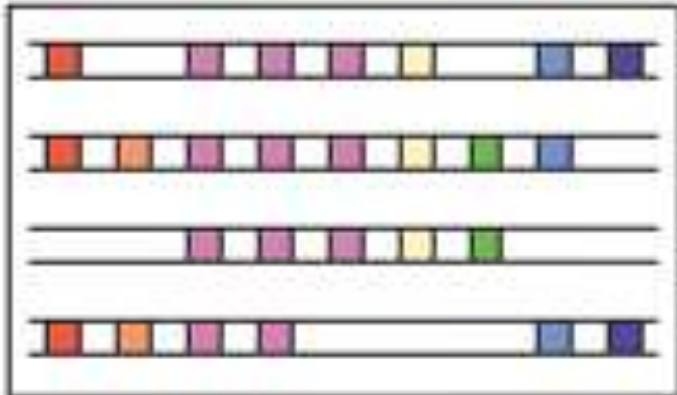
Organisation des complexes de gènes homéotiques et leurs domaines d'expression chez trois animaux

Disposition des gènes sur les chromosomes

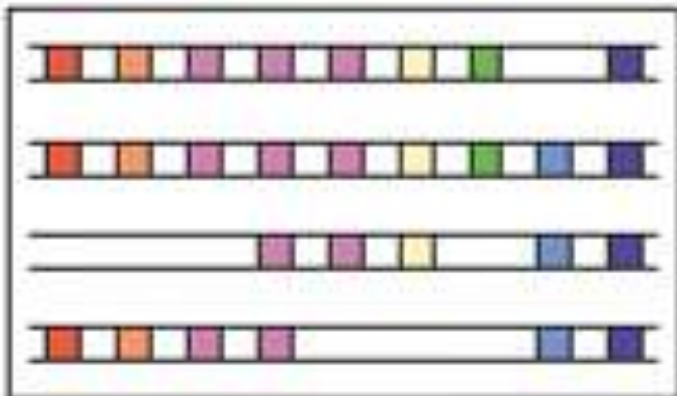
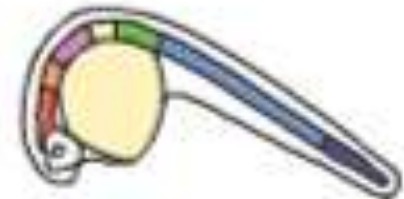


drosophile

Régions où les gènes s'expriment



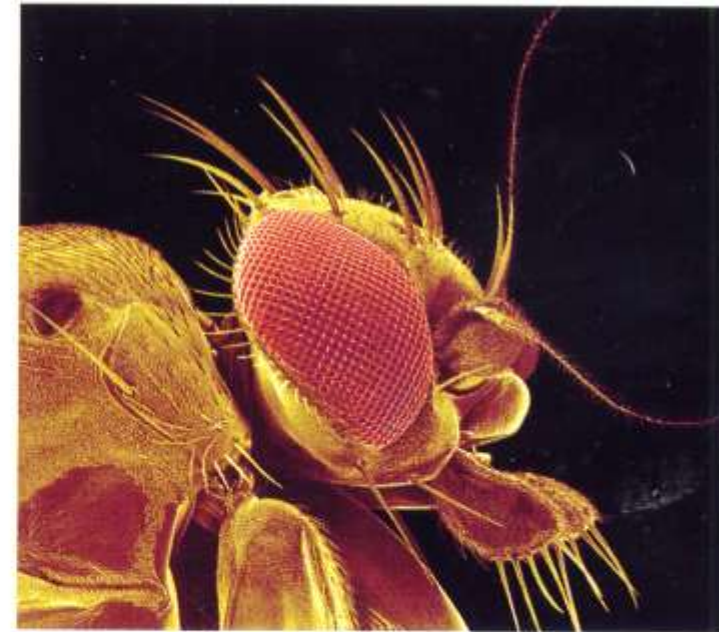
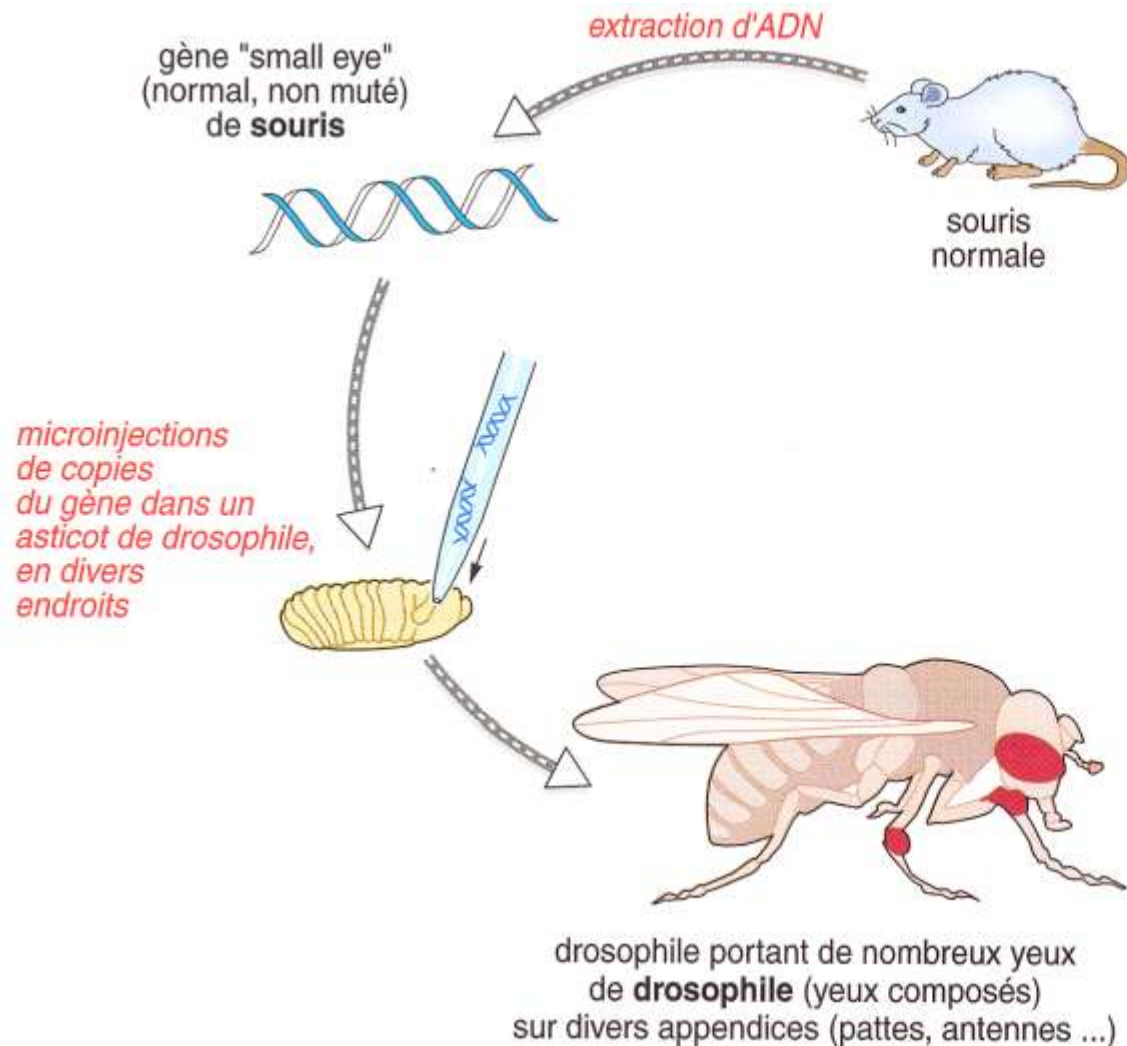
poisson zèbre (embryon)



souris (embryon)

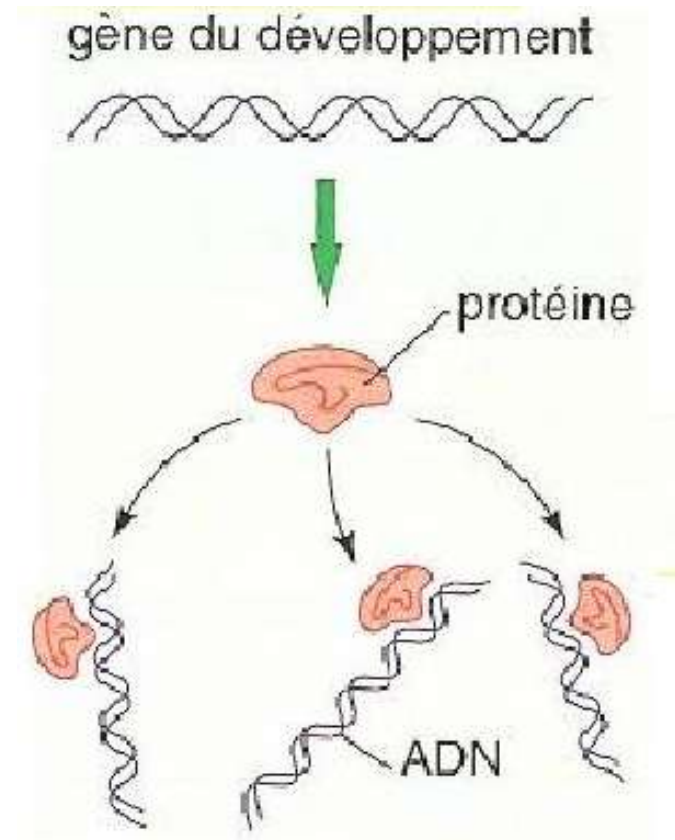
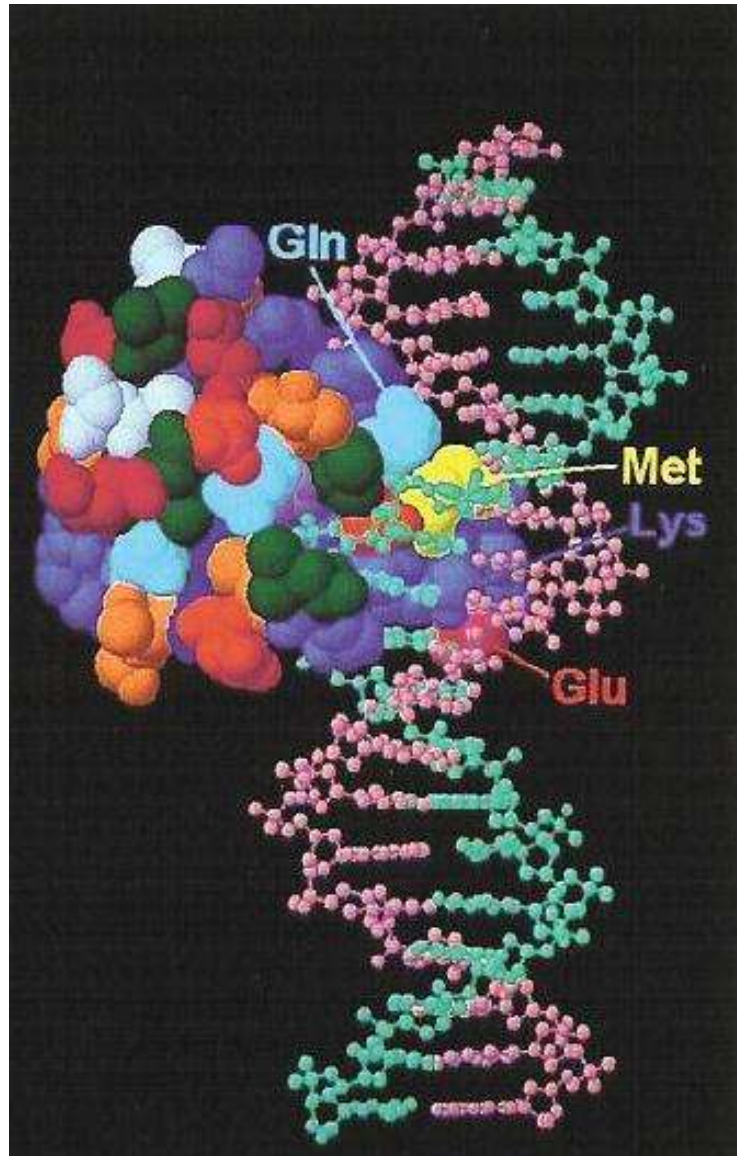


Résultat d'une expérience de transgénèse



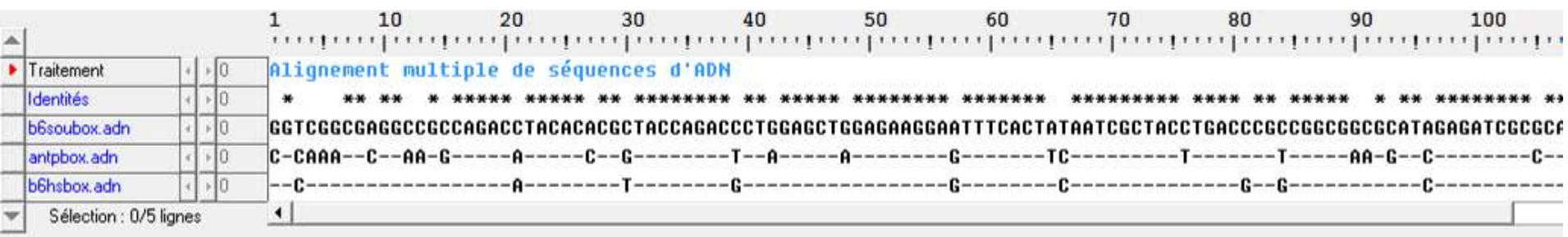
L'œil de drosophile est un organe complexe. C'est un œil d'insecte, très différent de celui des mammifères ; il est qualifié de « composé » car constitué de multiples facettes. On estime qu'au moins 2 500 gènes différents interviennent pour diriger la fabrication par les cellules des différents matériaux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

Résultat d'une expérience de transgénèse



**Synthèse de toutes les protéines
nécessaires à la formation de
l'œil**

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



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

Forte homologie de séquence (>> 20 %)

Ces gènes dérivent d'un gène ancestral commun

Thème : Génétique et évolution.

Chapitre 2 : Mécanismes de diversification des êtres vivants.

1°) Les mécanismes génétiques

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

1°) Déterminer le génotype d'un individu

2°) Diversité liée au brassage intra-chromosomique

3°) Diversité liée au brassage inter-chromosomique

4°) Diversité liée à la fécondation

B°) Les conséquences des anomalies de la méiose

1°) Les anomalies du caryotype

2°) L'enrichissement du génome

C°) Les modifications de l'expression des gènes

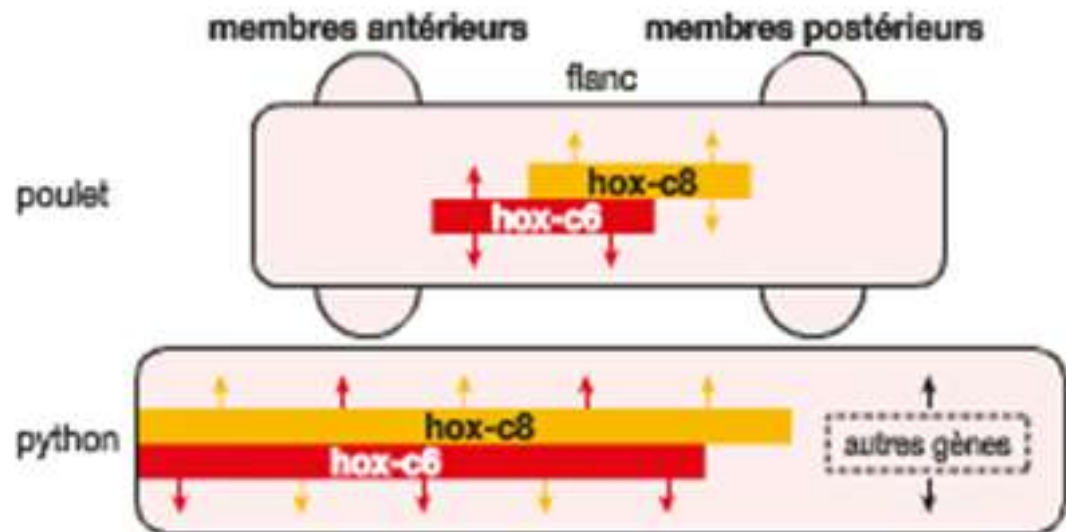
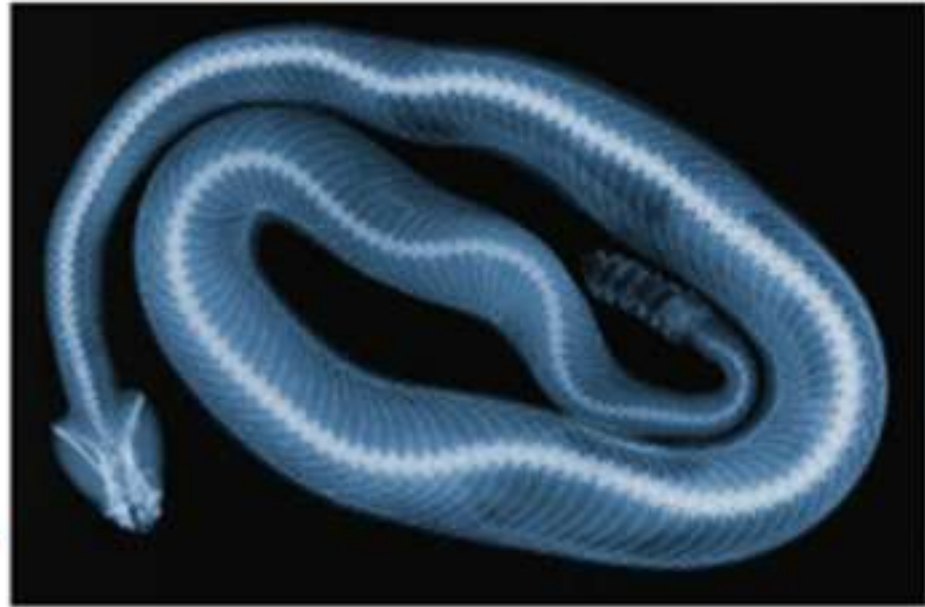
1°) Les gènes du développement

2°) Modifications de l'expression des gènes du développement

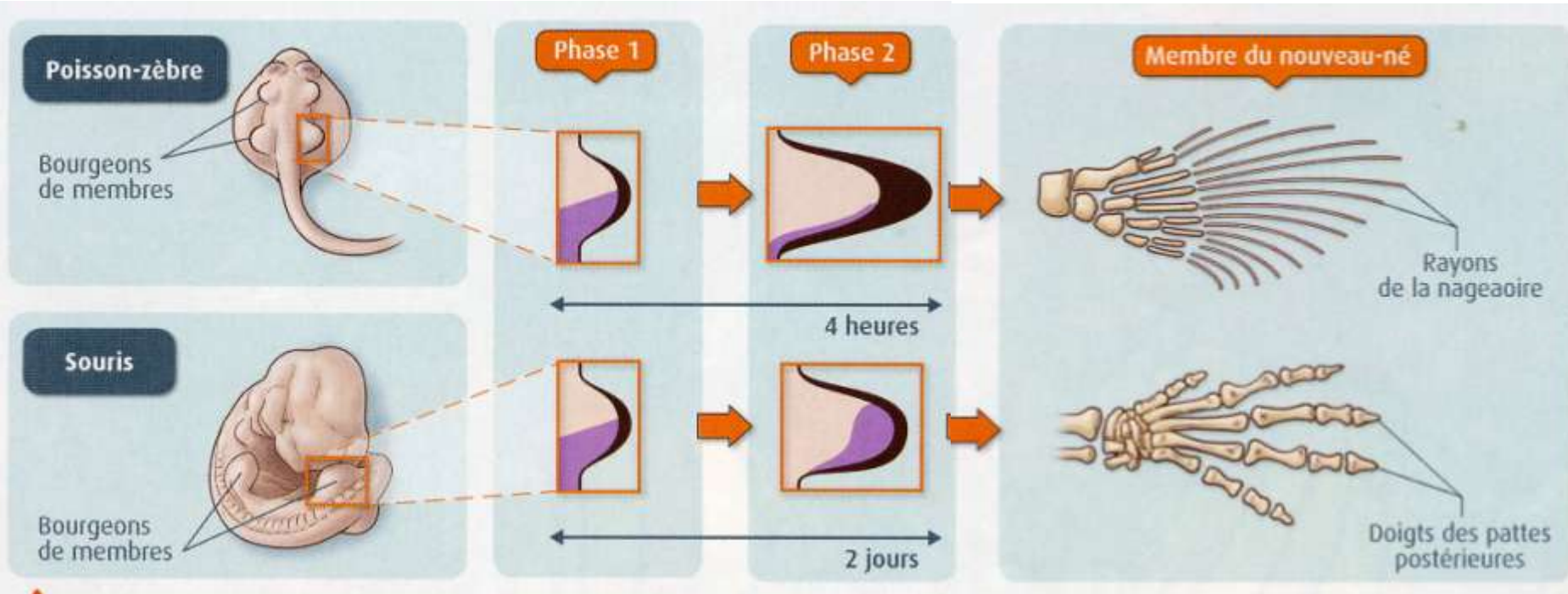
Exemples de modifications du territoire d'expression de certains gènes du développement

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

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

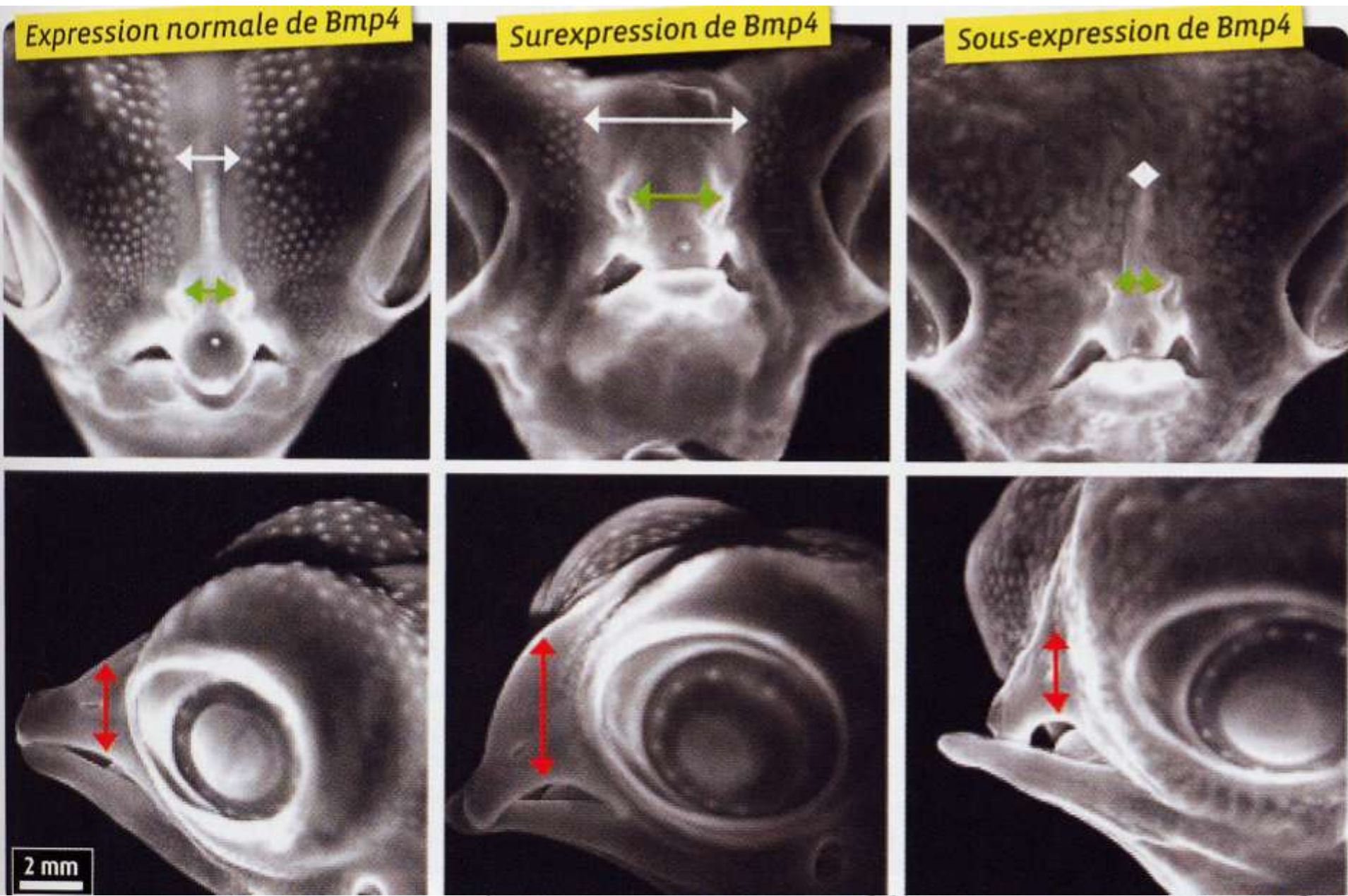


Modification du territoire d'expression de gènes du développement chez la souris



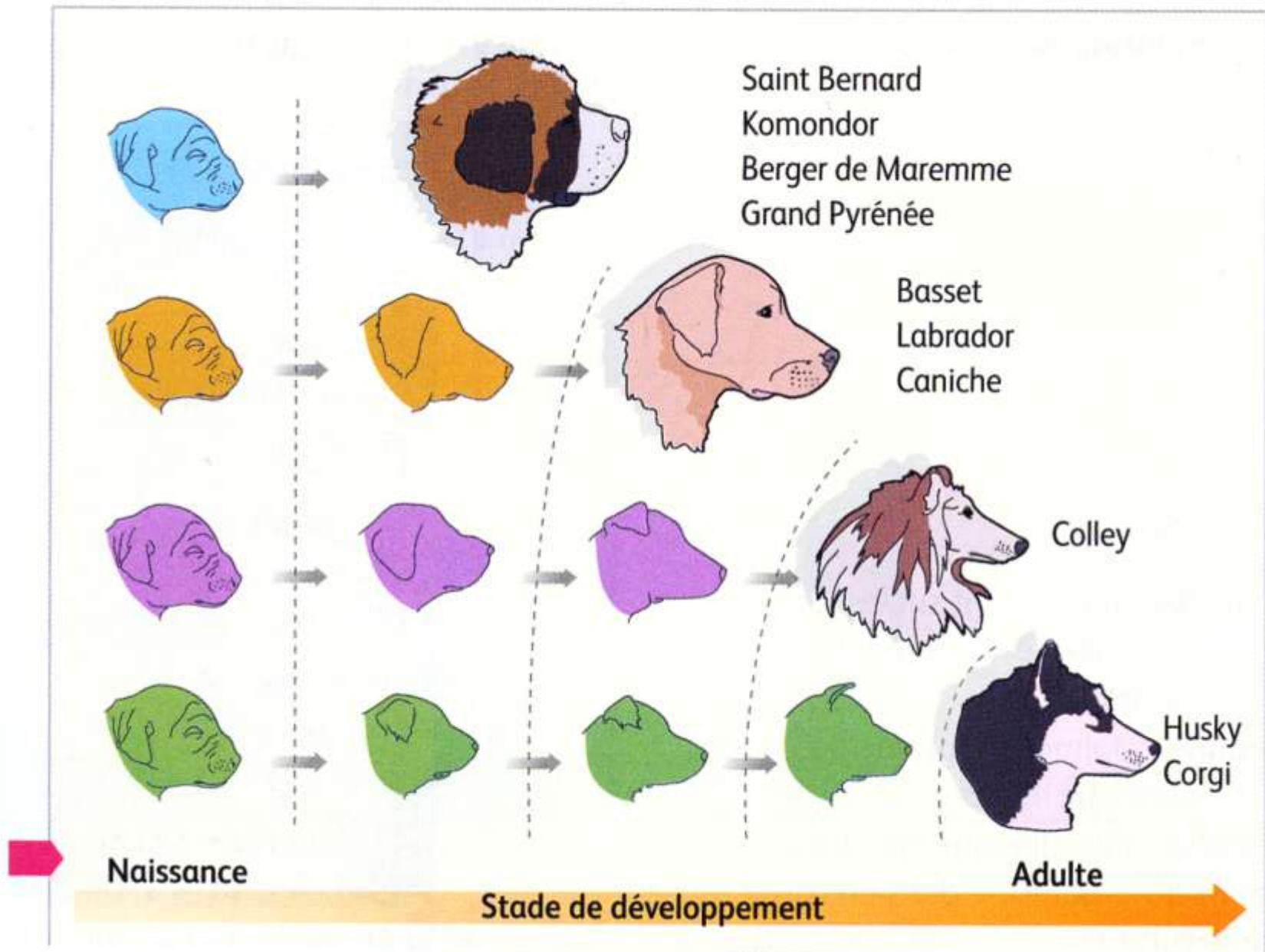
Exemple de modifications de
l'intensité d'expression de certains
gènes du développement

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



ête



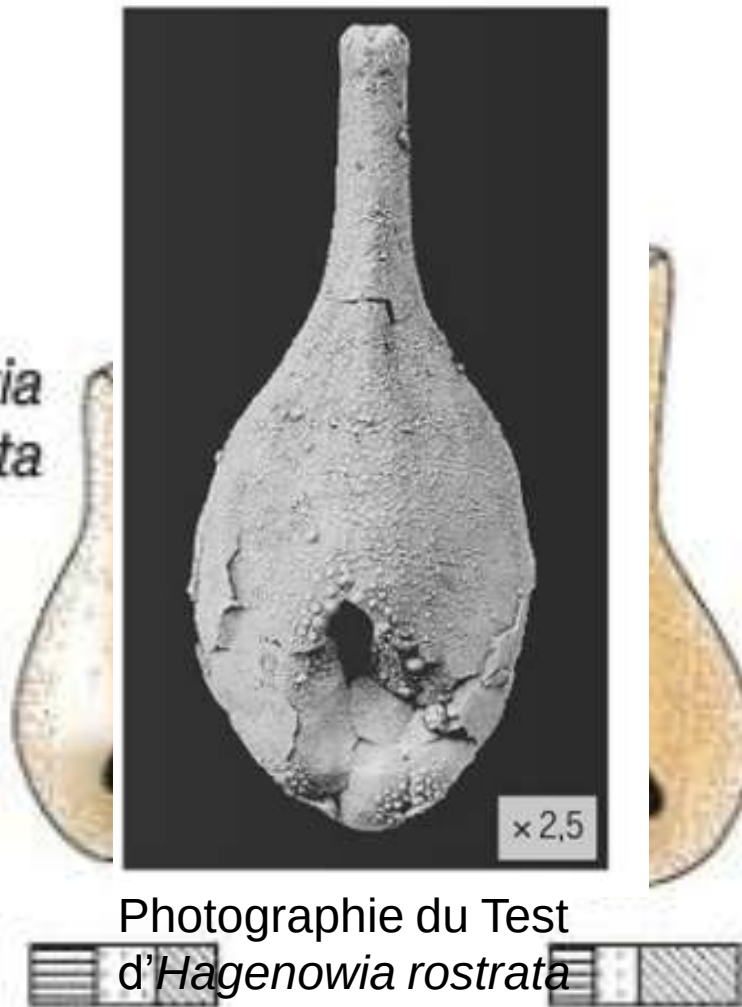
phase juvénile phase adulte

Hétérochronie chez l'oursin

*Hagenowia
rostrata*

0,5 cm

Durées relatives
des 3 stades du
développement



*Hagenowia
blackmorei*



Hétérochronie chez l'Axolotl



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°) déterminer le génotype d'un individu

2°) diversité liée au brassage intra-chromosomique

3°) diversité liée au brassage inter-chromosomique

4°) diversité liée à la fécondation

B°) Les conséquences des anomalies de la méiose

1°) Les anomalies du caryotype

2°) L'enrichissement du génome

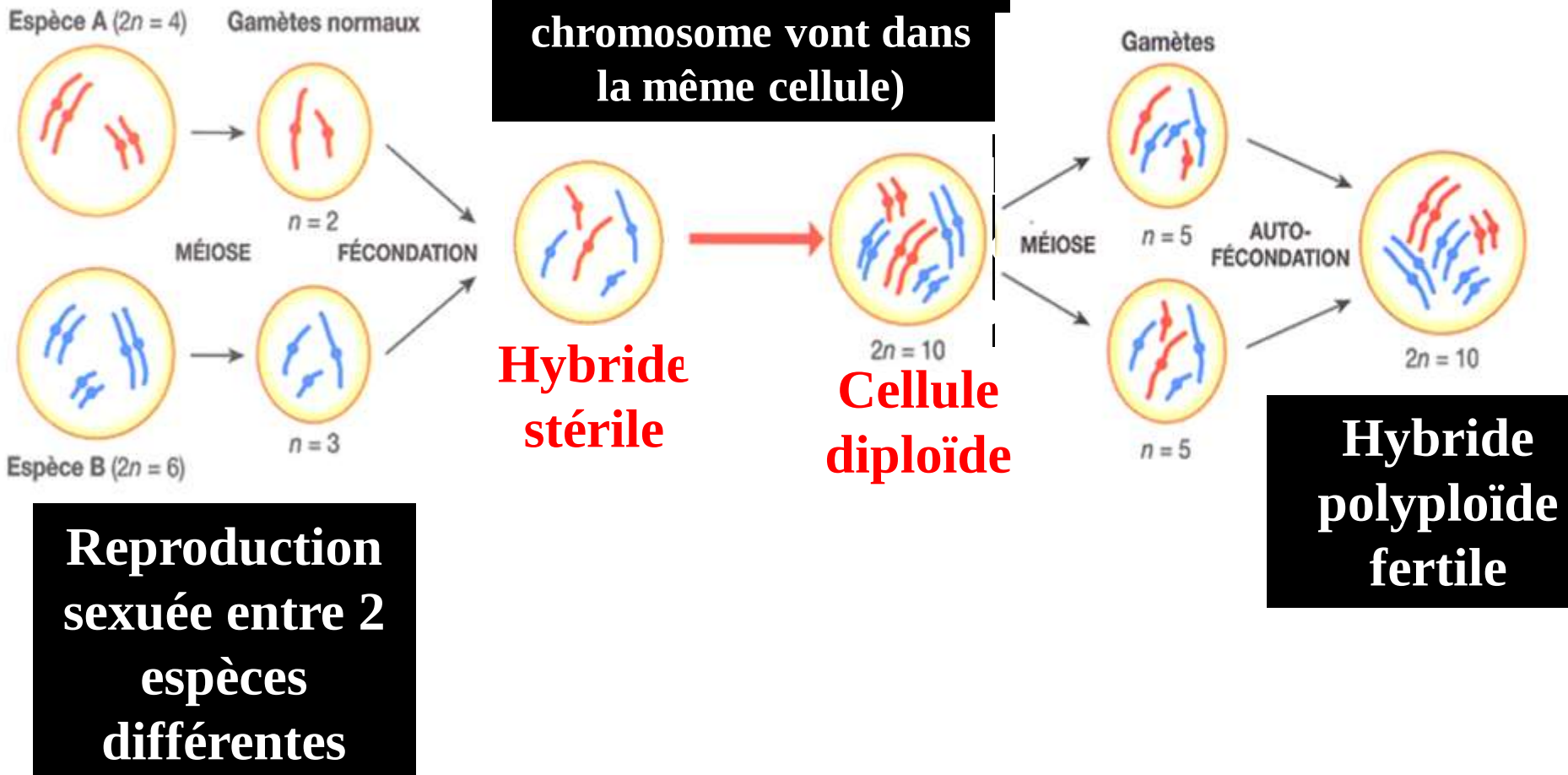
C°) Les modifications de l'expression des gènes

1°) Les gènes du développement

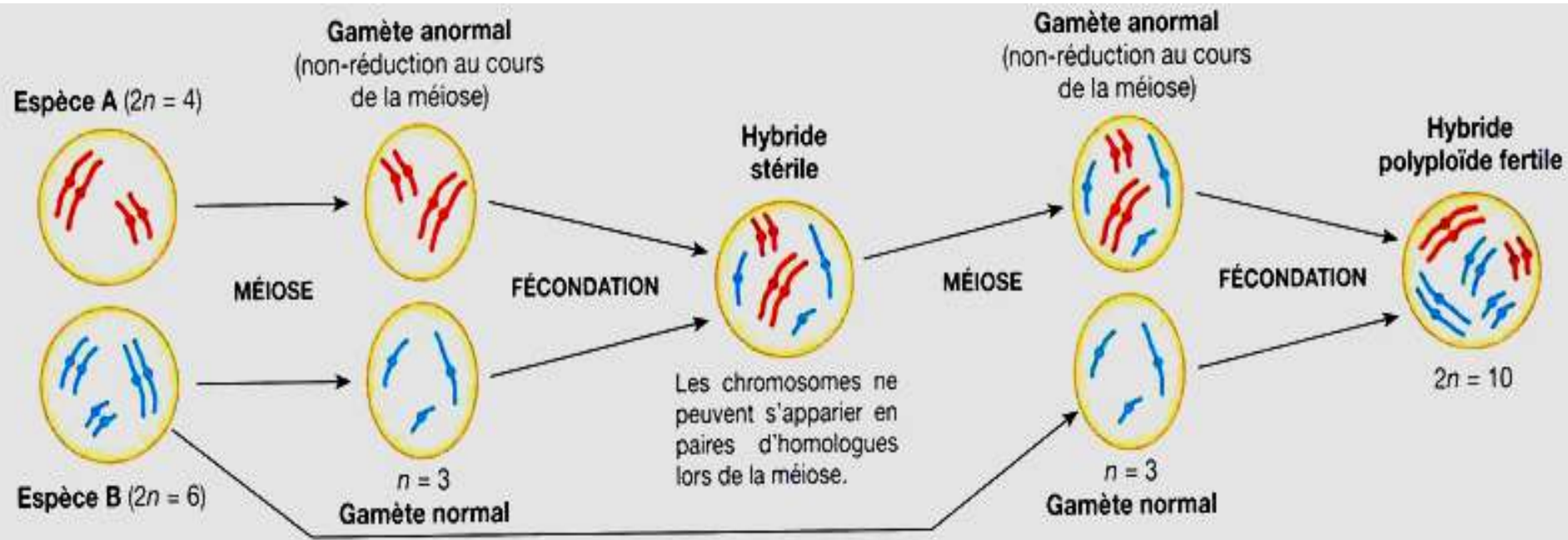
2°) Modifications de l'expression des gènes du développement

D°) Hybridations suivies de polyploïdisation

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



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



L'histoire d'une nouvelle espèce : *Spartina anglica*



$2n=60$

Spartina maritima

Gamète $n=30$

$2n=62$

Spartina alterniflora

Gamète $n=31$

Hybride F1

Spartina townsendii

stérile

61 chromosomes



Spartina anglica

$2n=122$

Evènement accidentel (mitose ou méiose anormales) => doublement du nombre de chromosome

Polyploïde

Présence de caractères différents



Nouvelle espèce



Comparaison des génomes des Spartines



Spartina anglica possède des fragments d'ADN identiques aux deux premières espèces

1 2 3 4 5 6 7

Gel d'électrophorèse de fragments d'ADN

1 et 2 : *Spartina alterniflora* ;

5 et 6 : *Spartina anglica* ;

3 et 4 : *Spartina maritima* ;

7 : ligne de référence.

D'après A. Baumel, M.-L. Ainouche et J.-E. Levasseur.

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



Quelques fréquences de polyploïdes avérés au sein de grands taxons

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

* Chez les mammifères, la polyploïdie n'est connue que chez une espèce de rongeur, le rat-viscache (*photographie ci-contre*).



Thème : Génétique et évolution.

Chapitre 2 : Mécanismes de diversification des êtres vivants.

1°) Les mécanismes génétiques

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

1°) déterminer le génotype d'un individu

2°) diversité liée au brassage intra-chromosomique

3°) diversité liée au brassage inter-chromosomique

4°) diversité liée à la fécondation

B°) Les conséquences des anomalies de la méiose

1°) Les anomalies du caryotype

2°) L'enrichissement du génome

C°) Les modifications de l'expression des gènes

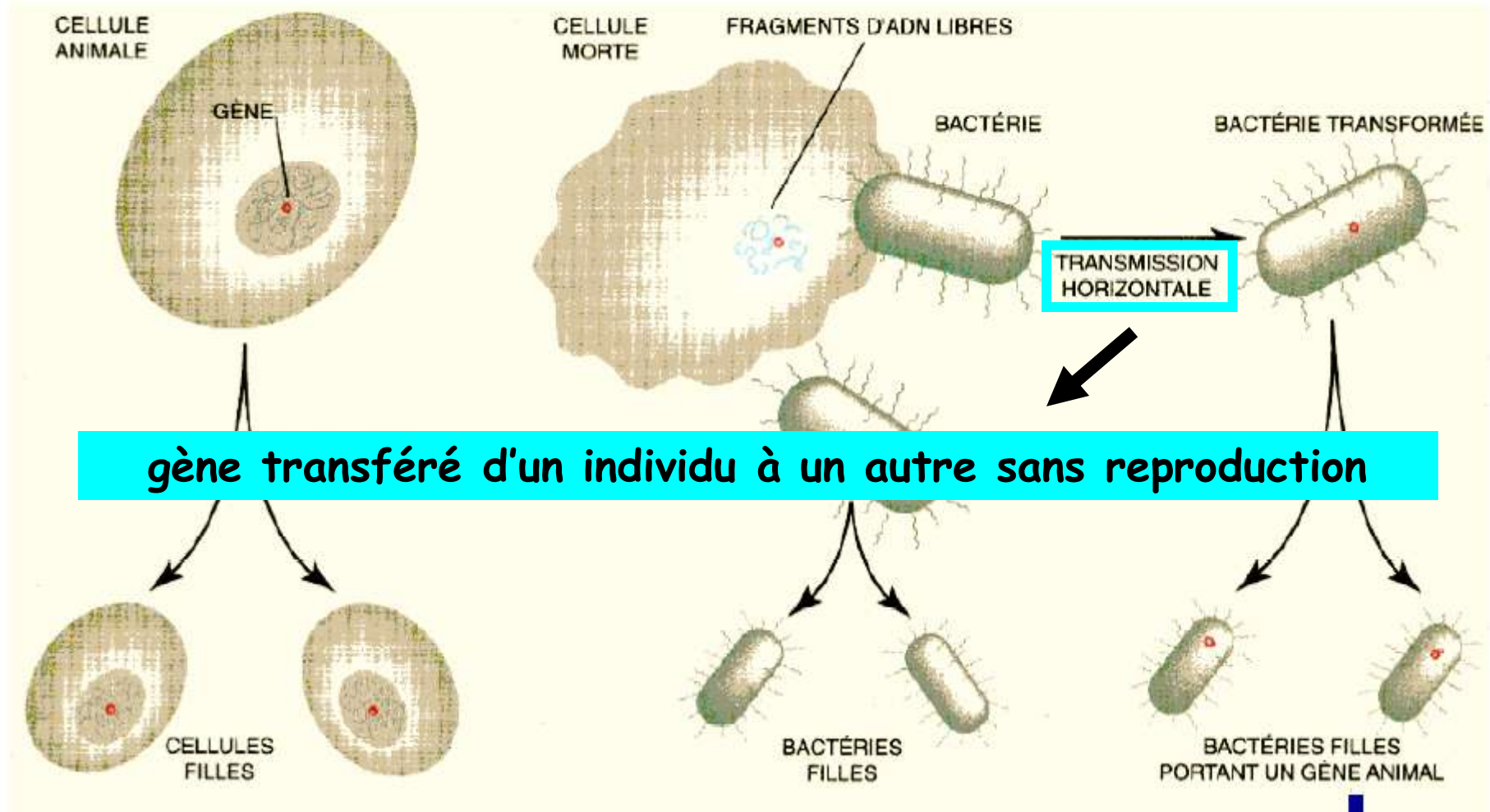
1°) Les gènes du développement

2°) Modifications de l'expression des gènes du développement

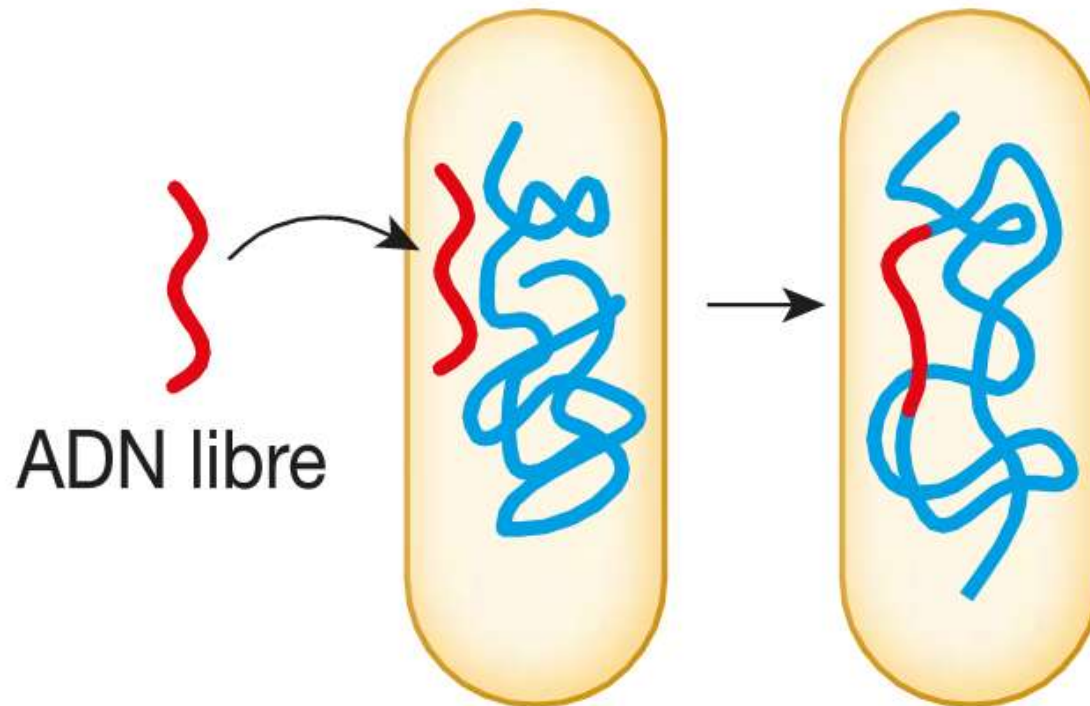
D°) Hybridations suivies de polyploïdisation

E°) Transferts horizontaux de gènes

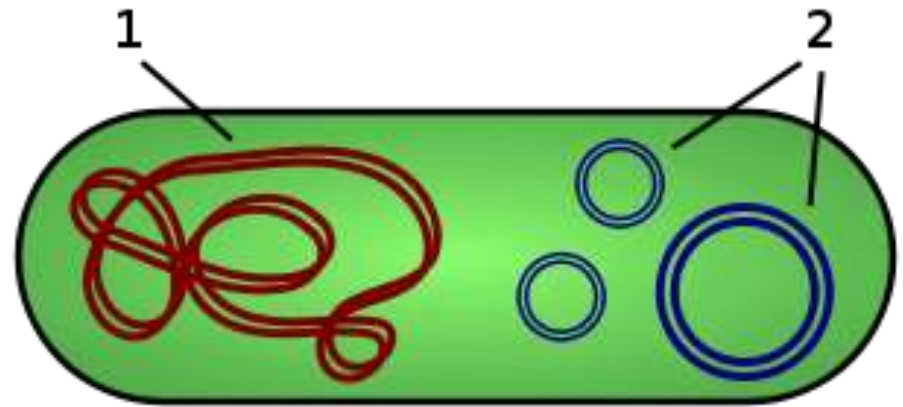
Du transfert de gène sans reproduction sexuée : le transfert horizontal



Transfert horizontal à partir d'ADN libre dans le milieu



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



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

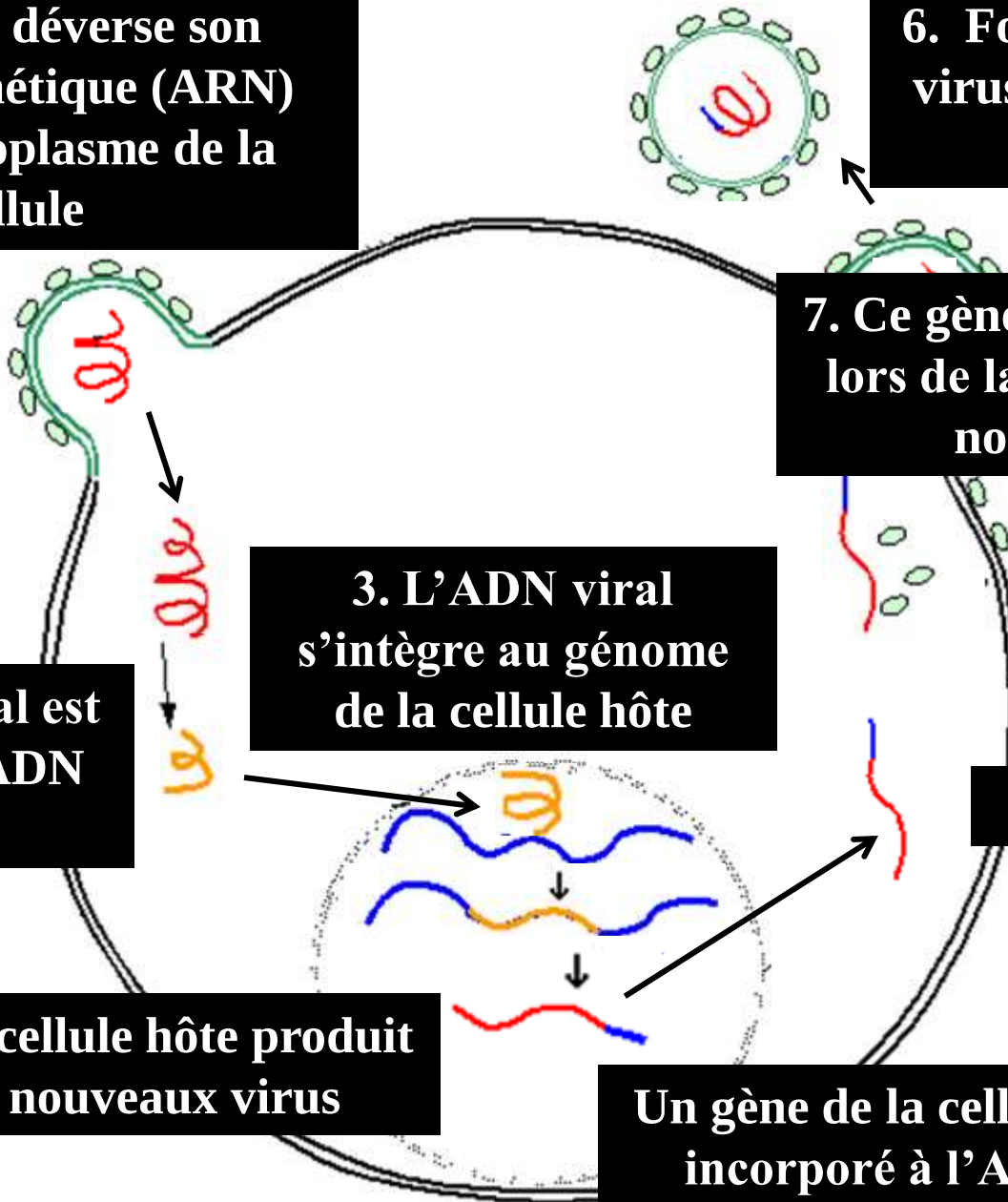
3. L'ADN viral s'intègre au génome de la cellule hôte

5. ARN viral modifié

2. L'ARN viral est converti en ADN viral

4. La cellule hôte produit de nouveaux virus

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



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 des anomalies de la méiose

C°) Les modifications de l'expression des gènes

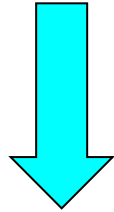
D°) Hybridations suivies de polyploïdisation

E°) Transferts horizontaux de gènes

II°) Les mécanismes non génétiques

A°) L'association de plusieurs organismes : la symbiose

symbiose



association durable et à
bénéfices réciproques entre
2 espèces différentes.

Symbiose et modification morphologique

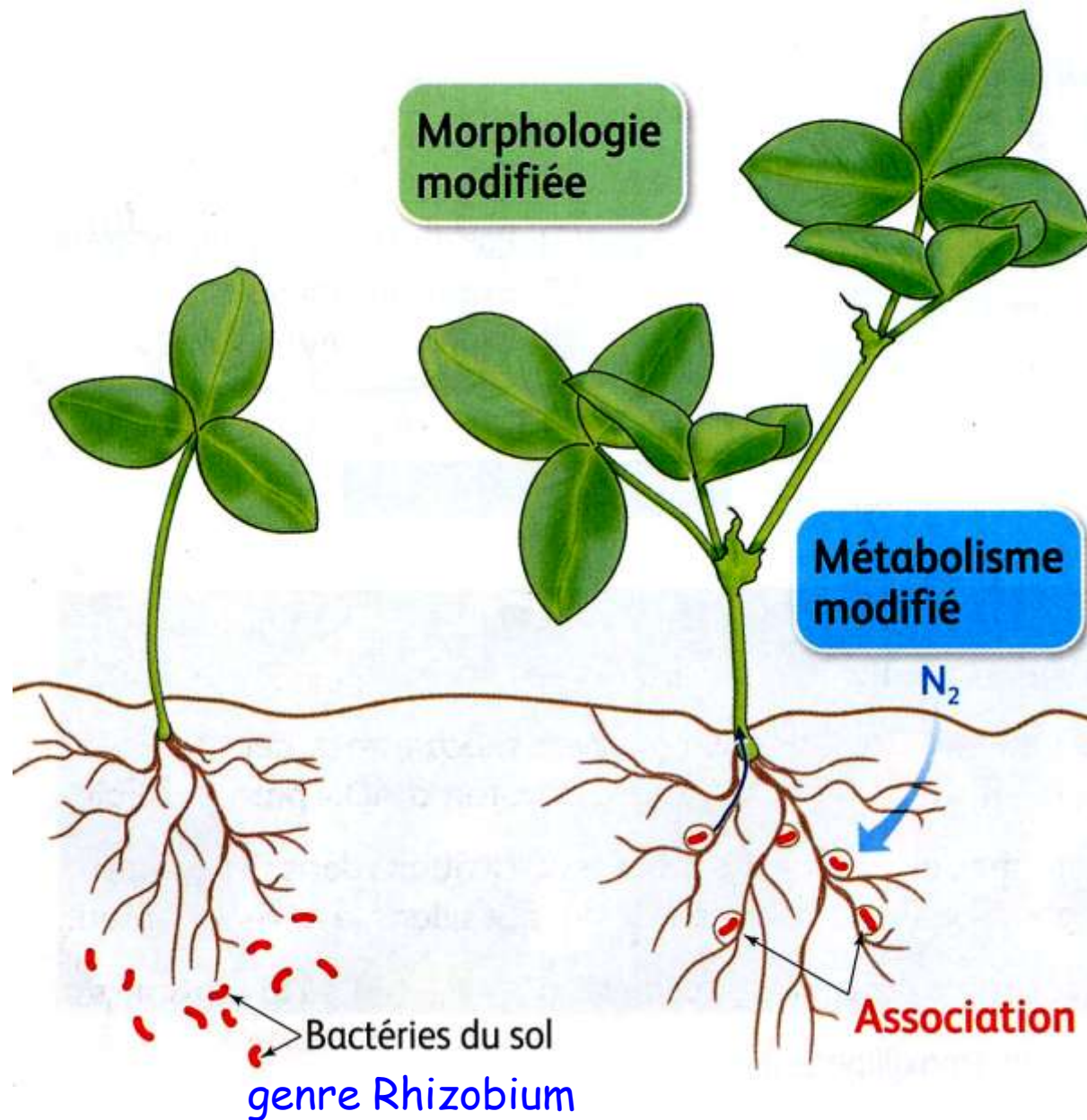
Symbiose entre fourmis et champignons



boules riches en sucres
et en protéines



Symbiose entre un végétal et une bactérie



Symbiose entre un végétal et un champignon

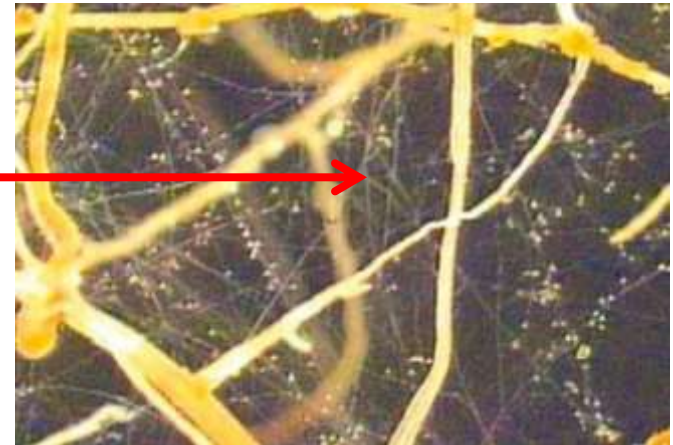


Croissance plus importante



Racines sans mycorrhize

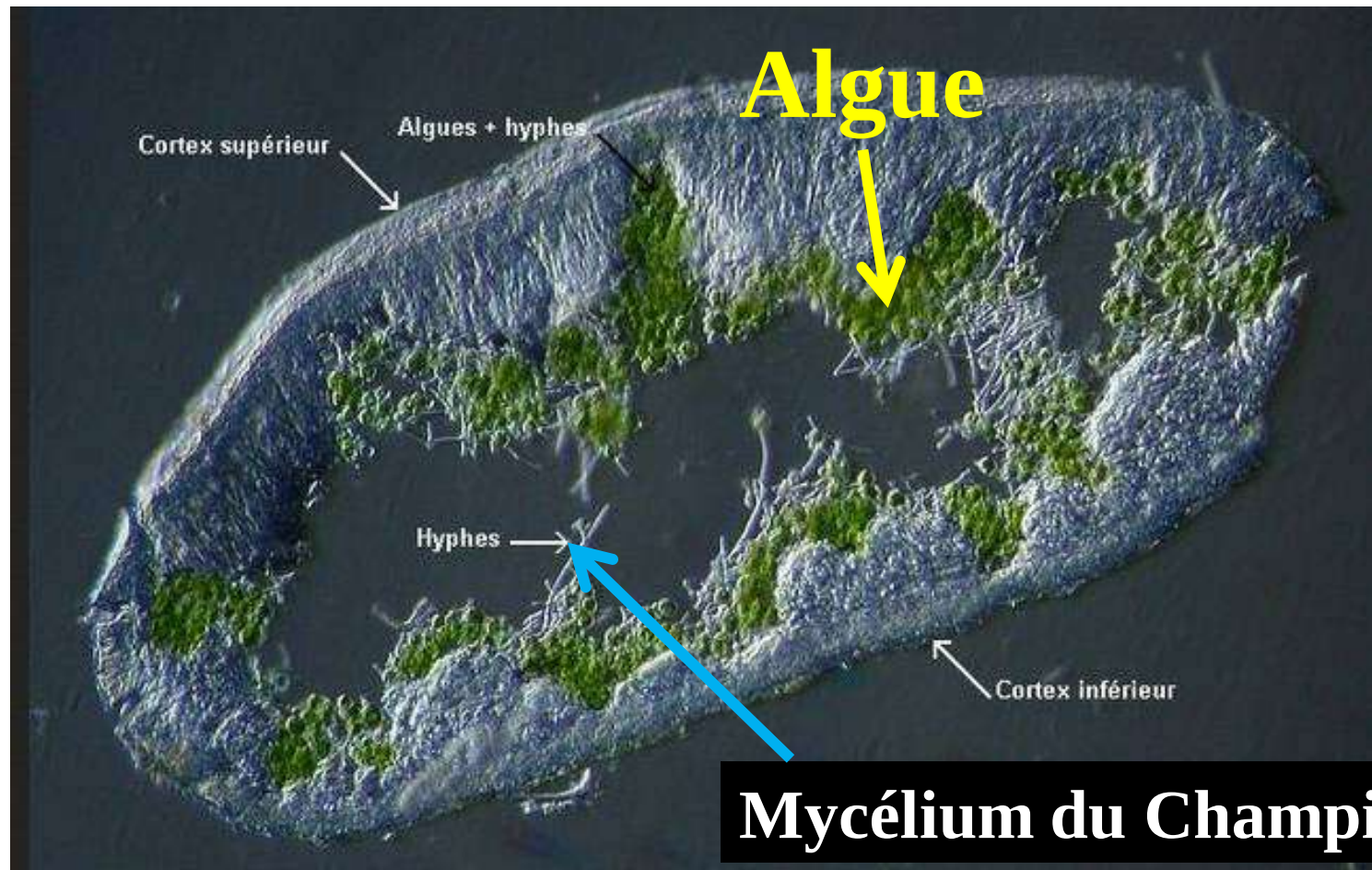
mycélium →



Racines avec mycorrhizes

Symbiose et synthèse de nouvelles molécules

Symbiose entre une algue et un champignon : le lichen



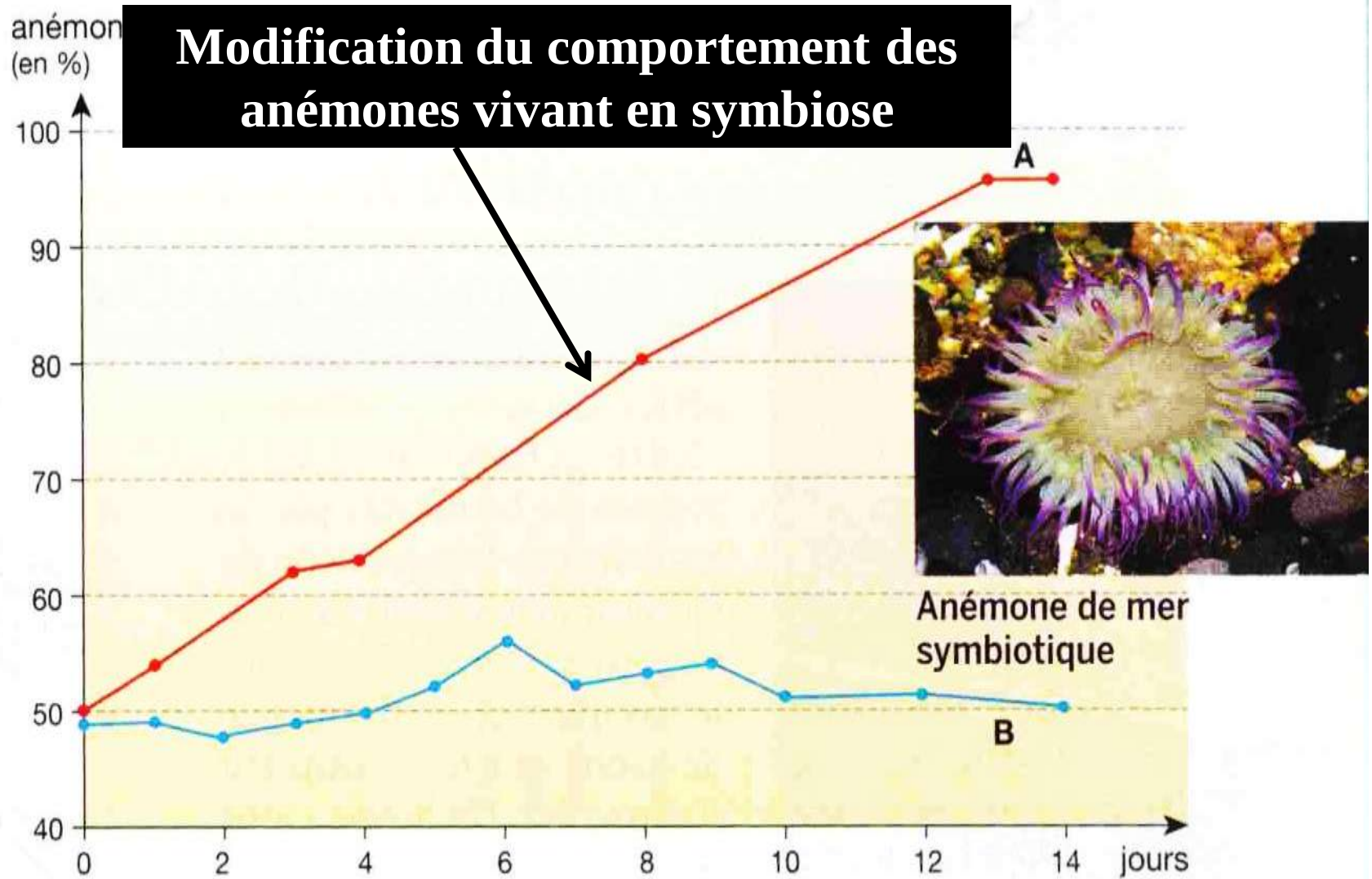
Synthèse de nouvelles molécules



**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 !!**

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 des anomalies de la méiose

C°) Les modifications de l'expression des gènes

D°) Hybridations suivies de polyploïdisation

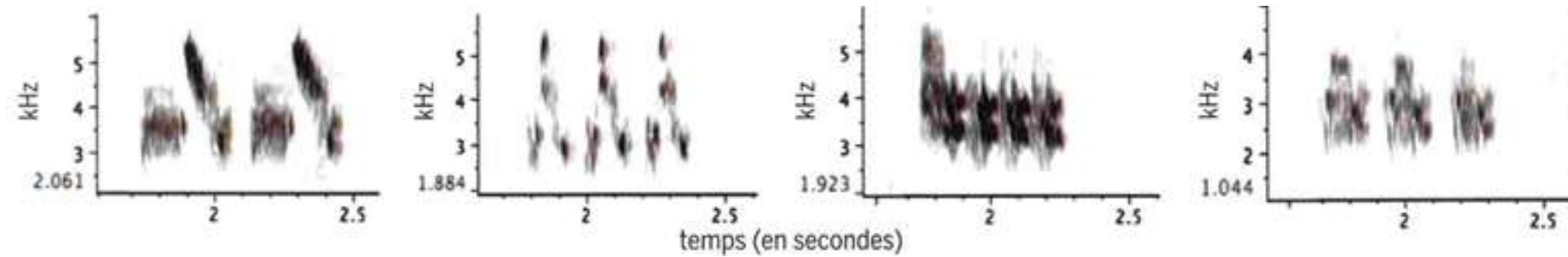
E°) Transferts horizontaux de gènes

II°) Les mécanismes non génétiques

A°) L'association de plusieurs organismes : la symbiose

B°) La transmission culturelle de comportement

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



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 des anomalies de la méiose

C°) Les modifications de l'expression des gènes

D°) Hybridations suivies de polyploïdisation

E°) Transferts horizontaux de gènes

II°) Les mécanismes non génétiques

A°) L'association de plusieurs organismes : la symbiose

B°) La transmission culturelle de comportement

Conclusion