

4ème PARTIE: HEREDITE

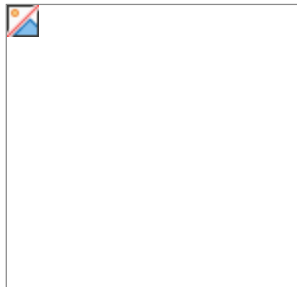
THEME 10: HEREDITE GENETIQUE

Leçon 19 : INTERPRETATION CHROMOSOMIQUE DE LA TRANSMISSION DES CARACTERES

I. INTRODUCTION

Les travaux de Lucien CUENOT (Français) montrent l'application des lois de Mendel aux espèces animales. Ce qui permit à Morgan en 1908 d'utiliser la drosophile pour donner des explications chromosomiques aux lois de Mendel. La Drosophile (*Drosophila melanogaster*) ou mouche du vinaigre est un matériel de choix à cause :

- de sa petite taille facilitant l'élevage dans des flacons de verre,
- du nombre élevé de descendants produit en un accouplement (des centaines),
- du cycle court (15 jours pour avoir une nouvelle génération)
- de l'apparition spontanée de mutations,
- du petit nombre de chromosomes ($2n=8$)
- de l'identification facile des mâles et femelles.



OJQJaJ"h}3Äh}
3Ä5 CJH*

II. Interprétation chromosomique du monohybridisme avec dominance

Expérience de Morgan :

Pour donner une explication chromosomique aux lois de Mendel, Morgan croise des drosophiles : un mâle à ailes normales (phénotype sauvage) avec une femelle à ailes vestigiales (phénotype sauvage).

Igâ¥â11111651C

Résultats

Il obtient :

A la F1 : 100% d'individus à ailes normales (ailes longues).

A la F2 : 3/4 d'individus à ailes normales (ailes longues) et 1/4 à ailes vestigiales (ailes courtes).

Hypothèse de Morgan

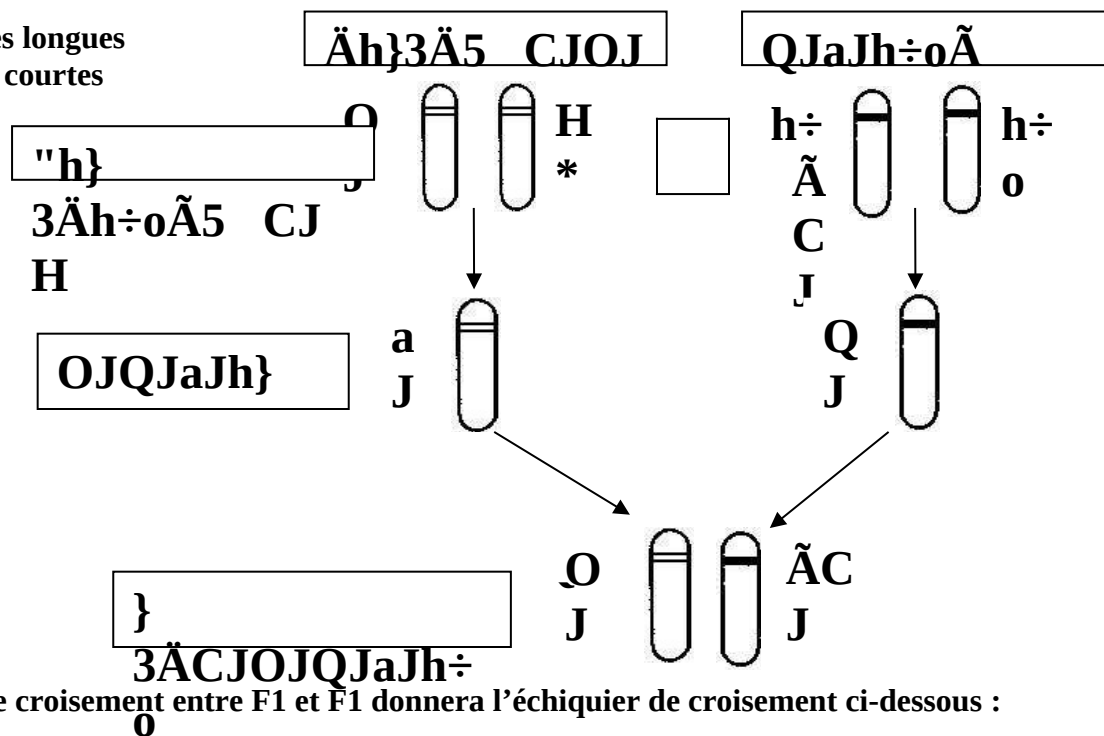
Les deux allèles de ce caractère sont portés par la même paire de chromosomes et se trouvent au même niveau sur les chromosomes.

Interprétation chromosomique

Le croisement entre le mâle à ailes normales (vg+) et la femelle à ailes vestigiales (vg) donne sur le plan chromosomique :

vg+ : ailes longues

vg : ailes courtes



F1 (gamètes)

F1

(gamètes)

QJ

aJ

Igâ¥â222222652C

$\div 0$	$h''L$
$[vg+]\tilde{A}$	$\tilde{Z}$

CJ	J
$[vg+]$	

J

h''	J
$[vg+]$	

$''L\tilde{Z}$	$\tilde{Z}$
$[vg]$	

On aura : $3/4 [vg+]$ et $1/4 [vg]$.

Conclusion

L'hypothèse est vérifiée parce que les résultats sont **conformes aux résultats statistiques de Mendel** et les deux allèles du même caractère sont portés par la même paire de chromosomes et se trouvent au même emplacement ou locus.

Igâ¥â333333653C

III. Interprétation chromosomique du dihybridisme avec ségrégation indépendante des caractères

Expérience

Morgan réalise un croisement entre une drosophile à ailes normales (vg^+), corps gris (eb^+) (phénotype sauvage) avec une drosophile à ailes vestigiales (vg), corps ébène (eb) (phénotype muté) et obtient les résultats ci-dessous :



Les résultats obtenus en F2 correspondent aux résultats factoriels ci-dessous :

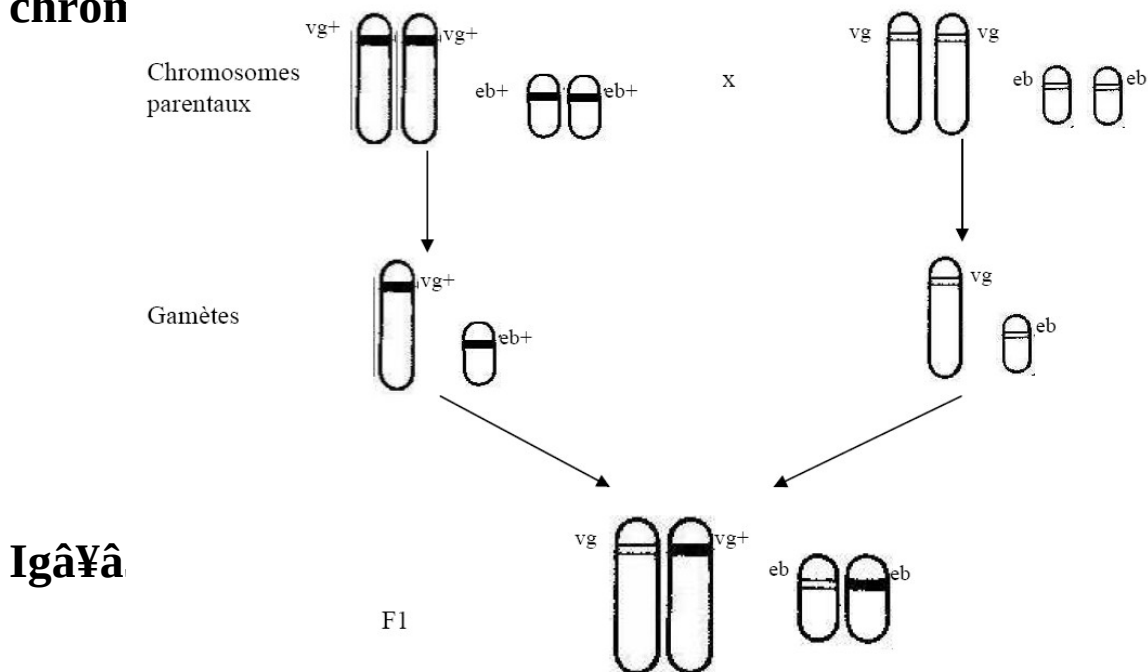
**9/16 à ailes normales et corps gris,
3/16 à ailes normales et corps ébène,
3/16 à ailes vestigiales et corps gris,
1/16 à ailes vestigiales et corps ébène.**

Hypothèse de Morgan

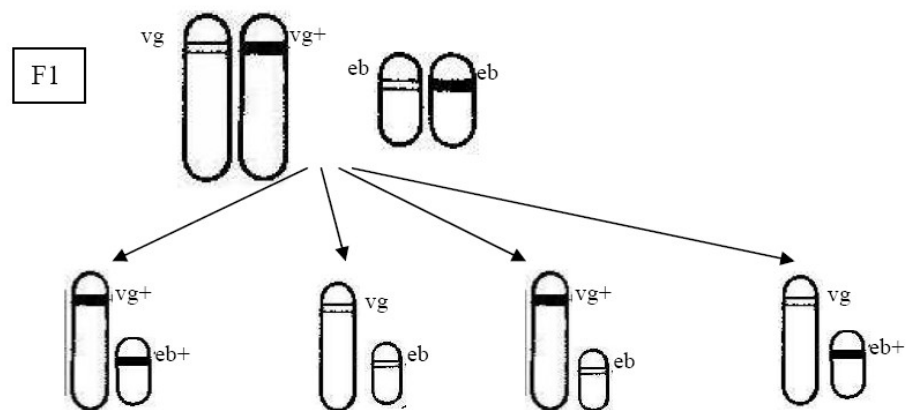
Les 4 allèles sont portés par deux paires de chromosomes différents.

Interprétation chromosomique

Ce croisement entre une drosophile à ailes normales (vg⁺), corps gris (eb⁺) avec une drosophile à ailes vestigiales (vg), corps ébène (eb) donne sur le plan chron



Chaque individu de la F1 produira ces différents gamètes :



Le croisement entre F1 et F1 donne en F2 les individus de l'échiquier de croisement suivant :



On aura : 9/16 de [vg+eb+], 3/16 de [vg eb+], 3/16 de [vg+eb] et 1/16 de [vg eb].

Igâ¥â777777657C

Conclusion :

Ces résultats sont conformes aux résultats statistiques de Mendel sur le dihybridisme, donc l'hypothèse que les allèles sont portés par des chromosomes différents, c'est la ségrégation indépendante des couples de caractères.

Conclusion sur le monohybridisme et le dihybridisme

Dans les deux cas (monohybridisme et dihybridisme), l'hypothèse chromosomique est vérifiée : c'est une preuve que les gènes sont portés par les chromosomes.

IV. Interprétation chromosomique du dihybridisme avec linkage

IV-1. Linkage absolu : exception de la 3ème loi de Mendel

Expérience

Morgan croise deux lignées pures de drosophiles l'une à ailes normales et corps gris (phénotype sauvage) avec une autre à ailes vestigiales et corps ébène (phénotype muté).

Résultats

Il obtient :

En F1 100% d'individus à ailes normales et corps gris,

En F2 :

Igâ¥â888888658C

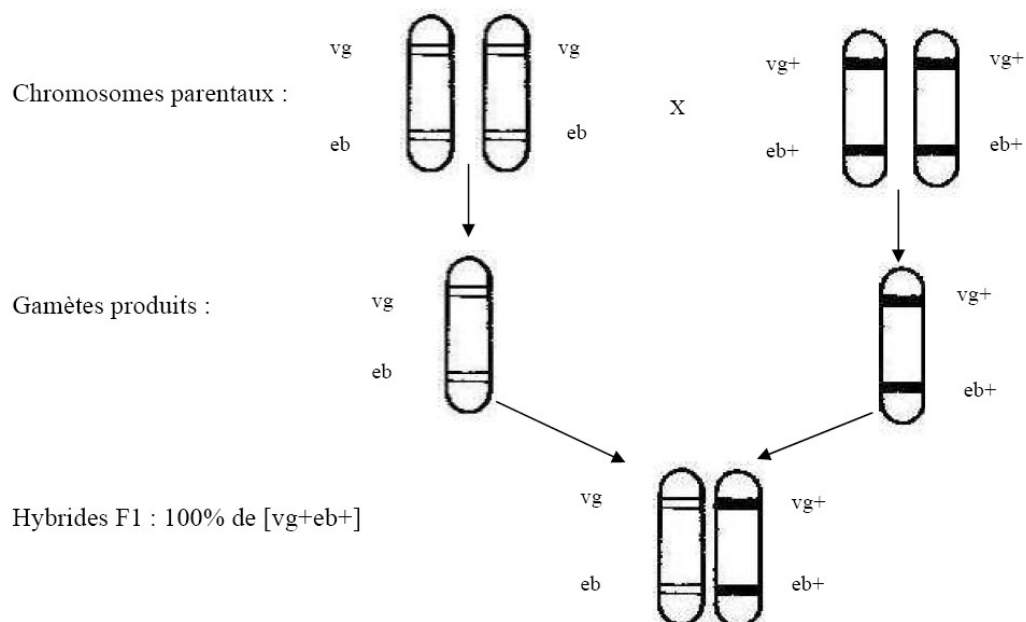
75% (3/4) d'individus [vg⁺ eb⁺] (à ailes normales et corps gris),
 25% (1/4) d'individus [vg eb] (à ailes vestigiales et corps ébène).

Hypothèse

Si les deux caractères étaient portés par deux paires de chromosomes avec un caractère par paire de chromosomes, on aurait eu les proportions 9/16 de [vg⁺eb⁺], 3/16 de [vg eb⁺], 3/16 de [vg⁺ eb] et 1/16 de [vg eb]. Donc il semblerait que ces deux caractères seraient donc portés par une seule paire de chromosomes et sont transmis comme un seul caractère, ce qui donne les proportions $\frac{3}{4}$ [vg⁺ eb⁺] et $\frac{1}{4}$ [vg eb].

Interprétation chromosomique :

Ce croisement entre deux lignées pures de drosophiles de phénotype sauvage avec une autre de phénotype muté donne sur le plan chromosomique :



Igâ¥â.....

Le croisement entre F1 et F1 donne en F2 les individus de l'échiquier de croisement suivant :

F1 \ F1		F1	
		vg+ eb+	vg eb
vg+ eb+	vg+ eb+	vg+ eb+ [vg+eb+]	vg eb [vg+eb+]
vg eb	vg eb	vg+ eb+ [vg+eb+]	vg eb [vg+eb+]

On aura 3/4 (75%) de [vg+eb+] et 1/4 (25%) de [vg eb].

Conclusion

Igâ¥â10101010106510C

Les caractères sont liés, car portés par la même paire de chromosome, c'est le linkage absolu. L'hypothèse est donc vérifiée.

Test-cross

Il réalise un test-cross entre un mâle de la F1 (vg^+vg eb^+eb) avec une femelle $vgvg$ eb (le testeur) et obtient les résultats de l'échiquier de croisement ci-dessous :

F1 5 CJOJQJa	 vg^+ eb^+	 vg eb
 vg eb	  vg^+ eb^+ $[vg^+eb^+]$	  vg eb $[vg\ eb]$

On obtient 50% (1/2) de $[vg^+ eb^+]$ et 50% (1/2) de $[vg\ eb]$ qui sont des phénotypes des parents.

IV-2. Linkage partiel ou crossing-over

Expérience

Morgan réalise un test-cross entre une femelle de la F1 (vg^+vg eb^+eb) et un mâle $vgvg$ eb (testeur)

Résultats

Il obtient :

41,5% de [vg+eb+],
41,5% de [vg eb],

12h÷oÃ12CJ1

8,5% de [vg+eb],
8,5% de [vg eb+]

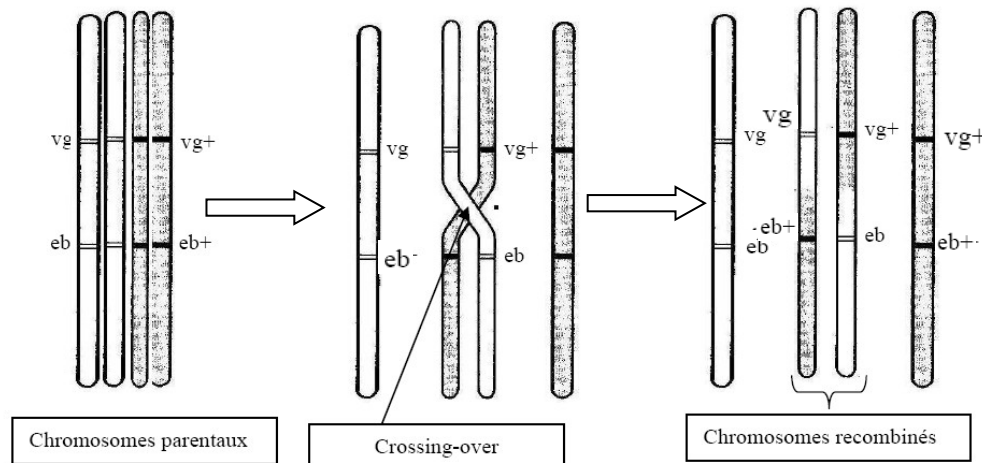
12aI12128h}

Hypothèse

L'apparition de phénotype nouveaux [vg+ eb] et [vg eb+] (phénotypes recombinés) différents des phénotypes parentaux laisse supposer qu'il s'est formé des chromosomes mixtes.

Interprétation chromosomique

Pendant la méiose, à la prophase I, certains chromosomes homologues peuvent échanger des fragments, c'est le crossing-over ou enjambement ou linkage partiel.



Igâ¥â1212121212126512C

Remarque :

En comparant les résultats des deux test-cross, on se rend compte qu'ils sont différents : chez le mâle de la drosophile le linkage est absolu, chez la femelle le linkage est partiel et il y a des possibilités de crossing-over.

V. Hérité liée au sexe : exception de la 1^{ère} loi de Mendel

V-1. Chromosomes de la drosophile

Bloquons la division cellulaire en métaphase avec de la colchicine, on peut alors fixer tous les chromosomes, les regrouper par paires homologues (semblables) et dresser la carte d'identité chromosomique de l'espèce appelée caryotype.

i,

1

**Igâ¥â1313131313 CJOJQJaJh~LŽ5 CJOJQ
JaJ**

V-2. Détermination génétique du sexe

L'observation du caryotype montre qu'il contient $2n = 8$ chromosomes, dont 6 autosomes (6A) (aussi bien pour les mâles que les femelles) et des chromosomes sexuels ou gonosomes XY (pour les mâles) et XX (pour les femelles). Ce qui donne la formule ou garniture génétique suivante :

Pour les mâles ♂) : $2n = 6A + XY$ et vont produire des gamètes :

$$\frac{1}{2} \text{ de } n = 3A + X$$

$$\frac{1}{2} \text{ de } n = 3A + Y$$

Pour les femelles ♀) : $2n = 6A + XX$ et vont produire des gamètes :

$$100\% \text{ } n = 3A + X.$$

Les descendants seront : $2n = 6A + XY$ ou $2n = 6A + XX$

Donc le mâle détermine le sexe en donnant le chromosome Y.

V-3. Etude d'un cas d'hérédité liée au sexe

Expérience 1

Morgan croise deux drosophiles de race pure : un mâle aux yeux blancs avec une femelle aux yeux rouges.

Résultats

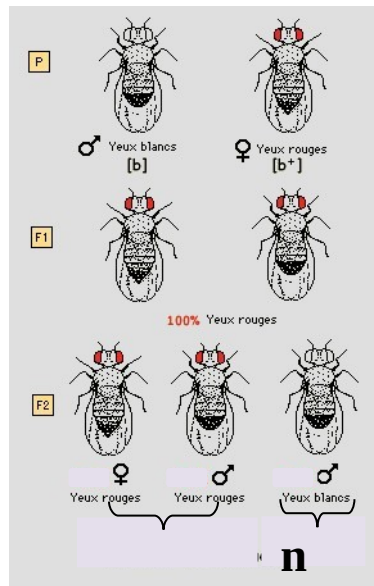
Il obtient :

En F1 : 100% de drosophiles aux yeux rouges (mâles et femelles).

En F2 :

$\frac{3}{4}$ de drosophiles aux yeux rouges (mâles et femelles),

$\frac{1}{4}$ de drosophiles aux yeux blancs (mâles).



i

Expérience 2

Il réalise cette fois-ci un croisement entre une femelle aux yeux blancs et un mâle aux yeux rouges

Résultats

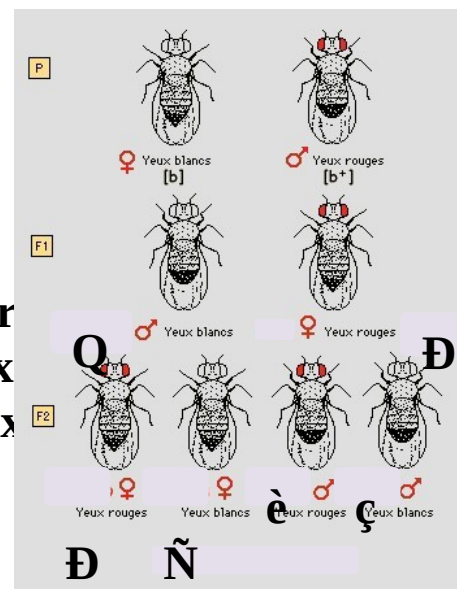
Il obtient :

En F1 :

50% de mâles aux yeux rouges ;
50% de femelles aux yeux blancs.

En F2 :

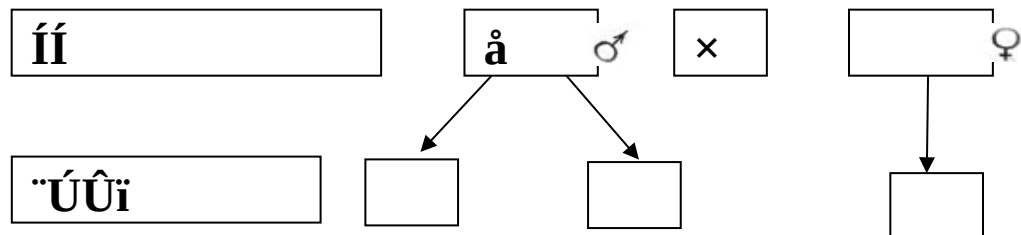
25% de mâles aux yeux blancs ;
25% de mâles aux yeux rouges ;
25% de femelles aux yeux blancs ;
25% de femelles aux yeux rouges



Interprétation 1ière expérience

Il obtient en F1 100% de drosophiles aux yeux rouges, donc le caractère yeux rouges (R) domine le caractère yeux blancs (b).

L'interprétation chromosomique donnera :



L'échiquier de croisement donnera en F1 :



Xb

Y

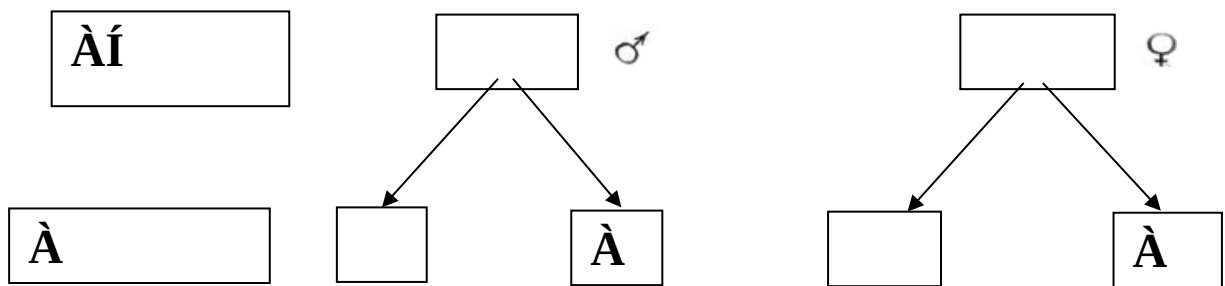
XR

$XRXb$
[R]

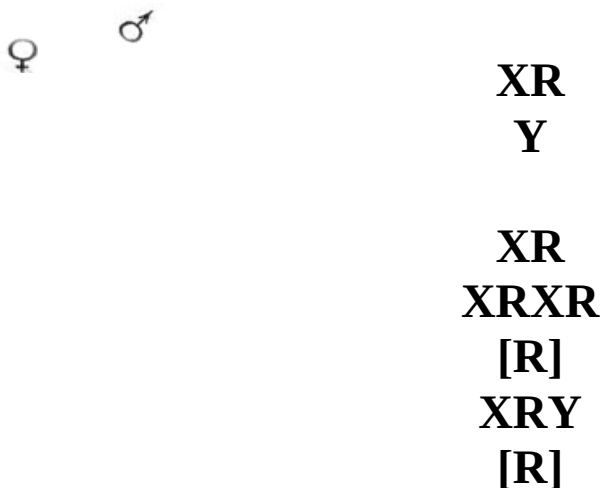
XRY
[R]

Ce qui donne 100% d'individus F1 mâle et femelle de phénotype [R] (aux yeux rouges).

Le croisement entre F1 donnera en F2 :



L'échiquier de croisement donnera en F2 :



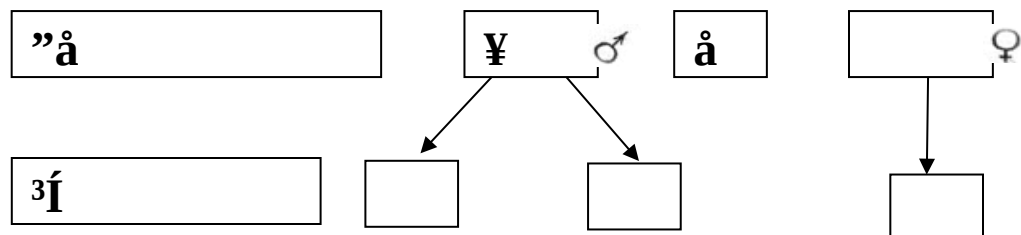
X^b
 XRX^b
 $[R]$
 X^bY
 $[b]$

On a : $\frac{3}{4} [R]$ et $\frac{1}{4} [b]$

Interprétation de l'expérience 2 :

Le croisement entre une femelle aux yeux blancs et un mâle aux yeux rouges donne en F1 50% de mâles aux yeux blancs et 50% de femelles aux yeux rouges et non 100% d'individus aux yeux rouges. C'est une exception à la 1^{ère} loi de Mendel.

L'interprétation chromosomique donnera :



L'échiquier de croisement donnera en F1 :



XR

Y

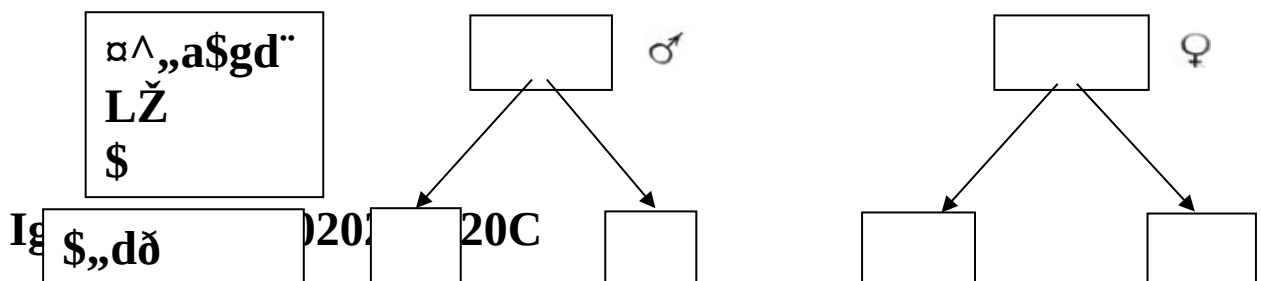
Xb

XRXb
[R]

XbY
[b]

**On a en F1 : 50% de femelles aux yeux rouges et
50% de mâles aux yeux blancs.**

Le croisement entre F1 donnera en F2 :



L'échiquier de croisement donnera en F2 :

♀	♂	
		Xb
		Y
		XR
		XRXb
		[R]
		XY
		[R]
		Xb
		XbXb
		[b]
		XbY
		[b]

On a : $\frac{1}{4}$ de femelles [R], $\frac{1}{4}$ de mâles [R], $\frac{1}{4}$ de femelles [b] et $\frac{1}{4}$ de mâles [b]

Conclusion :

L'inversion du croisement entre le mâle et la femelle donne des résultats différents sans présence de caractères recombinés. Donc le caractère couleur des yeux est lié au sexe et est porté par le chromosome sexuel X.

Morgan montre à travers ces expériences le parallélisme entre la répartition des chromosomes sexuels et la répartition des caractères portés par les chromosomes sexuels, c'est encore une preuve de la théorie chromosomique de l'hérédité.

NB :

Le chromosome Y ne porte que très peu de gènes. Pour les chromosomes sexuels (les gonosomes) chez certaines espèces, c'est la femelle qui est hétérogamétique et le mâle homogamétique. Exemple : chez les oiseaux et les papillons le mâle est ZZ et la femelle ZW).

VI. INTERET DES REMANIEMENTS CHROMOSOMIQUES : CONSTRUCTION DES CARTES CHROMOSOMIQUES FACTORIELLES

Igâ¥â2222222222226522C

VI-1. Notes préliminaires

Quand deux gènes (ou allèles) sont sur un même chromosome, plus ils sont éloignés, plus il y a des chances de crossing-over avec le chromosome homologue, plus ils sont rapprochés moins il y a de chances de crossing-over. Donc la fréquence de recombinaison est directement proportionnelle à la distance entre gènes.

NB : On considère que 1% de recombinaison veut dire que les deux gènes sont séparés par une distance de 1 centimorgan (cM).

VI-2. Application

VI-2-1. Etablissement d'une carte factorielle de 3 gènes à partir du dihybridisme

Exercice

On croise une femelle de drosophile hétérozygote de phénotype sauvage (ailes longues et corps gris) avec un mâle muté (ailes vestigiales et corps ébène) et on obtient les résultats suivants :

**410 individus à ailes longues et corps gris ;
420 individus à ailes vestigiales et corps ébène ;
80 individus à ailes vestigiales et corps gris ;
90 individus à ailes longues et corps ébène.**

Igâ¥â23232323236523C

(Rappel : le croisement entre 2 lignées pures de drosophiles à ailes longues corps gris et ailes vestigiales corps ébène donne en F1 100% d'individus à ailes longues corps gris.)

Expliquer ces résultats.

Que peut-on dire des gènes liés aux caractères longueur des ailes et couleur du corps ?

Sachant que le pourcentage de recombinaisons entre corps ébène et yeux bruns (bw) est de 45% et qu'il est de 28% entre ailes vestigiales et yeux bruns, établir la carte factorielle pour ces trois caractères.

Résolution

Expliquons ces résultats.

Nous avons des phénotypes parentaux [vg+eb+], [vg eb] et des phénotypes recombinés [vg eb+], [vg+ eb]. L'apparition des phénotypes recombinés montre que des recombinaisons se sont produites entre ces deux caractères (longueur des ailes et couleur de la peau).

Ce qu'on peut dire sur les gènes liés aux caractères longueur des ailes et couleur de la peau.

Les résultats obtenus donnent les valeurs factorielles suivantes :

$$\frac{A}{B} = \frac{a}{b}$$

Igâ¥â2424242424246524C

d'individus à ailes longues corps gris
[vg+eb+]

$\frac{\$}{\text{gd_}} \quad \text{d'individus à ailes vestigiales corps}$

d'individus à ailes vestigiales et au

d'individus à ailes longues et au corps

Ces résultats ne correspondent pas à ceux du test-cross d'un dihybridisme avec indépendance des caractères (25% ; 25% ; 25% ; 25%) ni à ceux du test-cross d'un dihybridisme avec linkage absolu (50% et 50%). Mais l'apparition des phénotypes recombinés [vg eb+] et [vg+ eb] montre l'existence de liaisons partielles (crossing-over) aboutissant à un échange de fragment de chromatides entre chromosomes homologues et la formation d'un faible pourcentage de gamètes recombinés (8% + 9%).

Igâ¥â25252525256525C

Donc ces deux gènes sont partiellement liés.

Etablissons la carte factorielle de ces 3 caractères.

Pourcentage de recombinaisons entre eb et bw = 45%
donc la distance entre eb et bw ou $d(eb\ bw) = 45\text{ cM}$.

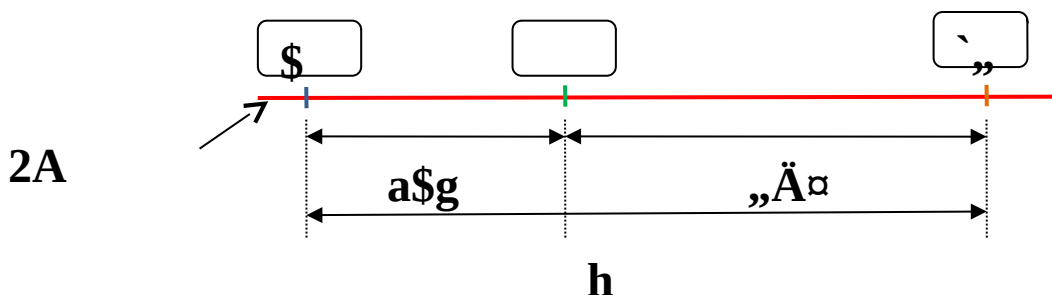
Pourcentage de liaison entre vg et bw = 28% donc la distance entre vg et bw ou $d(vg\ bw) = 28\text{ cM}$.

Pourcentage de recombinaisons entre vg et eb n'est pas connu, il est égal à :

$$d(vg\ ed) = \frac{\text{somme des individus recombinés pour ces deux caractères} \times 100}{\text{nombre total d'individus}}$$

$$d(vg\ ed) = 100 \times \frac{80+90}{1000} = 17\% = 17\text{ cM}$$

Traçons maintenant la carte factorielle en prenant une échelle, ici je prends comme échelle : 1 cm → 5 cM sur la feuille



$a \leq a + g \leq h$

$\backslash$

Igâ¥â26262626266526C

$\&$

Fdöa\$gd_ < i

h

VI-2-2. Etablissement d'une carte factorielle de 3 gènes à partir du trihybridisme

Exercice

On sait que chez la drosophile des°

2727 $\pm$

2727Å

27270

2727Ü

2727à

2727j272727272727272727272727\2

72727272727272727272

\2

7272727272727272727272

 $\sqrt{2}$

7272727272727272727272

 $\sqrt{2}$

72727272727272727272727272727272727272727272727272727272727272

72727272727272727272727272727272727272727272

72727272727272727272727272727272727272727272727272727272

Igâ¥â27272727276527C

[illegible]

Igâ¥â28282828286528C

Igâ¥â29292929296529C

303030ÿ303030ÿ303030ÿÖ

Igâ¥â3030303030306530C

313131ÿ313131ÿ313131ÿÖ

Igâ¥â3131313131316531C

323232ÿ323232ÿ323232ÿÖ

Igâ¥â3232323232326532C

333333ÿ333333ÿ333333ÿ4Ö33
l33aöWpytÕda33ŠT
3333á
3333í
3333

33334Ö33
3333à

3434

3535"

Igâ¥â3535353535356535C

Igâ¥â3737373737376537C

383838ÿ383838ÿ383838ÿÖ

Igâ¥â3838383838386538C

393939ÿ393939ÿ393939ÿÖ

Igâ¥â3939393939396539C

404040ÿ404040ÿ404040ÿÖ

Igâ¥â4040404040406540C

414141ÿ414141ÿ414141ÿ4Ö41
l41aöWpytÕda41ŠT 4141"

41414Ö41

4242#

Igâ¥â4242424242426542C

4343%

Igâ¥â4343434343436543C

4444&

Igâ¥â4444444444446544C

4545†

Igâ¥â45454545456545C

4646^

Igâ¥â46464646466546C

4747

Igâ¥â4747474747476547C

4848;

Igâ¥â4848484848486548C

Igâ¥â49494949496549C

505050ÿ505050ÿ505050ÿÖ

Igâ¥â50505050506550C

515151ÿ515151ÿ515151ÿÖ

Igâ¥â5151515151516551C

525252ÿ525252ÿ525252ÿ4Ö52
l52aöWpytÕda52ŠT 5252

52524Ö52

-

53530

Igâ¥â53535353536553C

5454‡

Igâ¥â54545454546554C

5555^

Igâ¥â5555555555556555C

5656

5757i

5858¥

Igâ¥â58585858586558C

5959©

Igâ¥â59595959596559C

6060,

Igâ¥â60606060606560C

6161Ó

6262×

Igâ¥â62626262626562C

6363ä

Igâ¥â63636363636563C

6464æ

Igâ¥â64646464646564C

6565
6565
6565μ
6565
6565%
6565'
6565(
6565V
6565Z
6565e
6565g
6565h
6565i
6565ðâÖÆ·

Igâ¥â6565656565656565C