

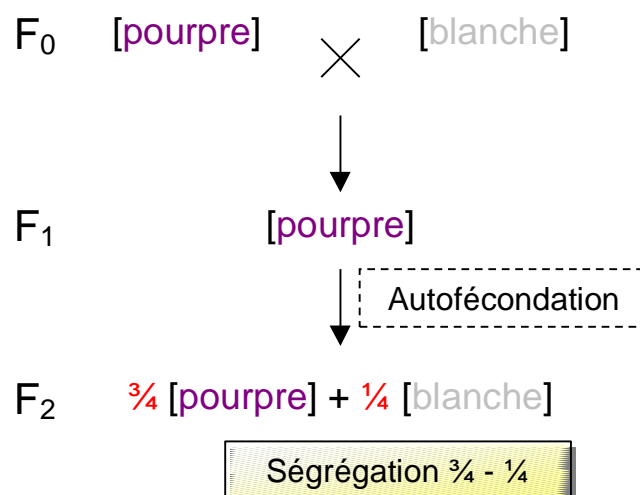
Les conséquences de la méiose chez les organismes diploïdes

I Les expériences de Gregor Mendel

Mendel a pratiqué ses observations sur le pois (*pisum sativum*). Celui-ci s'y prête bien pour plusieurs raisons : beaucoup de variétés différentes, les fleurs sont autofécondables, pas très cher, le temps entre chaque générations est court et chaque individu donne beaucoup de descendants.

A. Analyse des croisements entre variétés ne différant que par un seul caractère : monohybridisme

Il cultive pendant deux ans des pois afin d'obtenir des lignées pures, c'est-à-dire des lignées dont les individus donnent une descendance identique pour le caractère considéré.



On observe alors une **relation dominance/récessivité**. Le phénotype observé en F₁ est alors le caractère dominant, l'autre est le récessif.

Deux types de population en découlent alors :

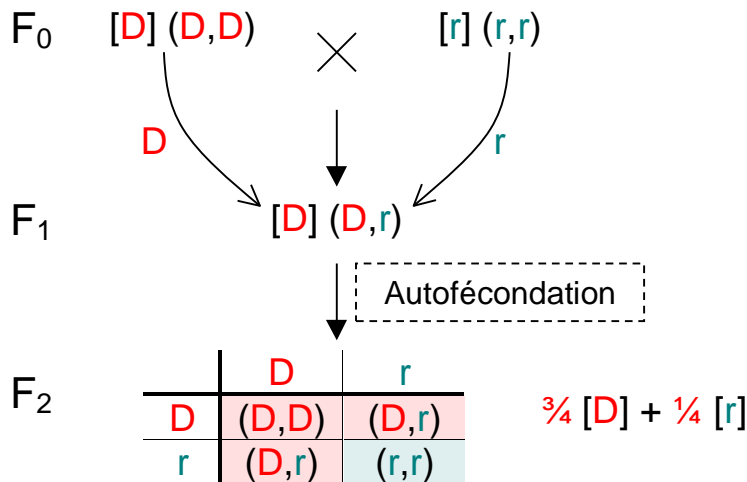
- q Populations de phénotypes dominants : (D,D) ou (D,R)
- q Populations de phénotypes récessifs : (r,r)

Conclusions de Mendel :

- q Il existe des gènes qui peuvent être transmis d'une génération à la suivante
- q Chaque plante porte deux allèles d'un même gène : les parents étant de lignées pures, la génération suivante portera un allèle dominant et un récessif
- q Les deux allèles d'une même paire ségrègent de façon égale dans les gamètes, donc chaque gamète porte un seul allèle de la paire

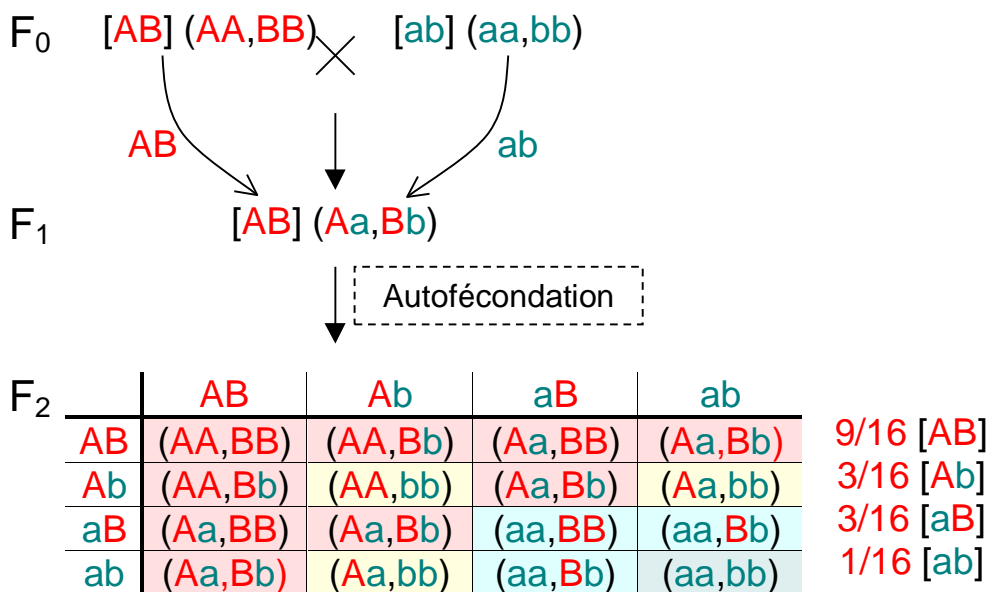
- q La fusion des gamètes se fait de façon aléatoire
- q La ségrégation $\frac{3}{4}$ - $\frac{1}{4}$ correspond à la ségrégation d'un croisement mettant en jeu un couple d'allèles

Première loi de Mendel : "Les gamètes ne transportent que l'un des deux gènes allèles présents chez le parent."



Remarque : En cas de dominance incomplète, la ségrégation sera $\frac{1}{4}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{4}$.

B. Analyse des croisements entre variétés différent de deux caractères : dihybridisme



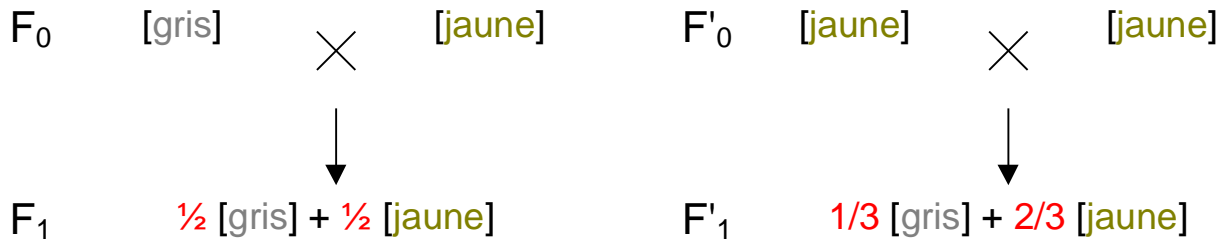
Deuxième loi de Mendel : "Pendant la formation des gamètes, la ségrégation des allèles d'un gène est indépendante de la ségrégation des allèles d'un autre gène."

- q Seulement chez les gènes génétiquement indépendants.

II Distorsions aux lois de Mendel

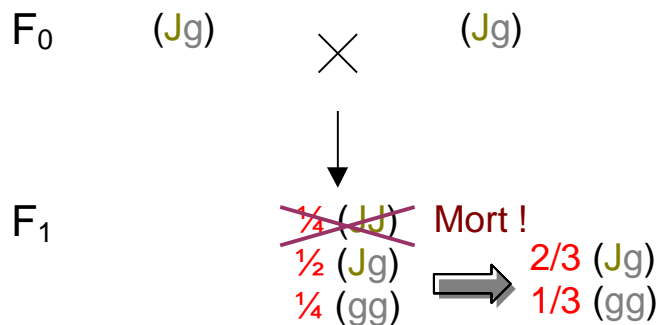
A. Cas des gènes létaux

On observe sur des souris la couleur du pelage gris jaune.



Le phénomène de dominance/récessivité ne suffit pas à expliquer ces résultats. On a fait alors l'hypothèse que l'allèle jaune est dominant sur l'allèle gris, mais que le fait de posséder deux allèles jaunes est mortel.

C'est donc un gène pléiotrope (a des effets sur la couleur du pelage et sur la survie).



B. Cas des gènes qui affectent le même chromosome

Ex : couleur des poils chez les mammifères

à Au moins 5 gènes qui régissent la couleur des poils : A, B, C, D et S

A : [agouti] (= plus brillant, plus clair)

a : [non agouti]

B : couleur de la pigmentation :

à (A_ B_) : [agouti] = 9/16

à (aa B_) : [noir] = 3/16

à (A_ bb) : [cannelle] = 3/16

à (aa bb) : [brun] = 1/16

C : expression de la couleur

c : pas de couleur [albinos]

à c est un gène épistatique

D : intensité de la pigmentation par les autres gènes

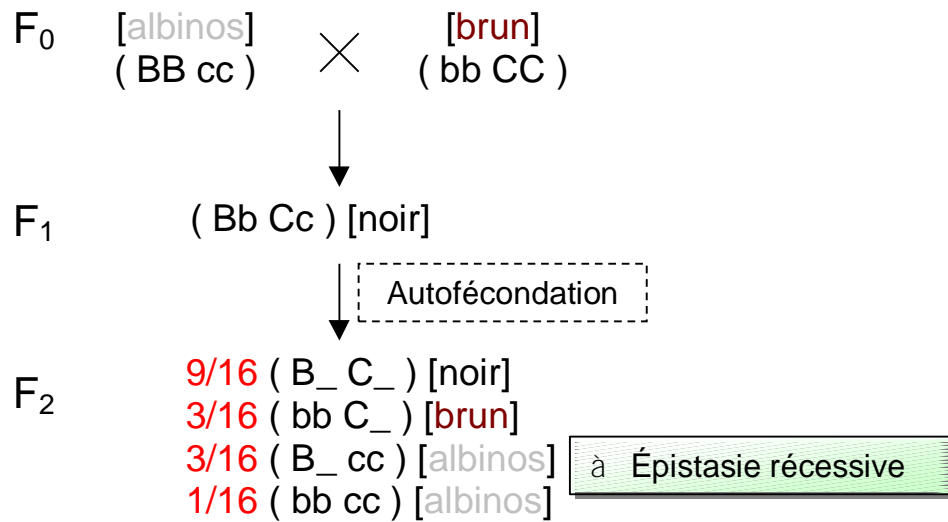
d : dilue le pigment (= apparence laiteuse)

à d est un gène modificateur

S : Pas de taches

s : taches

Ex : influence du gène épistatique

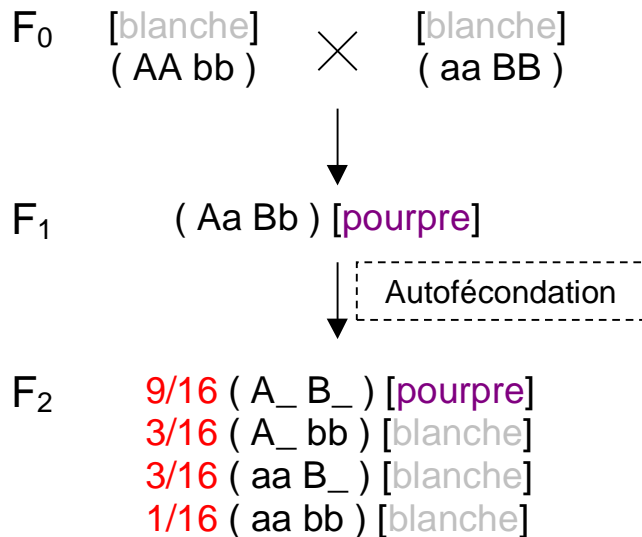


è le phénotype de la couleur du pelage est le résultat d'interactions complexes entre plusieurs gènes.

C. La complémentation

à Couleur des fleurs

Ex :



è Ce sont en fait deux épistasies récessives. Si un gène est homozygote récessif, il y a non expression des deux gènes. C'est la complémentation.

D. Cas des gènes répresseurs

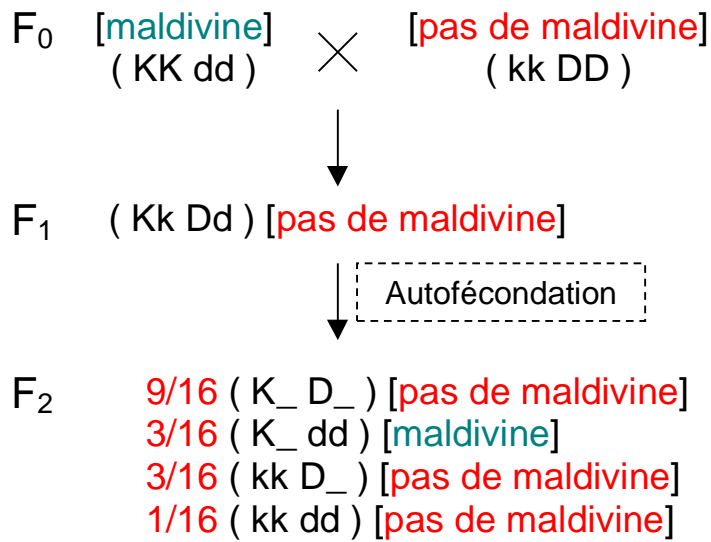
K = Produit de la maldivine

k = pas de maldivine

D = Désactive le gène K

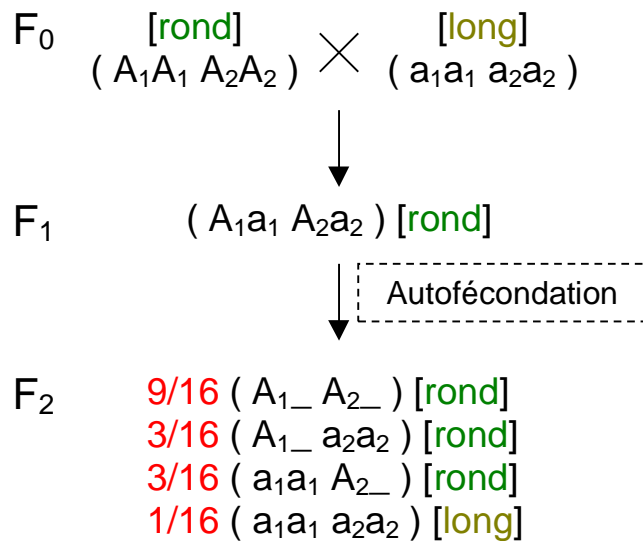
d = pas de désactivation

Un gène suppresseur exprimé empêchera l'expression d'un autre gène.



E. Cas des gènes dupliqués

à Forme du fruit :

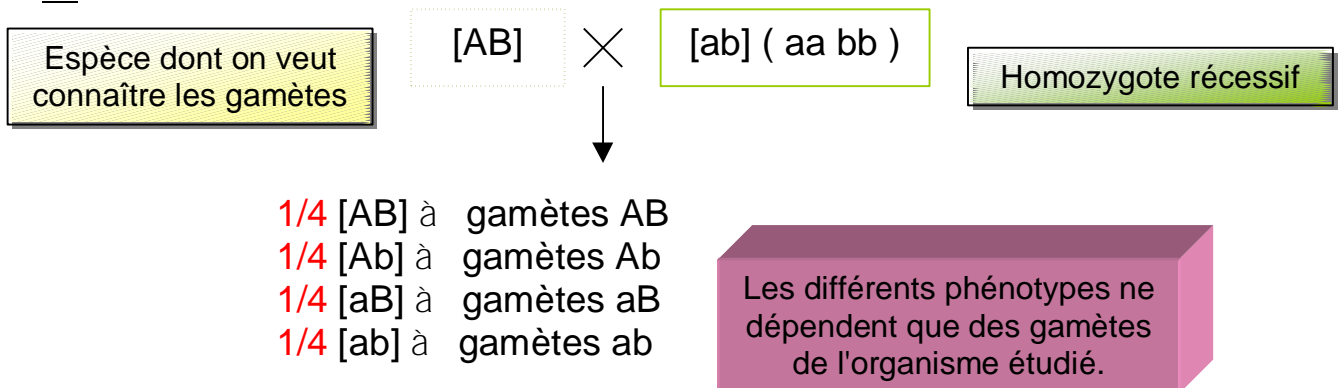


à C'est le cas où deux copies d'un même gène entrent dans la détermination d'un phénotype. Un seul allèle dominant parmi les quatre possibles déterminera le phénotype dominant.

II Test cross (ou back cross)

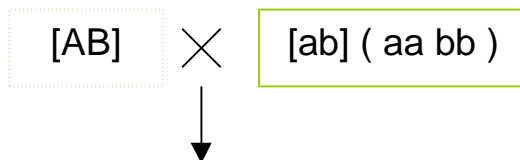
Le but du test cross est de déterminer la nature et la fréquence des gamètes produits par un organisme.

Ex :



à Dans le cas de gènes génétiquement liés, il y a une déviation des proportions. On peut alors utiliser le test du χ^2 pour comparer les tests théorique et pratique.

IV_ Test du χ^2 ou test d'homogénéité



Phénotypes	Hypothèse	Observé	
[AB]	125	140	AP
[Ab]	125	110	AR
[aB]	125	115	AR
[ab]	125	135	AP

è AR = 45 %

Principe :

- q Énoncer une hypothèse dont les résultats sont prévisibles.
 - q lci : absence de liaison génétique (AP = AR)

- q Calcul de χ^2 : $\chi^2 = \sum_i \frac{(O_i - C_i)^2}{C_i}$.
 - q lci : $\chi^2 = 5,2$

- q Déterminer le degré de liberté $\dot{Y} = \text{nombre de génotypes} - 1$.
 - q lci : $\dot{Y} = 4 - 1 = 3$

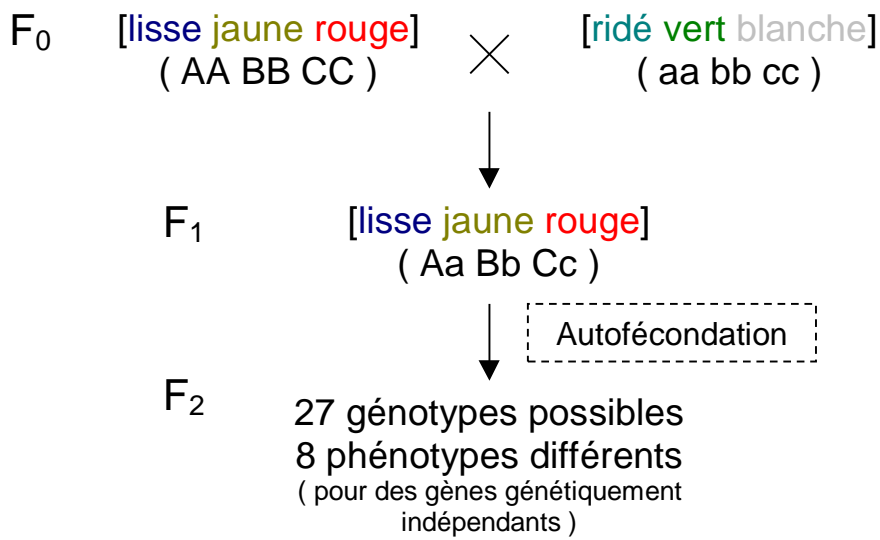
- q Chercher la valeur de χ^2 correspondant à ce que l'hypothèse soit juste pour un degré \dot{Y} et au risque \tilde{N} près.
 - q lci : $\chi^2_{\tilde{N}, \dot{Y}} = \chi^2_{0,05;3} = 7,81$ pour 5 % d'erreur

- q Comparer $\chi^2_{\text{observé}}$ et $\chi^2_{\tilde{N}, \dot{Y}}$: si $\chi^2_{\text{observé}} < \chi^2_{\tilde{N}, \dot{Y}}$, alors on accepte l'hypothèse au risque \tilde{N} près.
 - q lci : $\chi^2 < \chi^2_{0,05;3}$ à on accepte l'hypothèse, les gènes sont génétiquement indépendants

V_ Cas des individus différant par plus de deux caractères

Ex :

- A : pois lisses _ a : pois ridés
- B : pois jaunes _ b : pois verts
- C : fleurs rouges _ c : fleurs blanches



Probabilités	Génotypes	Phénotypes
27/64	(A_ B_ C_)	[lisse jaune rouge]
9/64	(A_ B_ cc)	[lisse jaune blanche]
9/64	(A_ bb C_)	[lisse vert rouge]
3/64	(A_ bb cc)	[lisse vert blanche]
9/64	(aa B_ C_)	[ridé jaune rouge]
3/64	(aa B_ cc)	[ridé jaune blanche]
3/64	(aa bb C_)	[ridé vert rouge]
1/64	(aa bb cc)	[ridé vert blanche]

Cas des séries alléliques

à Coloration de la fourrure du lapin : dominations : C > c^{ch} > c^h > C

C : coloré

c^{ch} : gris clair

c^h : himalayan

c : blanc

On effectue un test d'allélisme, c'est-à-dire que l'on croise des lignées pures de phénotypes différents, puis on observe des phénotypes en F₂.

Ex : [C] x [c^{ch}] à [C] à ¾ [C] + ¼ [c^{ch}]

[c^{ch}] x [c^h] à [c^{ch}] à ¾ [c^{ch}] + ¼ [c^h]

etc, etc

è Ce sont donc tous des allèles du même gène.

VII_ Cartographie des gènes

A. Découverte de la liaison génétique

Elle découle des expériences de Morgan sur la drosophile.

bw⁺ : yeux rouges _ bw⁻ : yeux violets

vg⁺ : ailes normales _ vg⁻ : ailes petites

1) Recherche de dominance :

$$F_0 \quad \begin{array}{l} \text{[rouge normale]} \\ (bw^+bw^+ vg^+vg^+) \end{array} \times \begin{array}{l} \text{[violet petite]} \\ (bw^-bw^- vg^-vg^-) \end{array}$$



à bw^+ et vg^+ dominant

$$F_1 \quad (bw^+bw^- vg^+vg^-) \text{ [rouge normale]}$$

2) Test cross :

$$\text{♀ } F_1 \times \text{♂ [violet petite]} \\ (bw^-bw^- vg^-vg^-)$$



à Il y a plusieurs gènes

On a commencé avec cette hypothèse pour simplifier l'écriture ...

950 : 35%	[rouge normale]	} AP
948 : 35%	[violet petite]	
388 : 15%	[violet normale]	} AR
387 : 15%	[rouge petite]	

$AP > AR$ è les gènes sont génétiquement liés

Calcul de la distance génétique :

$$d_{bw-vg} = AR / (AR + AP) * 100 = 29 \text{ cM}$$

Remarque : les crossing-over ne surviennent pas chez les mâles de la drosophile.

3) Test d'allélisme :

F_1



Autofécondation

Femelle \ mâle	$(bw^+vg^+) 50\%$	$(bw^-vg^-) 50\%$
$(bw^+vg^+) 35\%$	$[++] 17,5\%$	$[++] 17,5\%$
$(bw^+vg^-) 15\%$	$[++] 7,5\%$	$[+-] 7,5\%$
$(bw^-vg^+) 15\%$	$[++] 7,5\%$	$[+-] 7,5\%$
$(bw^-vg^-) 35\%$	$[++] 17,5\%$	$[--] 17,5\%$

$[++] = 67,5\%$
 $[--] = 17,5\%$
 $[+-] = 7,5\%$
 $[-+] = 7,5\%$

B. Cas de trois gènes liés

à Test 3 points :

bw^+ : yeux rouges _ bw^- : yeux violets

vg^+ : ailes normales _ vg^- : ailes petites

eb^+ : corps noir _ eb^- : corps marron

$$\text{♀ } \begin{array}{l} [+++] \\ (+ + ; + + ; + +) \end{array} \times \text{♂ } \begin{array}{l} [---] \\ (- - ; - - ; - -) \end{array}$$



$$(+ - ; + - ; + -) [+++]$$

à Test cross :

$[+++]$: 990
 $[---]$: 963
 $[+-+]$: 161
 $[-++]$: 156

$[- - +]$: 87
 $[+ + -]$: 65
 $[+ - -]$: 11
 $[- + +]$: 8

$AP > AR$ et il y a deux groupes majeurs è il y a donc 3 gènes génétiquement liés

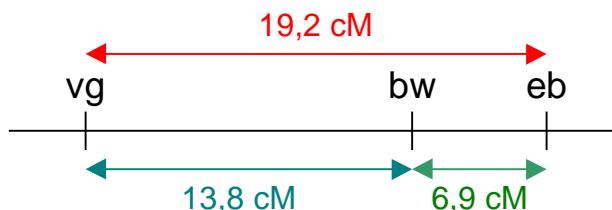
En effet, s'il y a deux groupes prédominants, il y a 3 gènes liés ; s'il y en quatre, on aura 2 gènes liés et un gène indépendant ; si on observe huit groupes majeurs, les 3 gènes sont indépendants.

à Distances génétiques :

$$d_{bw-vg} = 13,8 \text{ cM}$$

$$d_{bw-eb} = 6,9 \text{ cM}$$

$$d_{vg-eb} = 19,2 \text{ cM}$$



On observe que les distances ne sont pas additives, il faut prendre en compte les événements de double recombinaison :

Une double recombinaison donnerait : [- + +] ou [+ - -] d'où $P_r = P([- + +]) + P([+ - -])$

$$\text{Alors } d_{vg-eb \text{ correcte}} = (AR_{vg-eb} + 2 P_r) / \text{total} * 100 = 20,7 \text{ cM}$$

C. Notion d'interférence

On appelle :

_ \tilde{N} la fréquence des individus issus d'un seul crossing-over entre a et b.

_ \tilde{O} la fréquence des individus issus d'un seul crossing-over entre b et c.

_ $\tilde{Ó}$ la fréquence des individus issus de deux crossing-over entre a et b puis b et c.

$$\text{Alors on a : } f_{a-b} = \tilde{N} + \tilde{Ó} \quad \text{et} \quad f_{b-c} = \tilde{O} + \tilde{Ó}$$

Et la distance théorique d'avoir deux crossing-over :

$$f_{\text{théorique}} = f_{a-b} * f_{b-c} = (\tilde{N} + \tilde{Ó})(\tilde{O} + \tilde{Ó})$$

j Ce sont des fréquences, pour obtenir la distance génétique, il faut multiplier ces fréquences par 100.

On peut alors calculer le coefficient de coïncidence S , ainsi que l'interférence I :

$$S = \frac{f_{\text{observée de double crossing-over}}}{f_{\text{théorique de double crossing-over}}} \quad \text{et} \quad I = 1 - S$$

e Interprétation des résultats :

q $S = 1$ et $I = 0$: interférence nulle, les crossing-over ne s'influencent pas

q $S < 1$ et $I > 0$: interférence positive, l'apparition d'un crossing-over inhibe l'apparition de l'autre

q $S > 1$ et $I < 0$: interférence négative, l'apparition d'un crossing-over favorise l'apparition de l'autre

Remarques :_ il n'y a jamais d'interférence positive lorsque les gènes sont de part et d'autre du centromère

_ l'interférence positive croît généralement quand les gènes sont proches ; cela suggère que deux crossing-over sont plus difficiles à réaliser s'ils sont proches l'un de l'autre.