

Sujet type II-2 : Brassages méiotique chez la Drosophile et carte chromosomique de T.H. Morgan

A partir de l'exploitation rigoureuse des documents 1 et 2 et des connaissances sur la méiose, **montrer** que les localisations des mutations « Black », « Cinnabar » et « Cardinal » valident le document de référence établi d'après les travaux de T.H. Morgan et **indiquer** la nature des brassages génétiques mis en oeuvre.

Les résultats du « Test-cross » orienteront l'analyse des données et les mécanismes méiotiques mis en jeu seront explicités pour la division réductionnelle et la division équationnelle, pour les 2 séries d'expériences.
La structure de la composition et le soin porté aux divers schémas seront appréciés.

Introduction

Une des première préoccupation des généticiens est d'identifier les gènes (et leurs allèles) : c'est-à-dire de les **localiser** sur les chromosomes puis de **fournir leur séquence nucléotidique**. Seule la localisation des gènes sera étudiée dans ce sujet (les séquences nucléotidiques des gènes n'étant pas fournie). Cette localisation des gènes a été depuis longtemps mise en évidence par les travaux de T.H. Morgan. Il faut confirmer par les données expérimentales fournies (croisements (croisements test ou « test-cross »). Il nous faudra définir les allèles rattachés à chacun des trois gènes, étudier le rapport allélique et à partir des hypothèses fournies par l'exploitation des tests-cross valider (ou non ?) les travaux de Morgan et enfin dégager de ces études la nature des **divers brassages méiotiques** mis en oeuvre.

I- Les allèles des gènes « Black », « Cinnabar » et « Cardinal »

a) définition des allèles

Pour le 1^{er} gène, nous nommerons : « b+ » l'allèle codant pour le type sauvage (corps rayé) et « b » l'allèle codant pour la couleur noire (mutation **B**lack) du corps ; pour le 2^{ème} gène, nous nommerons : « i+ » l'allèle codant pour le type sauvage (œil brun) et « i » l'allèle codant pour la couleur rouge (mutation **C**innabar) de l'œil ; enfin pour le 3^{ème} gène, nous nommerons : « a+ » l'allèle codant pour le type sauvage (œil brun) et « a » l'allèle codant pour la couleur rouge vif (mutation **C**ardinal) de l'œil.

b) étude des rapports alléliques

Dans le 1^{er} croisement le 1^{er} et le 2^{ème} gène sont étudiés. La génération F1 est homogène et toute de phénotype sauvage soit [b+, i+] ; les parents P1 et P2 fournissent les 2 catégories de gènes et le génotype homogène de la F1 ne peut être qu'un double hétérozygote pour les 2 gènes considérés soit : (b+//b, i+//i) ou (b+, i+//b, i) selon que les gènes soient indépendants ou liés. En confrontant les 2 génotypes possibles au phénotype, on en déduit les dominances suivantes : b+ > b et i+ > i. De la même façon le 2^{ème} croisement permet de confronter pour les hétérozygotes de la F1 leur génotype (b+//b, a+//a) ou (b+, a+//b, a) à leur phénotype [b+, a+] ce qui permet de dégager les rapports alléliques suivants : b+ > b et a+ > a. Pour le 1^{er} gène « b+ » est donc dominant et « b » récessif, pour le 2^{ème} gène « i+ » est dominant et « i » est récessif et pour le 3^{ème} gène « a+ » est dominant et « a » est récessif.

II- Étude du test cross de la 1^{ère} série d'expérience : mise en évidence d'un brassage intrachromosomique

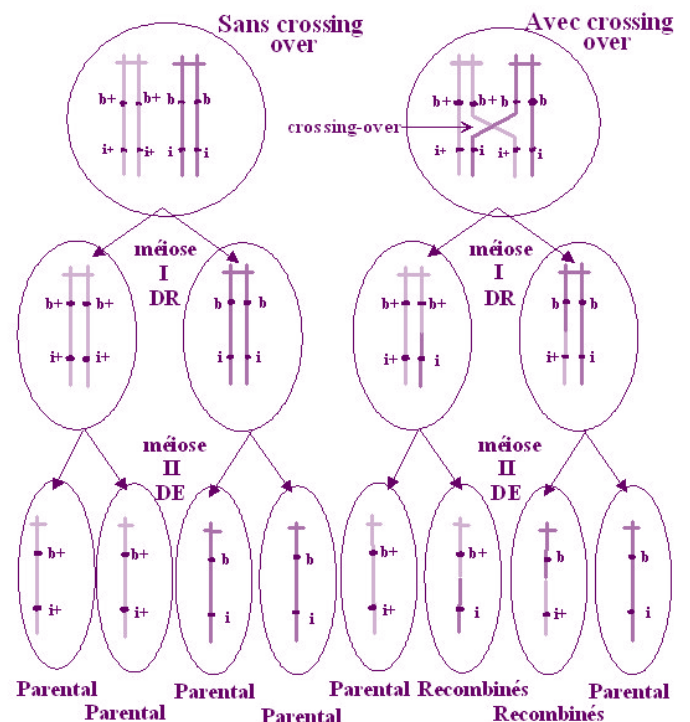
a) que tirer du croisement F1 x mâle exprimant dans son phénotype les 2 mutations

☉ Ce croisement est un test-cross car on croise un individu avec un double homozygote récessif (puis qu'il exprime les 2 mutations démontrées récessives).

☉ Le résultat de ce croisement montre que le total des types parentaux [b+, i+] et [b, i] (92 %) dépasse largement les phénotypes recombinés (= mélange des caractères parentaux) [b+, i] et [b, i+] (8 %) ==> en utilisant les connaissances acquises sur les test-cross, on peut faire l'hypothèse de **gènes liés** (= localisés sur le même chromosome), ces **proportions inégales** des phénotypes étant la conséquence d'un **brassage intrachromosomique**.

b) vérifions cette hypothèse et examinons le type de brassage à l'origine des phénotypes recombinés

☉ Le schéma ci-contre montre la méiose subie par une cellule lors de la gamétogenèse, cellule appartenant à F1 et donc de génotype (b+, i+//b, i). La méiose sans crossing-over donne exclusivement deux type de gamètes parentaux (b+, i+) et (b, i). Mais on sait qu'accidentellement (peu fréquemment) peut se produire à la fin de la prophase I, un **crossing-over** suite à l'**appariement des chromosomes homologues**. Ce crossing-over à la suite du croisement (chiasma) des chromatides donne lieu à un échange de fragments de chromatides. C'est l'anaphase II (division réductionnelle) qui sépare alors les allèles et aboutit à é génotypes gamétiques parentaux et deux nouveaux génotypes recombinés (b+, i/) et (b, i+). On vérifie donc que les types parentaux sont majoritaires. Le mâle double homozygote récessif fournit un seul type de gamètes (b, i/). L'échiquier de croisement théorique (cf. verso) construit sur l'hypothèse des gènes liés est conforme aux proportions obtenues par le test-cross et l'hypothèse est vérifiée.



c) la carte chromosomique de Morgan est-elle vérifiée par ce croisement ?

➊ Nous venons de vérifier l'hypothèse de **gènes liés** donc situés sur un même chromosome, gènes désignés par leur caractère muté « Black » et « Cinnabar ». Or le document de référence permet de repérer ces 2 gènes sur le même chromosome II aux positions 48,5 et 57,5. Nous avons donc validé cette partie du document.

➋ Rappelons les caractéristiques du brassage

méiotique qui affecte les **gènes liés** : c'est un **brassage intrachromosomique** (résulte d'un **échange de fragments de chromatides = crossing-over**), se produit en fin de **prophase I** lors de l'**appariement des chromosomes homologues** en figures de tétrades et enfin il donne des types recombinés **en faible proportion** par rapport aux types parentaux.

		Gamètes femelle de F1 (et leur probabilité relative)			
		(b+ , i+ /) ****	(b , i /) ****	(b+ , i /) *	(b , i+ /) *
Gamète mâle (b , i /)		(b+ , i+ // b , i) [b+ , i+] ****	(b , i // b , i) [b , i] ****	(b+ , i // b , i) [b+ , i] *	(b , i+ // b , i) [b , i+] *
		Types parentaux *****		Types recombinés **	

III- Étude du test cross de la 2^{ème} série d'expérience : mise en évidence d'un brassage interchromosomique

a) que tirer du croisement F1 x mâle exprimant dans son phénotype les 2 mutations

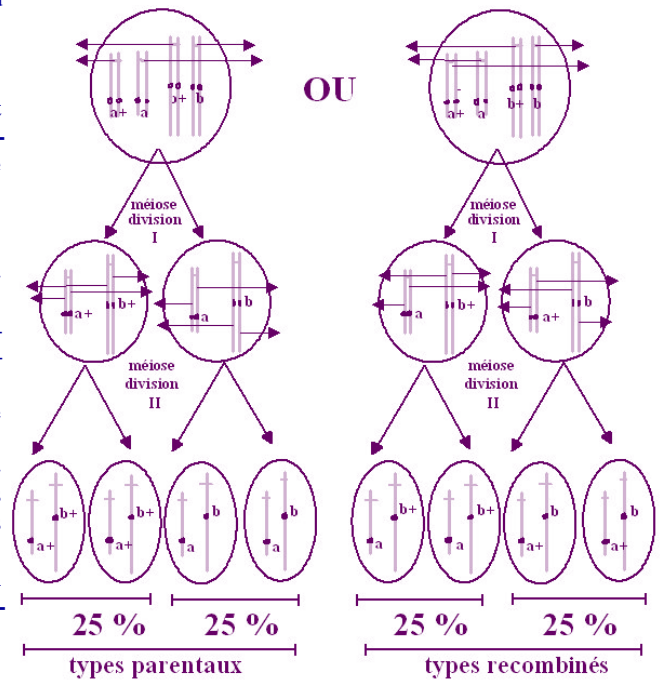
➊ Ce croisement est un test-cross car on croise un individu avec un double homozygote récessif (puis qu'il exprime les 2 mutations démontrées récessives).

➋ Le résultat de ce croisement montre que le total des types parentaux [b+ , a+] et [b , a] (50 %) égale les phénotypes recombinés (= mélange des caractères parentaux) [b+ , a] et [b , a+] (50 %) ==> en utilisant les connaissances acquises sur les test-cross, on peut faire l'hypothèse de gènes indépendants (= localisés sur deux paires de chromosomes), ces **proportions égales** des phénotypes étant la conséquence d'un **brassage interchromosomique**.

b) vérifions cette hypothèse et examinons le type de brassage à l'origine des phénotypes recombinés

➊ Le schéma ci-contre montre la méiose subie par une cellule lors de la gamétogenèse, cellule appartenant à F1 et donc de génotype (b+ , a+ // b , a). Lors de la **métaphase I** de la division réductionnelle, les chromosomes homologues

de chaque paire se fixe sur une même fibre du fuseau achromatique. Par rapport au plan équatorial du fuseau achromatique, un chromosome homologue peut se fixer au-dessus ou au-dessous dans le cas d'un fuseau vertical. Compte-tenu du **positionnement aléatoire des chromosomes homologues à la métaphase** et du fait que **chaque paire est indépendante** des autres, l'anaphase I séparera de 2 façon les allèles de la F1 (cf. schéma ci-contre). Notons que l'anaphase II (division réductionnelle) ne modifie pas le brassage. C'est donc le positionnement à la métaphase I et la séparation effective des allèles à l'anaphase I qui est déterminante dans ce type de brassage. On vérifie donc que les types gamétiques parentaux (b+ / , a+ /) et (b / , a /) sont égaux aux types gamétiques recombinés (b+ / , a /) et (b / , a+ /). Le mâle double homozygote récessif fournit un seul type de gamètes (b / , a /) . L'échiquier de croisement théorique (cf. ci-contre) construit sur l'hypothèse des gènes indépendants est conforme aux proportions obtenues par le test-cross et l'hypothèse est vérifiée.



c) validation de la carte chromosomique de Morgan

➊ Nous venons de vérifier l'hypothèse de **gènes indépendants** donc situés sur des chromosomes différents, gènes désignés par leur caractère muté « Black » et « Cardinal ». Or le document de référence permet de repérer respectivement ces 2 gènes sur les chromosomes II (positions 48,5) et III (position 75,7). Nous avons donc validé cette partie du document.

➋ Rappelons les caractéristiques du brassage méiotique qui affecte les **gènes indépendants** : c'est un **brassage interchromosomique** (résulte d'un **positionnement aléatoire** de part et d'autre de la plaque métaphasique du fuseau achromatique des **chromosomes homologues** et cela indépendamment d'une paire à l'autre), se met en place à la **métaphase I** la **disjonction allélique intervenant à l'anaphase I**, enfin il donne des types recombinés **en proportion égale** aux types parentaux.

		Gamètes femelle de F1 (et leur probabilité relative)			
		(b+ / , a+ /) ***	(b / , a /) ***	(b+ / , a /) ***	(b / , a+ /) ***
Gamète mâle (b / , a /)		(b+ // b , a+ // a) [b+ , a+] ***	(b // b , a // a) [b , a] ***	(b+ // b , a // a) [b+ , a] ***	(b // b , a+ // a) [b , a+] ***
		Types parentaux *****		Types recombinés *****	

Conclusion Les gènes selon leur position relative sur les chromosomes sont brassés lors de la méiose :

+ par brassage intrachromosomique (comme c'est le cas pour les gènes « Black » et « Cinnabar » situés sur le chromosome II), les crossing-over introduisent une faible quantité de types recombinés,

+ par brassage interchromosomique (comme c'est le cas pour les gènes « Black » et « Cardinal » situés sur les chromosomes II et III), la séparation aléatoire des chromosomes homologues à l'anaphase I suite à leur positionnement à la métaphase I fournit une quantité égale de type parentaux et de type recombiné. Il reste à étudier l'effet combiné de ces 2 types de brassages...