

Activité 2: Le brassage génétique au cours de la méiose

La reproduction sexuée assure, du fait de l'alternance méiose / fécondation, la stabilité du caryotype de l'espèce, tout en introduisant une grande diversité dans les descendants.

Comment la méiose participe-t-elle à la diversification génétique des individus ?

La drosophile ou mouche du vinaigre est un animal très utilisé en génétique (petite taille, reproduction rapide, nombreuses formes mutantes connues). Vous allez travailler sur des croisements effectués entre deux souches mutantes différentes pour deux caractères en analysant leur descendance.

Démarche de résolution: Pour mettre en évidence un brassage des gènes il faut considérer au moins 2 gènes (2 couples d'allèles gouvernant chacun un caractère monogénique). Ces gènes doivent présenter une variabilité, il faut un individu hétérozygote pour les 2 gènes considérés. Pour mettre en évidence ce brassage génétique lors de la méiose il faut déterminer le génotype des gamètes issus des méioses chez l'hétérozygote; or les caractères étudiés ne s'expriment pas toujours au niveau des gamètes (exemple: caractère forme des ailes), cela pose un problème pour déterminer le génotype des gamètes. On réalise donc un croisement test avec un double homozygote récessif; connaissant le génotype des gamètes produits par le double homozygote récessif, et observant les phénotypes (ainsi que leurs proportions) des descendants du croisement test, on en déduit les génotypes et la proportion des gamètes produits par l'hétérozygote.

Série de croisements A			Série de croisements B		
	P1	P2		P1	P2
Phénotype	[AL ; CG]	[AV ; CN]	Phénotype	[AL ; CG]	[AV ; CN]
Génotype	(Vg+//Vg+; e+//e+)	(Vg//Vg ; e//e)	Génotype	(Vg+//Vg+; b+//b+)	(Vg//Vg ; b//b)
Génotype des gamètes et proportion	100% de gamètes (Vg+// ; e+//)	100% de gamètes (Vg// ; e//)	Génotype des gamètes et proportion	100% de gamètes (Vg+// ; b+//)	100% de gamètes (Vg// ; b//)
	P1 x P2 -> F1			P1 x P2 -> F1	
Phénotype et proportion des F1	100 % de F1 [AL ; CG]		Phénotype et proportion	100 % de F1 [AL ; CG]	
Génotype des F1	(Vg+//Vg ; e+//e)		Génotype	(Vg+//Vg ; b+//b)	
Relation dominance récessivité	[AL] > [AV] [CG] > [CN]		Relation dominance récessivité	[AL] > [AV] [CG] > [CN]	
	F1 x P2 --> croisement test			F1 x P2 --> croisement test	
Génotype des gamètes et proportion	F1 -> ?	P2 -> 100 % de gamètes (Vg// ; e//)	Génotype des gamètes et proportion	F1 -> ?	P2 -> 100 % de gamètes (Vg// ; b//)
Phénotypes et proportions des descendants du croisement test	1/4 [AL ; CG] (Vg+//Vg ; e+//e) 1/4 [AV ; CN] (Vg//Vg ; e+//e) 1/4 [AL ; CN] (Vg+//Vg ; e//e) 1/4 [AV ; CG] (Vg//Vg ; e//e)		Phénotypes et proportions des descendants du croisement test	40% [AL ; CG] (Vg+//Vg ; b+//b) 40% [AV ; CN] (Vg//Vg ; b+//b) 10% [AL ; CN] (Vg+//Vg ; b//b) 10% [AV ; CG] (Vg//Vg ; b//b)	
Génotypes et proportions des gamètes produits par F1	1/4 (Vg+// ; e+//) 1/4 (Vg// ; e//) 1/4 (Vg+// ; e//) 1/4 (Vg// ; e+//)		Génotypes et proportions des gamètes produits par F1	40% (Vg+// ; b+//) 40% (Vg// ; b//) 10% (Vg+// ; b//) 10% (Vg// ; b+//)	

Dans les deux séries de croisements, les individus F1 (doubles hétérozygotes) produisent 4 types de gamètes:

- Des gamètes présentant le même génotype que les gamètes à l'origine des F1: exemples: (Vg+// ; e+//) et (Vg// ; e//) ; on qualifie ces gamètes de gamètes de types parentaux.
- Des gamètes présentant de nouveaux génotypes: exemples: (Vg+// ; e//) et (Vg// ; e+//). Ces gamètes renferment un allèle que F1 avait reçu de P1 associé à un allèle que F1 avait reçu de P2; on les qualifie de gamètes recombinés; ils résultent et sont la preuve d'un mélange des allèles ou brassage génétique au cours de la méiose chez les F1.

Dans la série de croisements A, la proportion de gamètes de types parentaux est égale à la proportion de gamètes recombinés. Le brassage semble résulter d'un phénomène aléatoire (une chance sur deux que le gamète subisse le brassage). Hypothèse: le brassage à l'origine de la formation de gamètes recombinés lors des méioses chez les F1 serait du à la position aléatoire des chromosomes homologues (bivalents) de part et d'autre du plan équatorial en métaphase 1.

Dans la série de croisements B, la proportion de gamètes de types parentaux est supérieure à la proportion de gamètes recombinés. Le brassage semble résulter d'un phénomène rare (probabilité que le gamète subisse le brassage < probabilité que le gamète ne subisse pas le brassage). Hypothèse: le brassage à l'origine de la formation de gamètes recombinés lors des méioses chez les F1 serait du aux crossing over

Il faut désormais envisager les conséquences vérifiables de nos hypothèses pour les comparer aux résultats des analyses des croisements tests afin de conforter ou réfuter nos hypothèses...

Série de croisements A

La proportion de gamètes de types parentaux est égale à la proportion de gamètes recombinés. Le brassage semble résulter d'un phénomène aléatoire (une chance sur deux que le gamète subisse le brassage).

Hypothèse: Le brassage à l'origine de la formation de gamètes recombinés lors des méioses chez les F1 serait dû à la position aléatoire des chromosomes homologues (bivalents) de part et d'autre du plan équatorial en métaphase 1.

Pour être affecté par un tel brassage, les deux gènes considérés devraient être situés sur deux paires d'homologues différentes, c'est à dire des gènes indépendants (Si vous ne comprenez pas cela, essayez d'appliquer schématiquement un tel brassage en considérant deux gènes liés, et vous verrez que ce brassage n'a aucune incidence sur des gènes liés)

	Méiose: possibilité 1				Méiose: possibilité 2			
Métaphase 1								
Télophase 1								
Télophase 2								
Génotype des gamètes	(Vg+/ ; e+/)	(Vg+/ ; e+/)	(Vg/ ; e/)	(Vg/ ; e/)	(Vg+/ ; e/)	(Vg+/ ; e/)	(Vg/ ; e+/)	(Vg/ ; e+/)
Type de gamète	Parental	Parental	Parental	Parental	Recombiné	Recombiné	Recombiné	Recombiné
Proportions	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4
	Cette méiose produit 100 % de gamètes de types parentaux				Cette méiose produit 100 % de gamètes recombinés			
	Les deux méioses étant équiprobables, sur un grand nombre de méioses on s'attend à obtenir 50 % de gamètes de types parentaux, et 50 % de gamètes recombinés.							

La position des bivalents par rapport au plan équatorial en métaphase 1 étant aléatoire, les 2 méioses possibles sont donc équiprobables. Ainsi, si l'on considère un grand nombre de méioses on s'attend à observer une proportion de gamètes recombinés égale à la proportion de gamètes de types parentaux.

Les résultats de l'analyse du croisement test de la série A sont conformes aux conséquences vérifiables de notre hypothèse. L'hypothèse est confirmée: le brassage génétique mis en évidence lors des méioses des F1 de la série A résulte de la position aléatoire des bivalents en métaphase 1.

Ce type de brassage est qualifié de brassage inter-chromosomique.

Série de croisements B

La proportion de gamètes de types parentaux est supérieure à la proportion de gamètes recombinés. Le brassage semble résulter d'un phénomène rare. (La probabilité que les gènes subissent le brassage lors de la méiose est inférieure à la probabilité que les gènes ne subissent pas le brassage).

Hypothèse: Le brassage à l'origine de la formation de gamètes recombinés lors des méioses chez les F1 serait du aux crossing over

Un crossing over est un échange de fragments de chromatides non sœurs entre chromosomes homologues appariés en prophase 1 ayant lieu au niveau de certains chiasma. Les crossing over sont des phénomène dont la fréquence est rare et dont la localisation est aléatoire.

Pour être affecté par un tel brassage, les deux gènes considérés devraient être situés sur la même paire d'homologues, c'est à dire des gènes liés; de plus, le crossing over devrait s'opérer entre les deux gènes liés. (Si vous ne comprenez pas cela, essayez d'appliquer schématiquement un tel brassage en considérant deux gènes indépendants ou en considérant un crossing over s'opérant au delà de deux gènes liés , et vous verrez que ce brassage n'a alors aucune incidence sur les deux gènes) .

	Méiose sans crossing over (ces meioses sont majoritaires)				Méiose avec crossing over (ces méioses sont rares)			
Prophase 1					Pendant le crossing over:		Résultat du crossing over:	
Métaphase 1								
Télophase 1								
Télophase 2								
Génotype des gamètes	(Vg ^{+/} ; b ^{+/})	(Vg ^{+/} ; b ^{+/})	(Vg/ ; b/)	(Vg/ ; b/)	(Vg ^{+/} ; b ^{+/})	(Vg ^{+/} ; b/)	(Vg/ ; b ^{+/})	(Vg/ ; b/)
Type de gamète	Parental	Parental	Parental	Parental	Parental	Recombiné	Recombiné	Parental
Proportions	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4
	Cette méiose produit 100 % de gamètes de types parentaux				Cette méiose produit 50 % de gamètes de types parentaux et 50 % de gamètes recombinés			
	Les méioses sans crossing over étant plus fréquentes que les méioses avec crossing over, si l'on considère un grand nombre de méioses, on s'attend à observer une proportion de gamètes de types parentaux supérieure à la proportion de gamètes recombinés							

Les crossing over étant des phénomènes rares, les 2 méioses possibles ne sont donc pas équiprobables: les méioses sans crossing over sont plus fréquentes que les méioses avec crossing over. Ainsi, si l'on considère un grand nombre de méioses on s'attend à observer une proportion de gamètes recombinés inférieure à la proportion de gamètes de types parentaux.

Les résultats de l'analyse du croisement test de la série B sont conformes aux conséquences vérifiables de notre hypothèse. L'hypothèse est confirmée: le brassage génétique mis en évidence lors des méioses des F1 de la série B résulte de crossing over ayant eu lieu lors de la prophase 1 de certaines méioses.

Ce type de brassage est qualifié de brassage intra-chromosomique.