



Abécédaire félinotechnique

P pour « Punnett »

Elisabeth Morcel, Kreiz ar Mor Maine Coons, pour CoonCept.fr. 05.2021

Le carré de Punnett est un outil de base pour les éleveurs félines, mais qu'est-ce que c'est exactement ? Et qui était donc ce Punnett ?

Reginald Punnett : du pois au poulet

Reginald Crundall Punnett (1875 - 1967) était un généticien britannique, qui a notamment œuvré pour faire connaître la génétique au grand public. Avec d'autres savants, il a contribué à établir la science de la génétique, alors nouvelle, à Cambridge, où il a enseigné. Il a fait progresser cette science grâce à des expériences sur des pois de senteur et des poulets et inventé des méthodes d'enseignement, dont le fameux carré.



Le carré de Punnett, kekseksa ?

C'est un outil sous forme de tableau, créé par Reginald C. Punnett pour expliquer les résultats obtenus par Mendel, le père de la génétique. Mendel avait notamment découvert que :











- ◆ Un trait peut présenter deux formes différentes (les allèles, qui sont les variantes d'un gène, comme silver et non silver par exemple).
- ◆ Un organisme hérite de 2 allèles pour chaque trait.
- ◆ L'allèle dominant empêche l'expression de l'allèle récessif.
- ◆ Les 2 allèles d'une paire se séparent durant la formation des gamètes (cellules reproductrices)
- ◆ Les paires d'allèles se séparent de façon indépendante les unes des autres.

Le carré de Punnett illustre ces notions.

A quoi ça sert ?

Le carré de Punnett représente les génotypes (patrimoines héréditaires) possibles de la progéniture issue d'un accouplement spécifique et les probabilités d'apparition des différentes combinaisons possibles. On peut aussi utiliser un carré de Punnett pour déterminer un génotype manquant à partir des autres génotypes impliqués dans un croisement. Deux types de carrés de Punnett sont couramment utilisés :

- ◆ Le premier est utilisé quand on observe un trait unique déterminé par un locus génétique (emplacement d'un gène sur un chromosome), ce qu'on nomme un croisement monohybride. Dans ce cas, on a 2 lignes et 2 colonnes.
- ◆ Le second type est utilisé si on suit 2 traits. Il faut alors 4 lignes et 4 colonnes.

	Père		
Mère			
			
			

Pour plus de 2 traits, le carré de Punnett est difficile à manier car beaucoup trop de combinaisons d'allèles sont possibles. On utilise donc d'autres outils pour prédire les résultats de ces croisements.

Ce qu'il faut savoir avant de l'utiliser :

- ◆ Phénotype : les traits apparents, l'aspect extérieur.
- ◆ Génotype : ensemble des caractères génétiques d'un être vivant, son patrimoine héréditaire.
- ◆ Tous les animaux ont 2 allèles de chaque gène et en transmettent un à leur progéniture. Par exemple, quand un chat silver porteur de non silver forme des gamètes, les allèles silver et non silver se séparent et vont vers des gamètes différents. En conséquence, la moitié des gamètes produits par le parent silver porteur de non silver auront l'allèle silver et l'autre moitié l'allèle non silver.
- ◆ Un individu ayant 2 allèles différents pour un gène est dit hétérozygote (p. ex. un chat silver porteur de non silver). Le phénotype d'un individu hétérozygote est considéré comme la forme "dominante" du gène et le trait non exprimé est dit "récessif". Par exemple, chez le chat, l'allèle nommé I, qui code pour le silver est dominant par rapport à i codant pour le non silver.
- ◆ Un individu ayant 2 copies du même allèle pour un gène est dit homozygote pour ce gène. : un chat dilué est homozygote pour la dilution.
- ◆ Pour les traits à dominance complète, un allèle dominant suffit pour exprimer le phénotype dominant, comme le silver ou le blanc épistatique.
- ◆ Codominance : quand 2 allèles ne sont ni dominants ni récessifs l'un par rapport à l'autre et sont tous 2 exprimés phénotypiquement, comme le red et le noir chez les chattes écaillé.
- ◆ Il faut 2 allèles récessifs pour exprimer le phénotype récessif, comme la dilution chez le chat.
- ◆ Il peut y avoir plusieurs allèles pour un gène mais un individu a au maximum 2 variantes par gène.
- ◆ Les 2 parents ont une chance égale de transmettre chacun de leurs allèles.

Pour créer un carré, il faut connaître le génotype des parents et savoir si certains allèles sont dominants, récessifs ou co-dominants.

Et maintenant, à nous de jouer !

Je prends l'exemple d'une portée née chez moi : mâle silver porteur de non silver (codé Ii), femelle non silver (codée ii). On note les gamètes portés par le mâle en haut du tableau et ceux produits par la femelle dans la colonne de gauche. Ensuite, on remplit les cases avec les combinaisons possibles.

	Silver (I)	Non silver (i)
Non silver (i)	I i = silver hétérozygote	i i = non silver
Non silver (i)	I i = silver hétérozygote	i i = non silver

Chaque case au centre du tableau représente un génotype potentiel pour la progéniture (moitié du père et moitié de la mère) et a une chance égale de se produire.













- ◆ Certaines cellules du carré de Punnett ont des génotypes en double (ici Ii et ii) et on les additionne pour trouver les probabilités d'apparition des combinaisons possibles.











Donc, pour cette portée 50 % des chatons seraient silver hétérozygotes, et 50 % non silver. Sauf qu'il s'agit bien de probabilités, qui se vérifient sur des milliers de chatons. En réalité, c'est souvent différent : ce mariage m'a donné 6 chatons brown tabby et un noir. Cela m'a permis de savoir que les deux parents étaient porteurs de solide (c'est une autre utilisation du carré de Punnett : trouver le génotype des parents à partir du phénotype de la progéniture).

- ◆ Certaines cellules du carré de Punnett présentent des génotypes différents mais le même phénotype. Dans ce cas, les hétérozygotes apparaissent de la même façon que les homozygotes dominants. On le voit dans le carré ci-dessus : les chats silver sont hétérozygotes. Pour donner un autre exemple, prenons un mariage entre 2 chats de couleur pleine, comme le noir ou le red, porteurs de dilution.

	Pleine couleur (D ⁺)	Dilution (d)
Pleine couleur (D ⁺)	D ⁺ D ⁺ = pleine couleur homozygote	d D ⁺ = pleine couleur hétérozygote
Dilution (d)	D ⁺ d = pleine couleur hétérozygote	d d = dilué









Dans ce cas les probabilités sont de 3 chatons de pleine couleur sur 4, mais deux d'entre eux sont porteurs de dilution. Pour le même phénotype, nous avons 2 génotypes : pleine couleur homozygote et pleine couleur porteur de dilution donc des chats noirs ou red, porteurs ou non de dilution. Ci-dessous une illustration simplifiée :













Père \ Mère		
	 / 	 / 
	 / 	 / 

Père \ Mère		
	 / 	 / 
	 / 	 / 

Devinette

Ma chatte noire a été accouplée à un matou noir. Il est né un matou bleu. Un chat bleu est homozygote pour cette couleur. En remplissant le carré, j'obtiens d'abord le tableau de gauche et en le complétant (à droite), j'obtiens ce que portent mes chats et les probabilités de couleurs liées à ce mariage.

Père \ Mère		?
	 / 	 / ?
?	 / ?	 / 

Père \ Mère		
	 / 	 / 
	 / 	 / 

Pour conclure

Les limites du carré de Punnett

Le carré de Punnett ne fonctionne qu'avec des traits monogéniques (couleur du pelage, tabby).

- On ne peut pas les utiliser dans de nombreuses situations impliquant un héritage génétique complexe, comme lorsqu'il existe un lien (linkage) entre deux gènes. Le terme « liaison génétique (genetic linkage) » signifie que deux gènes sont à proximité l'un de l'autre sur le même chromosome. Dans ce cas, la probabilité que ces deux traits soient hérités ensemble, dans la même combinaison que celle trouvée chez le parent, est élevée. Ces liaisons modifient la distribution aléatoire des deux traits chez la progéniture, rendant le carré de Punnett non fiable comme outil de prédiction.
- Quand un seul trait est déterminé par des polygènes (comme le rufisme chez le chat), le carré de Punnett ne peut pas prédire la distribution des phénotypes dans la descendance. Un exemple : la taille humaine

est déterminée par plus de quatre cents gènes répartis sur le génome, et elle est en plus influencée par des facteurs environnementaux comme la nutrition.

- ♦ Les gènes complètement hérités d'un parent, comme ceux des mitochondries (transmis uniquement par la mère) ou du chromosome Y (transmis uniquement par le père), ainsi que les génotypes mortels pour le fœtus, faussent les résultats d'un carré de Punnett.

Utile en élevage, mais pas que...

Les principes du carré de Punnett peuvent être appliqués pour comprendre la fréquence de transmission de tout trait monogénique, y compris la plupart des maladies génétiques que nous dépistons. On les utilise en conseil génétique pour aider les couples à prendre la décision d'avoir des enfants, par exemple, en cas de portage d'une maladie autosomique récessive



(*) : voir les autres fiches de l'Abécédaire

Nom des couleurs : nomenclature du LOOF

Crédit photos : Merci aux participants du groupe CoonCept sur Face Book

Source principale : <http://messybeast.com/> par Sarah Hartwell (ma Bible)

<http://messybeast.com/gene-loci.htm>

et aussi :

<https://biologydictionary.net/punnett-square/>

[https://bio.libretexts.org/Bookshelves/Introductory_and_General_Biology/Book%3A_Introductory_Biology_\(CK-12\)/03%3A_Genetics/3.06%3A_Punnett_Squares](https://bio.libretexts.org/Bookshelves/Introductory_and_General_Biology/Book%3A_Introductory_Biology_(CK-12)/03%3A_Genetics/3.06%3A_Punnett_Squares)

<https://simmental.org/site/index.php/learning-library/genetic-selection-tools/history-of-beef-cattle-selection/simple-traits/83-a-punnett-square-a-tool-to-help-manage-simple-ggenetic-traits>

<https://www.cambridge.org/core/books/whipple-museum-of-the-history-of-science/chicken-heads-and-punnett-squares-reginald-punnett-and-the-role-of-visualisations-in-early-genetics-research-at-cambridge-19001930/3ACBB5CADD65A0D25AF107157D281364/core-reader>

<https://www.futura-sciences.com/sante/definitions/biologie-gamete-150/>

L'indispensable (en français) : « Le nouveau chat de race », d'Alyse Brisson