

## **Les croisements auto-sexables - essai de vulgarisation -**

La génétique est la science qui permet de comprendre la transmission héréditaire des caractères. Ces caractères sont codés sous forme de gènes, non visibles à l'œil nu, et l'expression ou la non-expression de ces gènes résulte en la réalisation du phénotype, ensemble des caractères visibles d'un individu. La génétique permet donc d'appréhender la formation du phénotype. Il est alors possible au généticien ou à l'éleveur de prévoir les phénotypes théoriques des issus des croisements effectués.

Il est important de comprendre que les règles de transmission des caractères sont bien établies et prouvées scientifiquement depuis des décennies, mais que les prévisions génétiques, des prévisions statistiques !, ne sont vérifiables avec précisions que sur une importante descendance. Vous savez probablement qu'en croisant un mâle canari blanc dominant avec une femelle canari jaune, il est obtenu 50% de blanc dominant et 50% de jaune. Ainsi, sur une nichée de quatre jeunes, il est espéré deux blancs dominant, et deux jaunes. Mais qui n'a pas entendu un jour ou l'autre un éleveur dire « la génétique, c'est bien beau, mais cela ne marche pas chez moi. Tenez, en croisant blanc dominant X jaune, j'ai eu quatre jeunes tous jaunes ! ». Qu'aurait dit cet éleveur s'il n'avait eu qu'un seul jeune ?

Tout le monde comprend que la règle ne peut être vérifiée avec un seul descendant. Et bien pour uniquement quatre descendants, c'est la même chose. L'éleveur s'attend à une moitié de jeunes blancs et à une moitié de jeunes jaunes, mais sans garantie de résultat sur quelques naissances. Par contre sur dix naissances, il y aura probablement cinq jeunes de chaque couleur ou six de l'une et quatre de l'autre. Certains seront tentés de dire que dans le dernier cas, ce n'est pas du 50-50, mais du 40-60. Encore une fois, le faible nombre de jeunes explique le décalage entre les prévisions et les observations, mais en aucun l'exactitude des prévisions n'est remise en cause (il est toujours sous-entendu à la mutation spontanée près, qui n'est pas prévisible).

La connaissance de la génétique pratique est donc un bien précieux pour l'éleveur. Une de ses applications les plus intéressantes est la possibilité d'effectuer des croisements auto-sexables, c'est à dire des croisements donnant des jeunes dont le sexe est directement visible selon la couleur du plumage.

Quel est le principe d'un tel croisement ?

La règle brute pouvant être énoncée au sujet des croisements auto-sexables chez les oiseaux est la suivante :

**<< Dans un croisement auto-sexable, les jeunes femelles ont les couleurs du père, les jeunes mâles étant de couleurs différentes de celles du père >>.**

Certains vous diront d'emblée que « cela ne marche pas ». Les raisons qui m'ont été rapportées sont les suivantes :

- (*Remarque 01*) : « j'ai lu dans un livre que le gène codant pour le brun est lié au sexe, hé bien c'est n'importe quoi parce que j'ai des bruns aussi bien en femelles qu'en mâles » .
- (*Remarque 02*) : « j'ai entendu dire qu'en croisant mâle canari agate X femelle canari brune, toutes les jeunes femelles devaient être agates et les jeunes mâles noir-bruns, alors que j'ai eu des femelles agates et isabelles, et des mâles noirs-bruns et bruns ! ».

Ces remarques ont été formulées car leurs auteurs n'avaient pas compris le principe de la détermination sexuelle du canari et des règles de transmissions génétiques des caractères.

Chez le canari comme dans de nombreuses autres espèces, le sexe est déterminé par les chromosomes sexuels X et Y, mais contrairement aux mammifères (dont l'homme), un oiseau ayant les chromosomes X et Y est une femelle, et non un mâle (*voir tableau 01*) .

**Tableau 01** : Détermination du sexe en fonction des chromosomes sexuels X et Y.

	Mâle	Femelle
Oiseaux	XX	XY
Mammifères	XY	XX

Fort de ce premier fait, il apparaît donc que seuls les gènes portés par les chromosomes X et Y permettent, dans certains cas, de différencier les jeunes mâles des jeunes femelles. Ces gènes, en pratique présent sur le chromosome X, le petit chromosome Y ne comportant que peu d'informations génétiques, sont appelés des **gènes liés au sexe**.

Les chromosomes sont hérités pour moitié du père, et pour moitié de la mère, lors de la fécondation. Chaque chromosome est donc présent en double dans le jeune, d'où l'expression de « **paire de chromosomes** » .

Chaque gène est donc présent deux fois (exceptés les gènes liés au sexe), et la copie d'un gène est appelé un **allèle**. Un même gène peut avoir de nombreux allèles, chaque mutation du gène étant un allèle différent.

La forme non mutée d'un allèle est dite **sauvage**, et symbolisée par un « + » à côté du nom de l'allèle.

La position physique d'un allèle sur un chromosome est appelée un **locus** (au pluriel : des loci).

Les chromosomes sexuels X et Y sont dénommés **hétérochromosomes** ou **hétérosomes** car ils sont différents l'un de l'autre, et chez la femelle, la « paire » de chromosomes sexuels n'est pas constituée de deux fois du même chromosome, mais d'un chromosome X et d'un chromosome Y. Ces chromosomes X et Y sont parfois remplacés par l'appellation Z et W, respectivement, pour les distinguer des chromosomes X et Y des mammifères.

Les chromosomes non sexuels portent le nom d'**autosomes**, les deux chromosomes d'une même paire étant similaires.

Un **gène autosomal** ou **libre** est donc un gène qui n'est pas lié au sexe.

Lors de la fécondation, le père canari transmet toujours un chromosome X à ses descendants. La mère, elle, peut transmettre un X à ses jeunes, ou un Y. Dans le premier cas, ce seront des mâles, dans le deuxième cas, des femelles.

Comme le chromosome sexuel Y ne comporte que peu d'informations et que nos gènes d'intérêts sont portés par le chromosome X, les jeunes femelles héritent des gènes liés au sexe de leur père. Il est à noter que le père possède deux chromosomes X, avec des allèles identiques pour certains gènes, et des allèles différents pour d'autres gènes. Il peut donc donner deux allèles différents du même gène à ses futurs jeunes.

Un oiseau **homozygote** pour un gène (les éleveurs parlent souvent, à tort, d'oiseau « pur ») est un oiseau dont les deux allèles d'un même gène sont identiques. Lorsque les deux allèles sont différents, l'oiseau est **hétérozygote** en regard du locus considéré : il est appelé « porteur » si la mutation est récessive.

Une femelle ne peut donc être porteuse d'un gène lié au sexe, car cela supposerait qu'une femelle possède deux chromosomes X, or, elle n'en a qu'un seul.

Une mutation **récessive** est une mutation dont l'action est masquée par un allèle **dominant**, dont l'effet est exprimé. Il n'y a donc pas de lien direct entre récessivité / dominance et gène libre / lié au sexe comme cela est parfois colporté.

L'erreur de raisonnement dans la (*Remarque 01*) saute de suite aux yeux : l'éleveur en question pensait que les gènes liés au sexe « faisaient » le sexe, alors qu'un gène lié au sexe est simplement un gène porté par le chromosome sexuel X (ou Y). Les gènes liés au sexe, et les phénotypes en découlant, se retrouvent donc aussi bien chez les mâles que chez les femelles, sauf cas particuliers.

La (*Remarque 02*) est due à une méconnaissance des règles de transmissions génétiques des caractères. En croisant mâle canari agate X femelle canari brune, il est vrai que le résultat attendu est

de 50% de femelles agates et 50% de mâles noir-bruns. L'éleveur ayant tenu ces propos nous dit qu'il a obtenu aussi des femelles isabelles et des mâles bruns : cela s'explique facilement par le fait que le mâle n'était pas homozygote pour le facteur « présence de brun » mais porteur de l'allèle « réduction de brun », autrement dit, porteur d'isabelle.

Dans ce cas, mâle canari agate porteur d'isabelle X femelle canari brune donne :

- 25% de femelles agates
- 25% de femelles isabelles
- 25% de mâles noir-bruns porteurs d'isabelle
- 25% de mâles bruns porteurs d'isabelle.

Les résultats « inattendus » obtenus dans ce croisement sont donc facilement explicables et ne remettent pas en cause le principe des croisements auto-sexables, au contraire, puisque les jeunes femelles ont les couleurs du père, et les jeunes mâles une couleur différente de celles du père.

Comment réaliser un croisement auto-sexable ?

**Les croisements auto-sexables ne peuvent être réalisés qu'avec des gènes récessifs et liés au sexe.**

Les gènes dont nous allons parler par la suite seront donc tous des gènes récessifs liés au sexe.

La liste non exhaustive des gènes récessifs liés au sexe chez le canari est la suivante :

- gènes relatifs aux mélanines :
  - o agate (« réduction de brun »)
  - o brun (« absence de noir »)
  - o isabelle : combinaison d'agate et de brun
  - o pastel (« réduction de noir », terme impropre pour décrire l'action du gène pastel)
  - o satiné (considéré comme un allèle du gène agate)
- gènes relatifs aux lipochromes :
  - o ivoire (« réduction » du lipochrome)

Le but étant d'obtenir une différence de coloration entre mâles et femelles issus du croisement, il faut absolument proscrire :

- les croisements d'oiseaux ayant la même couleur : il va de soi qu'il y aura des jeunes ayant la même couleur que leurs parents dans les deux sexes.
- Les croisements de type « mâle de couleur dominante (par rapport à la couleur de la femelle) X femelle de couleur récessive (par rapport à la couleur du mâle) », car et les jeunes femelles et les jeunes mâles seront de la couleur dominante.

Il faut donc faire des croisements du type :

- mâle de couleur récessive (par rapport à la couleur de la femelle) X femelle de couleur dominante (par rapport à la couleur du mâle), donnant, pour un mâle homozygote :
  - o des jeunes mâles de la couleur dominante de leur mère porteurs de la couleur récessive de leur père
  - o des jeunes femelles de la couleur récessive de leur père.
- mâle d'une (combinaison de) mutation(s) A x femelle d'une (combinaison de) mutation(s) B, donnant, pour un mâle homozygote :
  - o des jeunes mâles de couleur sauvage pour les (combinaisons de) mutations A et B du fait de la complémentation génique
  - o des jeunes femelles de la couleur de la mutation A du père.

La complémentation génique peut être comprise en étudiant le croisement suivant :  
mâle brun x femelle agate, qui donne

- 50% de femelles brunes
- 50% de mâles noir-brun porteurs d'agate et de brun.

Il y a apparition d'un nouveau phénotype chez les jeunes mâles, puisque ni la mère ni le père ne sont noir-bruns. Ce nouveau phénotype est dû à un phénomène appelé la **complémentation** génique : les jeunes mâles ont un allèle muté « absence de noir » hérité de leur père, mais l'allèle non muté « présence de noir » donné par leur mère suffit à la formation de pigment noir. De même, l'allèle « réduction de brun » provenant de leur mère est compensé par l'allèle « non-réduction de brun » provenant de leur père.

Au final, les jeunes mâles fabriquent donc de l'eumélanine noire (grâce au gène de la mère) et de la phaéomélanine brune (grâce au gène du père) en quantité suffisante pour donner un phénotype sauvage noir-brun : il y a eu complémentation génique entre les gènes hérités du père et ceux hérités de la mère.

Concernant les mélanines classiques (noir-brun, agate, brun, isabelle) et leurs allèles connus (satiné, allèle de l'agate), le *tableau 02* ci-dessous donne les différents croisements auto-sexables réalisables. Le tableau se lit uniquement de gauche à droite, et pas de haut en bas.

**Tableau 02** : Tableau de dominance-récessivité-complémentation pour les mélanines classiques et leurs allèles chez le canari.

		♂ Père					
		Noir-Brun	Agate	Agate satiné	Brun	Isabelle	Isabelle satiné
♀ Mère	Noir-Brun	<del>X</del>	+	+	+	+	+
	Agate	--	<del>X</del>	+	C	+	+
	Agate satiné	--	--	<del>X</del>	C	+/C	+
	Brun	--	C	C	<del>X</del>	+	+
	Isabelle	--	--	+/C	--	<del>X</del>	+
	Isabelle satiné	--	--	--	--	--	<del>X</del>

Le tableau se lit de gauche à droite : mutation(s) de la mère -- / + / C mutation du mâle.  
*Il n'y a pas de correspondance en lecture de haut en bas [mutation(s) du père -- / + / C mutation(s) de la mère].*  
 + : la mutation ou combinaison de mutations de la mère est dominante sur celle du père ; auto-sexable.  
 - : la mutation ou combinaison de mutations de la mère est récessive par rapport à celle du père ; non auto-sexable.  
 C : il y a complémentation entre la mutation ou combinaison de mutations de la mère et celle(s) du père ; auto-sexable.  
 X : croisement à proscrire ; non auto-sexable.

### Croisement avec un mâle homozygote.

Les résultats des croisements peuvent alors être déduit directement à l'aide du *tableau 02* pour un croisement faisant intervenir un mâle homozygote.

Le signe + dans la case au croisement du type mélanique de la mère et du type mélanique du père indique qu'il s'agit d'un croisement auto-sexable « mâle de couleur récessive (par rapport à la couleur de la femelle) X femelle de couleur dominante (par rapport à la couleur du mâle) », donnant :

- des jeunes mâles de la couleur dominante de leur mère porteurs de la couleur récessive de leur père
- des jeunes femelles de la couleur récessive de leur père.

Le signe C dans la case au croisement du type mélanique de la mère et du type mélanique du père indique qu'il s'agit d'un croisement auto-sexable « mâle d'une (combinaison de) mutation(s) A X femelle d'une (combinaison de) mutation(s) B », donnant :

- des jeunes mâles de couleur sauvage (c-à-d des noir-bruns) porteurs des (combinaisons de) mutations A et B du fait de la complémentation génique
- des jeunes femelles de la couleur de la (combinaison de) mutation(s) A du père.

La présence du signe C et du signe + (+/C) à la croisée des lignes et colonnes veut dire que le croisement réalisé fait intervenir une combinaison de mutations, avec complémentation des gènes A et B en jeu, et avec pour un de ces deux gènes (gène B par exemple), deux allèles produisant chacun un phénotype mutant.

Il y a donc une complémentation incomplète (l'activité du gène A est bien rétablie, mais pas celle du gène B). Le phénotype des jeunes femelles reste celui du père, mais celui des jeunes mâles résulte des relations de récessivité et dominance entre les deux allèles, b1 et b2, du gène B. Les jeunes mâles auront donc un phénotype mutant b1, si b1 domine l'allèle b2, et inversement.

*En théorie, ce cas est observé dans les croisements entre isabelle et agate satiné :*

*Mâle isabelle X femelle agate satinée donne*

- 50% de femelles isabelles
- 50% de mâles agates porteurs d'isabelle et d'agate satiné

*Mâle agate satiné X femelle isabelle donne*

- 50% de femelles agates satinées
- 50% de mâles agates porteurs d'isabelle et d'agate satiné

*L'agate et l'agate satiné se comportent comme deux allèles du même gène « réduction de brun ». L'allèle « agate » donne le phénotype agate et domine l'allèle « satiné » (ou « agate satiné »), responsable du phénotype satiné.*

Le signe - dans la case au croisement du type mélanique de la mère et du type mélanique du père indique qu'il ne s'agit pas d'un croisement auto-sexable, la mutation de la mère étant récessive par rapport à celle du père.

Les cases rayées diagonalement indiquent les croisements à exclure d'office par l'éleveur si celui-ci veut réaliser des croisements auto-sexables.

### **Croisement avec un mâle hétérozygote.**

Si le père est hétérozygote, le *tableau 02* peut être utilisé, mais en deux étapes.

Reprenons l'exemple formulé dans la (*Remarque 02*) du début :

mâle canari agate porteur d'isabelle X femelle canari brune.

**Première étape :** ne considérer que les phénotypes du croisement, soit

mâle canari agate X femelle canari brune

La lecture du *tableau 02* nous dit qu'il s'agit d'un croisement donnant lieu à une complémentation chez les jeunes mâles. Il y aura donc :

- des femelles ayant la mutation récessive du père : agate.
- des mâles ayant un phénotype sauvage (noir-brun) et porteur des mutations des deux parents (agate et brune).

**Deuxième étape** : relire le *tableau 02* avec comme croisement la mutation portée par le mâle, soit :

mâle canari isabelle X femelle canari brune

La lecture du *tableau 02* nous dit qu'il s'agit d'un croisement mâle avec mutation récessive (par rapport à la mutation de la femelle) X femelle avec mutation dominante (par rapport à la mutation du mâle). Il y aura aussi:

- des femelles ayant la mutation récessive du père : isabelle.
- des mâles ayant la mutation dominante de la mère (brune) et porteur de la mutation du père (isabelle).

Le croisement mâle canari agate porteur d'isabelle X femelle canari brune donnent donc les issus suivants (concaténation des résultats précédents) :

- des femelles isabelles
- des femelles agates
- des mâles noir-bruns porteurs d'agate et de brun
- des mâles bruns porteurs d'isabelle.

Pour les mélanines classiques, les différentes hétérozygoties conduisant à des croisements auto-sexables sont :

*Mâle en mutation récessive porteur de mutation(s) récessive(s)*

- mâle agate porteur d'agate satiné
- mâle agate porteur d'isabelle
- mâle agate porteur d'isabelle satiné
- mâle brun porteur d'isabelle
- mâle brun porteur d'isabelle satiné
- mâle isabelle porteur d'isabelle satiné.

Les femelles complétant ces couples peuvent se retrouver en cherchant les cases +, C ou +/C dans le *tableau 02* correspondant au phénotype du mâle. La ligne correspondante donne la couleur possible de la femelle. Puis il faut relire le tableau en correspondance avec la couleur portée par le mâle et la couleur de la femelle qui vient d'être lue. Si vous retrouvez une des cases +, C ou +/C, la couleur de la femelle peut être utilisé pour un croisement auto-sexable.

#### Exemple 01 :

*Exemple de la détermination de la couleur de toutes les femelles en mélanines de base pouvant être accouplées avec un mâle isabelle porteur d'isabelle satiné en vue d'un croisement auto-sexable.*

*Après lecture du tableau 02 :*

- *étape 01 ; pour un mâle isabelle, les femelles noire-brunes, agates, agates satinées et brunes conviennent*
- *étape 02 ; pour un mâle isabelle satiné, les femelles noire-brunes, agates, agates satinées, brunes et isabelles conviennent.*

Pour plus de clarté, les résultats ont été reportés dans le tableau ci-dessous.  
 A chaque étape, lorsque le tableau 02 renseigne un croisement auto-sexable pour la couleur de la femelle étudiée, la case est cochée d'un X.

Tableau des résultats intermédiaires de l'exemple 01 :

Couleur possible de la Femelle	Etape 01 : Mâle isabelle	Etape 02 : Mâle isabelle satiné
Noire-brune	X	X
Agate	X	X
Agate Satinée	X	X
Brune	X	X
Isabelle		X
Isabelle Satiné		

En prenant les couleurs des femelles présentes dans les deux étapes (encart et texte en bleu dans le tableau des résultats intermédiaires), nous obtenons les femelles pouvant être accouplées avec notre mâle isabelle porteur d'isabelle satiné : femelles noire-brunes, agates, agates satinées et brunes.

Ce tableau synthétique (tableau 02) convient donc à la lecture de la constitution des couples et des résultats de la plupart des croisements auto-sexables.

Dans la liste des gènes liés au sexe, nous avons vu qu'il y avait au moins deux gènes ne concernant pas les gènes des mélanines classiques : l'ivoire et le pastel, récessifs par rapport à leur allèle non muté, non-ivoire et non-pastel.

Les tableau 03 et tableau 04, résument leur utilisation, l'interprétation étant la même que celle du tableau 02.

Tableau 03 et 04 : Utilisation des facteurs ivoire et pastel dans les croisements auto-sexables chez les canaris.

		Père	
		Ivoire	non-ivoire
Mère	Ivoire	X	--
	non-ivoire	+	X
		Père	
		Pastel	non-pastel
Mère	Pastel	X	--
	non-pastel	+	X

Les tableaux se lisent de gauche à droite : mutation(s) de la mère -- / + / C mutation du mâle.  
 Il n'y a pas de correspondance en lecture de haut en bas (mutation(s) du père par rapport à celle(s) de la mère).  
 + : la mutation ou combinaison de mutations de la mère est dominante sur celle du père ; auto-sexable.  
 - : la mutation ou combinaison de mutations de la mère est récessive par rapport à celle du père ; non auto-sexable.  
 X : croisement à proscrire ; non auto-sexable.

Le pastel peut être combiné aux différents types de mélanines (agate pastel, isabelle pastel...), l'ivoire peut être combiné aux différents types de lipochromes (jaune ou rouge), et le lipochrome des canaris mélaniques peut être ivoire. Il est donc possible de faire des cumuls de mutations au sein d'un même individu ( mâle jaune ivoire agate pastel par exemple) et de vouloir rechercher les croisements auto-sexables possibles. Il faut alors étudier chaque composante séparément, comme dans l'exemple 01.

La règle énoncée au départ << **Dans un croisement auto-sexable, les jeunes femelles ont les couleurs du père, les jeunes mâles étant de couleurs différentes de celles du père** >> n'est applicable qu'avec des gènes récessifs et liés au sexe, pour certains croisements, et comprend donc deux cas :

[1-] **le mâle est homozygote** pour le ou les gène d'intérêts :

- toutes les jeunes femelles sont de la couleur du père,
- les jeunes mâles sont d'une couleur différente du père.

Il y a une seule couleur possible pour les femelles et une seule pour les mâles, les mâles étant différents des femelles.

[2-] **Le mâle est hétérozygote** pour un des gènes d'intérêts :

- toutes les jeunes femelles sont de la couleur du père ou des couleurs portées (non visibles) par le père,
- les jeunes mâles sont de couleurs différentes de celles du père.

Il y a plusieurs coloris possibles de femelles et de mâles, les mâles étant différents des femelles.

SCHLUB Stéphane  
Article rédigé le 07 avril 2004  
Contact : [stephane.schlub@free.fr](mailto:stephane.schlub@free.fr)

#### Remerciements :

*Je tiens à remercier Laurent et Pascal pour la relecture de l'article, et plus particulièrement Bénédicte qui relit la plupart des articles pour éliminer le maximum de fautes.*