

Cours 2 – Les régimes de reproduction

Mardi 5 avril 2022

Attendus du cours 2 – Les régimes de reproduction

- Connaissances : définition de la panmixie, de l'autofécondation, de l'homogamie et de l'hétérogamie
- Compétences : savoir calculer l'évolution des fréquences alléliques et génotypiques dans le cas de panmixie, d'autofécondation (et de régime mixte).

Les principaux régimes de reproduction

- **Panmixie**: association au hasard des gamètes (ou des individus porteurs de gamètes)
- **Consanguinité**: union entre individus apparentés – ces individus partagent les mêmes allèles hérités de leur(s) parent(s) commun
- **Autofécondation** : union de 2 gamètes issus du même individu
- **Homogamie**: union entre individus ayant un phénotype semblable
- **Hétérogamie**: union entre individus ayant un phénotype différent

La panmixie (union au hasard des gamètes)

Soit une population diploïde dans laquelle coexistent 2 allèles en un locus, **A** et **a**, en fréquence respective **p** et **q=1-p**

H0: les gamètes s'associent
au hasard = panmixie

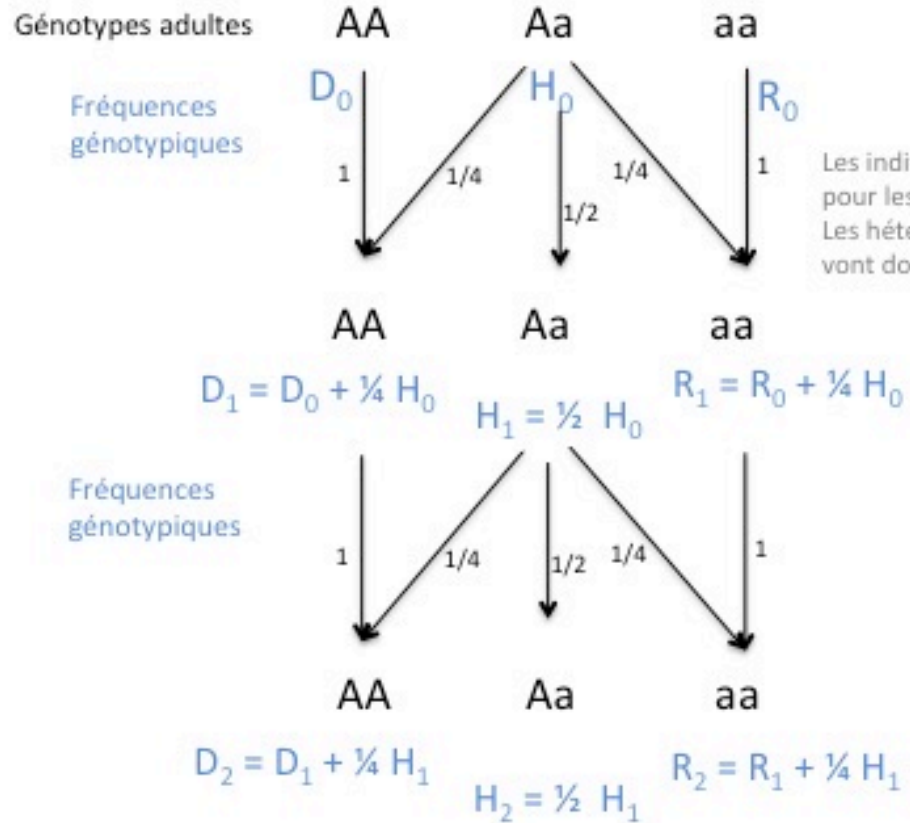
gamètes	A	a
A	p^2	pq
a	pq	q^2

A la génération suivante, la structure génétique de la nouvelle population est :
 p^2 individus **AA**, $2pq$ individus **Aa**, q^2 individus **aa**

Et si on fait l'hypothèse que les fréquences des allèles ne sont pas modifiées d'une génération à la suivante (absence de pressions évolutives)

$$f(A)_{t+1} = p_{t+1} = f(AA) + \frac{1}{2} f(AB) = p^2 + pq = p(p+q) = p$$

L'autofécondation



Allèles A a

Fréquences alléliques $p = D_0 + \frac{1}{2} H_0$ $q = R_0 + \frac{1}{2} H_0$




Les individus AA ne donnent que des gamètes A donc que des individus AA, idem pour les aa qui ne donnent que des aa.
 Les hétérozygotes vont donner $\frac{1}{2}$ gamètes A et $\frac{1}{2}$ gamètes a qui en s'associant vont donner les proportions suivantes: $\frac{1}{4}$ AA, $\frac{1}{2}$ Aa et $\frac{1}{4}$ aa.

Fréq. alléliques $p_1 = D_1 + \frac{1}{2} H_1 = D_0 + \frac{1}{4} H_0 + \frac{1}{4} H_0 = p_0$
 $q_1 = R_1 + \frac{1}{2} H_1 = R_0 + \frac{1}{4} H_0 + \frac{1}{4} H_0 = q_0$

A chaque génération, on « perd » la moitié des hétérozygotes et la fréquence des génotypes homozygotes va donc augmenter à mesure que les hétérozygotes diminuent. A terme, au bout de n générations, on n'obtiendrait plus que des homozygotes dans la population.

On remarquera que seules les fréquences génotypiques changent au cours du temps, les fréquences alléliques restent les mêmes. En effet, seules les pressions évolutives (mutation, migration, sélection, dérive génétique) peuvent faire varier les fréquences alléliques, le régime de reproduction ne fait que jouer sur la répartition des allèles dans les génotypes.

Les « conséquences » des régimes de reproduction sur l'association des gamètes

régime	AA	Aa	aa	Type de régime
Panmixie = référence	p^2	$2pq$	q^2	ouvert
autofécondation consanguinité		 - ½ à chaque génération		fermé
homogamie				fermé
hétérogamie				ouvert

L'équilibre de Hardy-Weinberg ?



G. Hardy

Concept proposé
indépendamment en
1908.



W. Weinberg

Définition

L'équilibre d'Hardy-Weinberg est obtenu dans une population idéale :

- Taille infinie
- Reproduction sexuée
- Panmixie
- Générations non-chevauchantes
- Pas de forces évolutives

Comment savoir si ma population est à l'équilibre de Hardy-Weinberg ?

En général on vous donne la structure génotypique de la population (c'est-à-dire les fréquences ou les nombres d'individus de chaque génotype) => ce sont les fréquences génotypiques observées, p et q :

1/ calculer les fréquences alléliques dans la population

2/ calculer les fréquences génotypiques attendues si la population se reproduit en panmixie => ce sont les fréquences génotypiques théoriques $f(AA)=p^2$, $f(Aa)=2pq$ et $f(aa)=q^2$

3/ comparer les fréquences théoriques aux fréquences observées

Remarque: on pourra faire un test statistique (test du chi-deux) pour confirmer notre intuition

Comment savoir si ma population est à l'équilibre de Hardy-Weinberg ?

Génotypes G0	AA	AB	BB	Total
Effectifs observés	25	12	17	54
Fréquences génotypiques observées	25/54 = 0,463	12/54 = 0,222	17/54 = 0,315	1

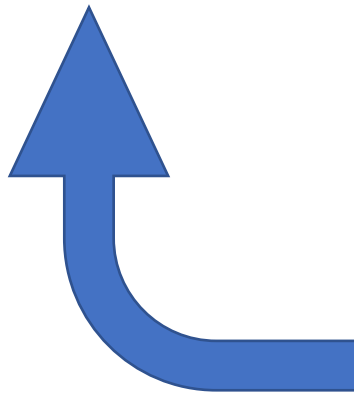


$$f(A) = 0,463 + \frac{1}{2} 0,222 = 0,574$$

$$f(a) = 0,315 + \frac{1}{2} 0,222 = 0,426$$



Génotypes G1	AA	AB	BB	Total
Fréquences génotypiques si panmixie	p^2 = $(0,574)^2 =$ 0,329	$2pq$ = $2 * 0,574 * 0,426$ = 0,489	q^2 = $(0,426)^2 =$ 0,182	1
Effectifs théoriques	$0,329 * 54 =$ 17,76	$0,489 * 54 =$ 26,41	$0,182 * 54 =$ 9,83	54



Comment savoir si ma population est à l'équilibre de Hardy-Weinberg ?

Si la population est à l'équilibre de Hardy-Weinberg, les fréquences alléliques sont constantes au cours des générations. Si en plus, elle se reproduit en panmixie, alors les fréquences génotypiques sont elles aussi constantes dans le temps

Génotypes G0	AA	AB	BB
Effectifs observés en G0	25	12	17
Effectifs calculés en G1	17,76	26,41	9,83

Remarque: les effectifs théoriques ne sont pas des nombres entiers. Ils correspondent à la réalisation d'une expérience de tirage aléatoire

Les effectifs observés et théoriques sont différents: il y a moins d'hétérozygotes qu'attendu si la population se reproduisait en panmixie, nous en observons 12 alors que nous en attendions 26,41

=> Cette population ne se reproduit pas exclusivement en panmixie, il doit y avoir un autre régime de reproduction

=> Si le nombre (ou la fréquence) des hétérozygotes est plus faible qu'attendu, cela veut dire qu'une partie de la population se reproduit avec un régime de reproduction fermé (autofécondation, consanguinité ou homogamie)

Le régime mixte

Dans ce cas, une partie des génotypes formés proviennent de **panmixie** et une autre fraction provient d'**autofécondation** (ou **d'autogamie**, c'est la même chose).

Dans le cas de **panmixie**, la fréquence des hétérozygotes est **$2pq$** .

Dans le cas d'**autogamie totale**, la fréquence des hétérozygotes à une génération n est **la moitié** de la fréquence des hétérozygotes à la génération précédente $n-1$.

Dans notre régime mixte, considérons que **la part de panmixie est de t** , c'est à dire qu'une fraction t des individus est produite en panmixie

Les individus non produits par **panmixie** étant produits par **autogamie**, leur proportion dans la population est donc de $1 - t$ – la proportion des individus produits en panmixie, c'est donc **$1-t$**

La fréquence des hétérozygotes à une génération donnée est égale la somme des individus produits en panmixie, pondérés par la part de panmixie, et des individus produits en autogamie, pondérés par la part d'autogamie.

$$H_n = t. \text{fréquence des hétérozygotes en panmixie} + (1-t). \text{fréquence des hétérozygotes en autogamie}$$

$$H_n = t.2pq + (1-t). 1/2 H_{n-1}$$

Le régime mixte

Quand la population est à l'équilibre, les fréquences génotypiques vont rester constantes d'une génération à la suivante.

Posons H_e la fréquence des hétérozygotes à l'équilibre, l'équation à résoudre est :

$$H_e = t \cdot 2pq + \frac{1}{2} (1-t) \cdot H_e \Leftrightarrow H_e = 2pqt + \frac{1}{2} H_e + \frac{1}{2} t H_e \Leftrightarrow \frac{1}{2} (1+t) H_e = 2pqt \Leftrightarrow H_e = \frac{4pqt}{1+t}$$

Remarques :

1/ On peut soit calculer quelle sera la fréquence des hétérozygotes connaissant la part de panmixie soit calculer la part de panmixie connaissant la fréquence des hétérozygotes.

2/ Avec cette équation, on retrouve si $t=1$ (panmixie totale), $H_e=2pq$; et si $t=0$ (autogamie totale), $H_e=0$

3/ Dans ce cas, on ne peut jamais atteindre l'homozygotie totale car la part de panmixie, aussi faible soit-elle, provoque à chaque génération, l'apparition de génotypes hétérozygotes.

Introduction au DM2

Chez diverses espèces de plantes, dont le trèfle blanc, il existe un système dit "d'autoincompatibilité", gouverné par un locus "S".

1/ A ce locus existe une série d'allèles S_1, S_2, \dots, S_n . Un grain de pollen portant un de ces allèles, soit S_i , ne peut germer que sur le stigmate d'une plante dont le génotype ne comporte pas S_i . Ainsi il pourra féconder une plante $S_j S_k$ (avec $j \neq i$ et $k \neq i$) mais pas une plante $S_i S_k$ ou $S_i S_j$.

Exemple avec 3 allèles S_1 , S_2 et S_3

