

La dérive génique : aspect majeur de l'évolution humaine

Raymond RASMONT

RESUME DE LA COMMUNICATION PRESENTEE AU COLLOQUE «TOUS PARENTS, TOUS DIFFERENTS»

Les rôles complémentaires de la variation génétique aléatoire et de la sélection naturelle dans l'évolution biologique sont largement connus. Les mutations, la ségrégation et la recombinaison méiotiques des allèles sont aléatoires. Il en va de même, dans une mesure inconnue, mais probablement très grande, pour la conjugaison des gamètes en zygotes. Plus tard, les probabilités différentes de survie et de procréation des individus issus de ces zygotes dépendront de l'adéquation de leurs phénotypes aux contraintes sélectives multiples du milieu.

Pour autant que l'on connaisse le taux de mutation associé à l'apparition d'un allèle et le coefficient de sélection régissant son élimination, il est relativement simple de calculer la valeur d'équilibre vers laquelle tendra la fréquence de cet allèle, tout au moins au sein de populations nombreuses. Les modèles mathématiques qui le permettent sont basés sur le théorème de Hardy et Weinberg qui dit qu'au sein de populations d'*effectif infini*, en dehors de toute sélection, de toute migration et de toute mutation nouvelle, la fréquence des allèles est conservée d'une génération à l'autre. Quelle est l'importance de cette hypothèse, de cette restriction d'*«effectif infini»* ?

La majorité des êtres sexués pluricellulaires et notamment l'Homme, fabriquent au cours de leur vie immensément plus de gamètes qu'il n'est nécessaire pour assurer le simple remplacement des générations. Chaque fois qu'un couple humain conçoit un zygote, il le fait à partir d'un ovocyte, tiré au sort parmi les 400.000 ovocytes dont était équipée la mère à sa naissance et d'un des 10^{13} spermatozoïdes que l'homme peut élaborer au cours de sa vie. Ceci signifie que la procréation sexuée, *avant toute sélection* portant sur les zygotes, se déroule un tirage au sort, un échantillonnage aléatoire des gamètes qui vont constituer ces zygotes. Compte tenu de l'énorme brassage génétique que constitue la méiose, la population des gamètes différents que peuvent

élaborer les humains d'une même génération est quasi infinie. Seul un échantillon aléatoire de cette population contribuera au génome collectif de la génération suivante. Nous nous trouvons là devant un problème classique de la théorie des probabilités : tirant à l'aveuglette un échantillon de billes d'un sac qui en contient p blanches et q noires, quelle sera la proportion de blanches et de noires dans notre échantillon ? La réponse est simple : la seule manière d'être sûr que l'échantillon ait la même composition que la population dont il est tiré, c'est qu'il comporte la totalité de cette population. C'est la position que prend le théorème de Hardy et Weinberg en supposant que la population est infinie, ce qui implique que l'échantillon de gamètes nécessaire au remplacement d'une génération est lui-même infini. Mais aucune population réelle n'est infinie : pour estimer la fréquence d'un allèle dans l'échantillon des gamètes à partir de la fréquence du même allèle dans la population des géniteurs, nous devons alors recourir à la loi des distributions binomiales. Dans l'exemple favori des probabilistes, celui du sac de billes, on remet les billes dans le sac après chaque tirage. Les tirages successifs se font donc à partir d'une population où p et q sont constants. En génétique des populations, la situation est manifestement différente. En effet, dès que la $n^{\text{ème}}$ génération a engendré la génération suivante, son «sac de billes», c'est-à-dire son génome collectif, a disparu au bénéfice de celui de la $(n+1)^{\text{ème}}$ qui devient donc le sac de bille suivant. Les effets génétiques de l'échantillonnage aléatoire de gamètes ne se répètent donc pas, ils se cumulent au cours des générations. *La dérive génique est la variation de la fréquence des allèles qui résulte de l'effet cumulatif de l'échantillonnage aléatoire des gamètes, au cours des générations.*

La dérive génique ne se substitue pas aux effets des autres facteurs évolutifs, notamment à ceux de la mutation et de la sélection : elle s'y combine. L'ensemble de ces effets conduit également à un équilibre de fréquences d'allèles. La difficulté réside en ceci : alors que pour des populations très nombreuses, quelques opérations d'algèbre élémentaire permettent de calculer cet

équilibre à partir du théorème de Hardy et Weinberg, il faut recourir à un modèle mathématique beaucoup plus complexe pour estimer, non pas la valeur d'équilibre, mais la probabilité d'une valeur d'équilibre.

On peut cependant résumer l'ensemble de ces interactions en deux propositions :

- 1- à sélections égales, l'effet de la dérive génique est d'autant plus grand que l'effectif de la population est plus petit,
- 2- à effectifs de populations égaux, l'effet de la dérive génique est d'autant plus grand que la sélection est faible.

Un corollaire du point 2 est que l'évolution de variations *neutres*, c'est-à-dire qui ne sont soumises à aucune sélection mesurable, dépend totalement de la dérive génique.

Les populations — ou, plus exactement, les collectivités procréatrices humaines — sont toujours d'effectif réduit. Ceci est évident pour des sociétés tribales ou rurales. La génération des

grandes cités ne modifie cette situation qu'en apparence : ni Paris, ni Bruxelles, ni même Arlon ou Alost ne constituent des collectivités procréatrices. L'ensemble des cloisonnements linguistiques, économiques, religieux, en un mot : sociaux, fait de ces villes des mosaïques de communautés procréatrices.

La dérive joue donc un rôle négligeable dans l'évolution de certains caractères soumis à une sélection intense, par exemple les mutations de l'hémoglobine qui, comme la drépanocytose, assurent une protection relative contre la malaria pernicieuse. Son rôle, par contre, est capital dans l'évolution des innombrables caractères qui font de tous les humains des êtres globalement bien adaptés, mais d'autant plus différents d'une communauté à l'autre que ces différences ne confèrent, précisément, aucun avantage adaptatif.

Bibliographie

- RASMONT, R., 1990. *Les neveux des dinosaures ou les hasards de l'évolution*. Bruxelles, Ed. de l'Université de Bruxelles, 209 p.

Adresse de l'auteur :

R. RASMONT
Département de Biologie animale et cellulaire
Faculté des Sciences (CP 160/11)
Université Libre de Bruxelles
50, av. F.-D. Roosevelt
B-1050 Bruxelles