

Éléments de correction , TD2 : La tolérance au lactose.

Chez la majorité des mammifères, l'expression de l'enzyme lactase, nécessaire à la digestion du lactose, diminue fortement après le sevrage. Pourtant, une partie importante des populations humaines adultes conserve la capacité de digérer le lait sans troubles digestifs. Cette particularité constitue un exemple remarquable d'évolution récente au sein de l'espèce humaine.

Les documents proposés permettent d'étudier le lien entre variation génétique, expression d'un caractère et évolution des populations humaines.

Comment une variation génétique impliquée dans l'expression de la lactase est-elle devenue fréquente dans certaines populations humaines au cours de l'histoire ?

Pour répondre à cette question, nous montrerons d'abord que la tolérance au lactose est liée à une variation génétique contrôlant l'expression de la lactase (I), puis nous verrons que cette variation présente une répartition géographique particulière (II), enfin nous expliquerons comment les pratiques d'élevage ont exercé une sélection naturelle positive sur cet allèle (III).

I. La tolérance au lactose résulte d'une variation génétique contrôlant l'expression de la lactase

Le document a montre que certains adultes, dits « lactase persistants » (LP), continuent à produire de la lactase après 6 ans, contrairement aux individus « non persistants » (LNP), chez qui la production cesse.

Le document b précise que la différence ne concerne pas le gène codant la lactase lui-même, mais un gène régulateur, le gène **MCM6**, qui contrôle son expression. Deux allèles sont présentés :

- l'allèle 1 : l'individu homozygote ne synthétise plus de lactase après 6 ans ;
- l'allèle 2 : l'individu porteur continue à synthétiser la lactase après 6 ans.

Il s'agit donc d'une mutation située dans une région régulatrice modifiant l'expression du gène de la lactase, et non la structure de la protéine.

Le document c montre, par comparaison de séquences d'ADN fossile et actuel (outil BLAST), que la séquence correspond au gène MCM6, confirmant l'origine génétique de cette variation.

Ainsi, la tolérance au lactose est un caractère héréditaire lié à la présence d'un allèle particulier du gène MCM6 permettant le maintien de l'expression de la lactase à l'âge adulte.

II. Une répartition géographique inégale de la tolérance au lactose

Le document a montre que la fréquence du phénotype « tolérance au lactose » est élevée en Europe du Nord (zones rouges/orangées) et plus faible en Europe du Sud.

Le document f indique l'évolution de la fréquence de l'allèle 2 du gène MCM6 au cours des 10 000 dernières années. On observe que cet allèle était quasiment absent il y a 8 000 à 10 000 ans, puis que sa fréquence augmente fortement à partir d'environ 5 000 ans avant le présent, particulièrement en Europe centrale et du Nord.

Cette augmentation progressive de la fréquence allélique traduit un processus évolutif affectant certaines populations humaines.

La répartition actuelle du phénotype et l'augmentation temporelle de la fréquence de l'allèle 2 suggèrent que des facteurs environnementaux et culturels ont favorisé cet allèle dans certaines régions.

III. La pratique de l'élevage a exercé une sélection naturelle positive sur l'allèle de tolérance

Le document d présente la carte de diffusion de l'agriculture et de l'élevage depuis environ 8 000 ans, à partir du Proche-Orient vers l'Europe. Cette diffusion correspond chronologiquement à la période où la fréquence de l'allèle 2 augmente (document f).

Le document E (composition du lait) montre que le lait est riche en lactose (47 à 52 g/L), mais aussi en calcium, protéines et lipides. Il constitue une ressource alimentaire énergétique et minérale importante.

Dans des sociétés d'éleveurs consommant du lait, les individus capables de digérer le lactose à l'âge adulte disposent donc :

- d'un apport énergétique supplémentaire ;
- d'un apport en calcium et vitamine D (particulièrement avantageux dans les régions peu ensoleillées d'Europe du Nord).

Dans ce contexte, les individus porteurs de l'allèle 2 avaient un avantage sélectif : meilleure survie et/ou meilleure reproduction. Par sélection naturelle positive, la fréquence de cet allèle a augmenté au fil des générations, comme l'illustre le document f.

La concordance entre diffusion de l'élevage (document d), augmentation de la fréquence allélique (document f) et répartition géographique actuelle (document a) appuie l'hypothèse d'une coévolution gène–culture.

Conclusion

Les documents montrent que la tolérance au lactose est due à une variation génétique située dans une région régulatrice du gène MCM6 (document b), permettant le maintien de l'expression de la lactase à l'âge adulte (document a).

Initialement rare, cet allèle a vu sa fréquence augmenter au cours des 10 000 dernières années (document f), principalement dans les régions où l'élevage et la consommation de lait se sont développés (document d). La valeur nutritive du lait (document page 2) a conféré un avantage sélectif aux individus tolérants.

Ainsi, la variation génétique impliquée dans l'expression de la lactase est devenue fréquente dans certaines populations humaines sous l'effet d'une sélection naturelle positive liée à des changements culturels. La tolérance au lactose constitue donc un exemple d'évolution récente illustrant l'interaction entre patrimoine génétique et modes de vie.