

Un exemple de sélection naturelle: le cas d'un groupe de poissons possédant une protéine antigel

En étudiant différentes espèces au cours du temps, on observe une évolution de la biodiversité de ces espèces. En effet, la diversité génétique est source d'évolution des espèces. Pour mieux comprendre ce phénomène, nous allons nous intéresser aux poissons osseux de l'Antarctique et plus particulièrement aux Notothénioïdes possédant des particularités leur permettant de vivre dans des conditions de vie particulières.

Nous verrons en premier lieu les particularités des Notothénioïdes en relation avec leur milieu de vie puis nous rechercherons l'origine de la diversité génétique de ce groupe. Ensuite, nous verrons comment la sélection naturelle modifie la fréquence de certains phénotypes au sein de ces populations sous l'effet d'une pression sélective.

1 - Les conditions de vie des poissons osseux de l'Antarctique

⇒ **Des températures de l'eau inférieures à 0°C**

Les chercheurs ont étudié les conditions de vie des poissons vivant dans les eaux australes autour de l'Antarctique. La température n'est jamais inférieure à - 2°C et jamais supérieure à - 0,5°C quelle que soit la saison ou la profondeur.

Or, les poissons ne régulent pas leur température corporelle et celle-ci dépend donc de la température du milieu. Ainsi, ces poissons vivent dans des eaux glaciales avec le risque que leur sang gèle.

Il s'agit donc ici d'expliquer comment ces poissons ne sont pas soumis au risque d'une congélation.

⇒ **Une protéine aux propriétés particulières**

Les chercheurs qui ont étudié ces poissons ont mis en évidence la présence d'une protéine dite "antigel" dans leur sang qui empêche les cristaux de glace de se développer, ainsi le sang des poissons ne gèle pas. Cette protéine est efficace entre 0°C et -2,2°C. Les propriétés antigel de cette protéine sont liées à la présence d'acides aminés hydrophobes comme la thréonine.

La présence de cette protéine antigel permet d'expliquer la remarquable adaptation des Notothénioïdes de l'Antarctique: la protéine antigel présente dans le sang des poissons étant efficace entre 0°C et -2,2°C, et les températures des eaux étant comprises dans cet intervalle, le sang de ces poissons ne gèle pas.

2 - L'origine de la protéine antigel des Notothénioïdes

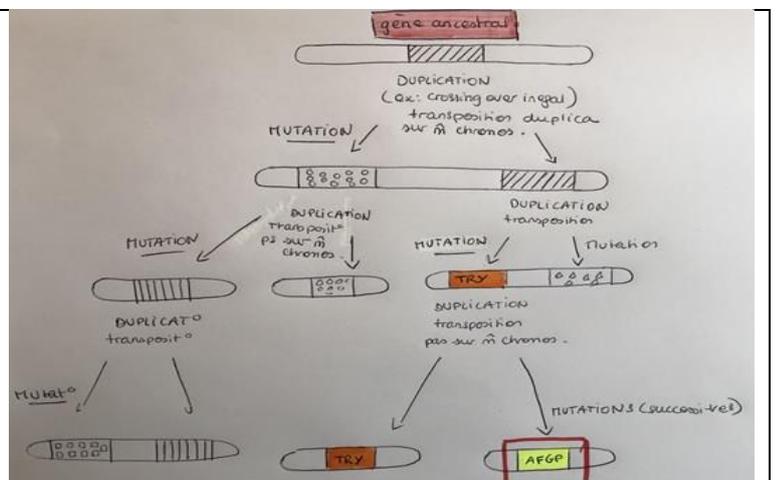
⇒ **Des innovations génétiques au sein des populations de Notothénioïdes**

On recherche ici l'origine de la diversité des Notothénioïdes. Les chercheurs ont isolé et séquencé deux gènes présents chez un poisson possédant la protéine antigel: le gène "AFGP" qui gouverne la synthèse de la protéine antigel et également le gène "Tryp" d'une autre protéine, le trypsinogène.

Explication:

La comparaison de la séquence nucléotidique de ces deux gènes montre qu'il y a une similitude de l'ordre de 85% (début et fin de séquence). Ce qui suggère que ces deux gènes sont issus d'un gène ancestral commun qui s'est dupliqué (par exemple lors d'un crossing-over inégal).

On observe d'autre part sur le gène "AFGP" des séquences nucléotidiques répétitives supplémentaires. Il semble que de nombreuses mutations par addition en sont à l'origine. Ces modifications constituent des **innovations génétiques**.



⇒ **Les particularités du gène AFGP et de la protéine antigel**

On compare ensuite les séquences en acides aminés des deux protéines: la protéine antigel comporte plus d'acides aminés que le trypsinogène. De plus, on observe que des acides aminés hydrophobes se répètent dans la protéine antigel et qui expliquent les propriétés antigel de la protéine. Ainsi, les mutations observées lors de la comparaison des deux gènes expliquent la différence de composition en acides aminés des deux protéines qui présentent alors des fonctions différentes.

3- Les variations de la fréquence des phénotypes [sans protéine antigél] et [avec protéine antigél]

⇒ Le climat de l'Antarctique au Crétacé et au début de l'ère tertiaire

A cette époque, depuis le Crétacé et au début de l'ère tertiaire, le climat global à la surface de la Terre est relativement chaud, le continent antarctique n'est pas couvert de glace et les eaux de l'océan antarctique sont plus chaudes qu'actuellement. Les populations de Notothénioïdes vivant à cette époque ne possédaient pas de protéine antigél.

⇒ Apparition d'une biodiversité des phénotypes

En retraçant l'histoire évolutive des Notothénioïdes de l'Antarctique et en établissant les liens de parenté, les chercheurs ont déterminé que les protéines antigél sont apparues il y a au moins 38 millions d'années. Une modification du génome par duplication puis mutation, sous le seul fait du hasard, entraîne l'apparition d'un nouveau gène qui gouverne la synthèse de la protéine antigél. Les **innovations génétiques sont des phénomènes rares**, la fréquence des individus qui portent ces innovations est faible. Dans un contexte environnemental relativement plus chaud qu'actuellement, **les populations de Notothénioïdes présentent toutefois deux phénotypes:**

[sans protéine antigél], phénotype le plus fréquent et [avec protéine antigél], phénotype peu fréquent

⇒ Un changement de climat progressif qui génère une pression sélective

Un refroidissement généralisé s'amorce au Tertiaire, le continent antarctique se couvre de glace, l'éloignement des continents sud-américain et australien entraîne l'apparition d'un courant d'eau très froid autour du continent antarctique.

Les populations de Notothénioïdes présentes dans les eaux australes qui se refroidissent réagissent différemment en fonction de leurs caractéristiques, c'est-à-dire de leur phénotype: les individus ne possédant pas la protéine antigél ne survivent pas et sont donc désavantagés. Autrement dit, le **milieu exerce une pression sélective négative** sur ces populations. Par contre les individus qui possèdent la protéine antigél résistent au froid et sont donc avantagés. Le **milieu exerce donc une pression sélective positive** sur ces populations. **Les individus favorisés se reproduisent ainsi davantage, les innovations génétiques dont ils sont porteurs se répandent donc dans la population. La fréquence des phénotypes [avec protéine antigél augmente] dans ces eaux très froides. Il s'agit ici d'un exemple de sélection naturelle.**

Les Notothénioïdes présentent une diversité d'espèces. Les espèces vivant dans le Haut Antarctique présentent des adaptations à leur milieu de vie comme la présence d'une protéine antigél. Les chercheurs ont déterminé que les protéines antigél sont apparues il y a au moins 38 millions d'années par duplication d'un gène ancestral puis mutations. La présence de cette protéine a conféré aux individus possédant cette innovation génétique un avantage sélectif lors du refroidissement des eaux australes.