



## BOISÉ DES DOUZE

*Le Saviez-vous # 24: La génomique aviaire*

### **La génomique aviaire, nouvelle source d'information sur les oiseaux. Quand les poules auront-elles des dents?**

#### **I L'ère de la génomique**

On peut dire que c'est en 2003 que nous sommes entrés dans l'ère de la génomique avec la publication du génome humain complet.

Qu'est-ce que la génomique? C'est l'étude du matériel génétique d'un être vivant ou fossilisé : un animal, une plante, un virus. C'est plus précisément l'analyse du génome, c'est-à-dire l'ensemble des gènes tant au point de vue de leur anatomie (séquence et organisation) que de leur physiologie (expression et organisation). En gros, c'est l'ensemble de l'information héréditaire présente dans chaque cellule; information nécessaire au développement et au fonctionnement de l'organisme.

Le projet du génome humain est un projet pharaonique qui a duré 20 ans, une collaboration de 20 groupes universitaires à travers le monde avec des centaines de chercheurs (É.-U., Japon, France, Royaume-Uni, Allemagne, Canada et Chine). On estime son coût à 4 milliards de dollars.

Depuis le début du XXI<sup>e</sup> siècle et à cause de ce projet, les technologies d'analyse du génome se sont tellement perfectionnées que les coûts se sont effondrés : de l'ordre de moins de mille dollars par génome.

Il en résulte que de nombreux génomes ont été élucidés : ceux de cousins proches de l'homme, les grands singes anthropomorphes comme le chimpanzé (en 2005) et celui du bonobo (en 2012). Citons aussi celui de l'homme de Neandertal (*Homo neanderthaliensis*) qui a démontré que celui-ci a cohabité avec notre ancêtre, l'*Homo sapiens*, et qu'ils ont eu des enfants en commun. Quelques pour cent (3 à 4%) de notre génome viennent de l'homme de Neandertal. Rapidement, la génomique s'est étendue à tout le royaume animal (premier génome d'un papillon, l'*Héliconius Melpomène*, en 2012, puis ceux du cochon, de la vache et du mouton).

#### **II La génomique aviaire**

Le premier décryptage du génome d'un oiseau est annoncé en 2004; c'est celui de la poule, *Gallus gallus*. On sait maintenant que 60% des gènes de la poule sont proches de ceux de l'homme alors que chez le bonobo 99% des gènes sont identiques à ceux de l'homme et que c'est 99.7% pour les gènes de l'homme de Néandertahl.

Pour la génomique le cas des oiseaux est particulièrement intéressant, car il y a, en effet, environ 10 500 espèces d'oiseaux. Parmi les vertébrés tétrapodes dont l'homme fait partie, la classe des oiseaux est la plus riche en espèces (voir le Saviez-vous que # 1). Les oiseaux sont les seuls descendants vivants des dinosaures et ensemble ils forment une lignée qui remonte à 150 millions d'années.

En 2015 il s'est formé un consortium, le BGI (Bird Genome Initiative) dans le but d'élucider l'arbre généalogique complet de toutes les espèces d'oiseaux vivants pour mieux comprendre leur évolution, leur extrême diversité et même leur comportement comme la migration saisonnière par exemple.

Il y a quatre phases à ce projet correspondant à l'avancement des travaux :

- La phase 1 correspond aux génomes complets des 34 ordres,
- La phase 2 à ceux de 240 familles d'oiseaux
- La phase 3 aux génomes des 2 250 genres d'oiseaux
- La phase 4 aux génomes des 8 000 espèces restantes.

Déjà, en 2014, les génomes de 48 espèces d'oiseaux vivants de nos jours ont été publiés. On a ainsi pu constater, confirmant les résultats du génome de la poule et du génome du dindon (*Meleagris gallopavo*) en 2008, que c'est chez les oiseaux qu'il y a eu le plus petit nombre de changements génétiques (soit des mutations, soit des pertes de gènes).

À ce propos, vous connaissez sans doute l'expression "quand les poules auront des dents" pour parler d'un évènement futur à faible probabilité. On sait maintenant que cette probabilité est de zéro. En effet, les poules ou leurs ancêtres, avaient des dents, mais qu'elles ont perdu ces gènes il y a 116 millions d'années.

Un gène peut exister dans deux états fonctionnels : soit il ne fonctionne pas et on dit alors qu'il est silencieux, soit il est en fonction et on dit alors qu'il est exprimé. Certains phénotypes, on peut penser aux yeux bleus par exemple, sont sous le contrôle génétique d'un seul gène, mais des phénotypes plus complexes sont le résultat de l'activation de plusieurs gènes. C'est la perte de plusieurs gènes spécifiques qui fait que contrairement aux oiseaux l'homme (comme d'ailleurs le cochon d'Inde et la chauve-souris) est incapable de synthétiser la vitamine C et doit l'obtenir de son alimentation.

Les comportements instinctifs des oiseaux tels que le désir d'entreprendre une migration, souvent longue et dangereuse, à certaines périodes de l'année, fait intervenir une multitude de gènes. On parle alors de syndromes pour cette intégration de différents comportements physiologiques (comme l'accumulation de réserves lipidiques), morphologiques (une mue avec perte et repousse de plumes), etc.

On ne connaît pas le fonctionnement précis de bien des gènes (l'homme en a 22 3000, le dindon en a 16 000), mais dans de nombreux cas on sait qu'un gène particulier est impliqué dans le fonctionnement ou la structure d'un organe.

On a longtemps suspecté les oiseaux d'avoir une excellente vue. On sait maintenant grâce aux études génomiques que les oiseaux ont un plus grand nombre de gènes impliqués dans l'opsine que les mammifères. Les oiseaux ont bien le système de vision le plus avancé de tous les vertébrés.

### **III Un syndrome intrigant : la migration saisonnière**

Les migrations d'oiseaux, connues depuis l'antiquité, soulèvent de nombreuses questions et des débuts de réponses nous arrivent de la génomique.

On sait, depuis cette année (2017) que les gènes impliqués dans les migrations sont conditionnés par la géographie. Les gènes sont différents suivant où l'oiseau est né. Certains pinsons, des fringillidés en Europe qui vivent dans le nord de la Suède, vont en Afrique du Sud ou en Afrique de l'Est en hiver. Les mêmes pinsons vivant dans le sud de la Suède, eux, vont en Afrique de l'Ouest. Si on étudie leurs génomes, on voit qu'il y a des différences qui sont restreintes à deux régions du génome et il y a des différences dans 200 gènes de ces deux groupes! Ces différences non seulement déterminent la direction qu'ils prennent en migration, mais également la distance qu'ils vont parcourir et même quand ils vont initier leur migration.

D'autres études de génomique suggèrent fortement que le comportement de migration a évolué rapidement et de façon indépendante dans différentes lignées. Toutes les migrations, d'une façon ou d'une autre, diffèrent suivant les espèces : différence dans le pourcentage de migrants, dans l'itinéraire, le nombre d'étapes et la durée de chaque étape. Néanmoins, les populations sédentaires sont génétiquement identiques aux populations migratrices. La différence est dans l'activation de certains gènes dans une population et pas dans l'autre.

#### **IV Des débuts de réponses, mais encore bien des questions**

Concernant les grandes migrations, les études phylogénétiques semblent indiquer que les grandes caractéristiques actuelles datent de l'époque post-glacière, soit seulement quelques milliers d'années, en même temps que la grande expansion des populations d'oiseaux et leur diversification.

La colonisation de nouveaux territoires semble également être un facteur sélectif important pour un changement de la sédentarité vers la migration des pinsons ou l'inverse comme on l'a vu pour une population de pinsons *Carpodacus mexicanus* (Roselin familier) des États-Unis de l'Ouest, introduits dans l'Est et qui sont devenus migrateurs.

Si l'on sait qualitativement que la durée du jour et la température extérieure jouent un rôle dans les décisions de migrations, leurs contributions relatives sont inconnues. Or avec les changements climatiques, ces deux variables risquent d'évoluer séparément. La durée du jour est toujours la même et le restera, mais la température moyenne pour une date fixe augmente. De plus, cette augmentation est plus forte dans les régions arctiques. Il y a là, dans cette discordance nouvelle, danger pour la survie des nouvelles générations d'oiseaux naissant dans l'arctique quand la population d'insectes est à son maximum pour les nourrir.

Les oiseaux s'adapteront-ils et comment? Je ne doute pas que la génomique aviaire qui n'en est qu'à ses débuts saura nous apporter ces réponses et bien d'autres!

Merci pour votre attention.

Yves Fourn, membre du Boisé des Douze  
19 novembre 2017