

DECRYPTER LE CODE GENETIQUE DE LA LEVURE DU VIN

Anthony R. BORNEMAN, Angus H. FORGAN, Paul J. CHAMBERS and Isak S. PRETORIUS

The Australian Wine Research Institute, PO Box 197, Glen Osmond (Adelaide), SA 5064 Australia

En première mondiale, les scientifiques de l'Australian Wine Research Institute ont réussi à décrypter le génome de la levure du vin, caractérisant ainsi les « fondements de la vie » de cet ami du vigneron.

Ce travail ouvre la porte au développement de nouvelles souches de levures qui apporteront des solutions novatrices pour résoudre le problème des arrêts de fermentations et multiplieront les options des vignerons pour influencer de façon créative la transformation du jus de raisin en vins aux degrés d'alcools et profils aromatiques désirés.

Tous les quatre ans, les Jeux Olympiques avec leurs performances spectaculaires et exploits d'endurance, de vitesse et grâce inspirent le monde. Nous admirons la performance athlétique des compétiteurs; la majorité d'entre nous ne peut qu'admirer comment ces champions arrivent à ce niveau incroyable de résultats. Qu'est-ce qui distingue profondément ces casseurs de record de nous – autres? Ne sommes nous pas issus de la même espèce et donc ne devrions nous tous pas avoir le même potentiel? Ne devrions-nous tous aussi gagner des médailles d'or en natation ou à la course, en appliquant le même entraînement, régime ou style de vie, etc. ?

La réponse est non. Les athlètes d'élite sont nés avec un potentiel complètement gravé en « or ». Ils ont une typologie musculaire, un physique, une physiologie et un talent qui, avec un entraînement adapté, permet obtenir le succès international. Malheureusement, la plupart d'entre nous auront besoin d'un peu plus qu'un peu d'entraînement pour arriver à ce niveau élitaire; et avant que la bionique arrive à corriger nos « erreurs de naissance », la majorité des êtres humains, quand il s'agit de l'athlétisme, devra se contenter de conserver le statut d'amateur ou moins.

Les différences de performance des individus d'une même espèce ne sont pas spécifiques aux êtres humains; en effet, nous l'observons partout dans la nature. Prenez, par exemple, l'humble levure du vin que les vignerons utilisent pour transformer le simple jus de raisin sucré et sirupeux en vins complexes pour lesquels nous pourrions mourir... de plaisir. La plupart des levures de vin sont de la même espèce, *Saccharomyces cerevisiae*, mais tous les membres de ce groupe ne sont pas capables de produire du vin, et, parmi ceux qui le peuvent, il existe des variations considérables d'efficacité dans leur travail de transformation et dans la qualité des vins qu'elles produisent.

Cela nous amène à poser la question: Qu'est-ce qui fait fonctionner notre levure ? Quest-ce qui à l'intérieur de cet athlète d'élite, lui permet de se multiplier dans un environnement aussi inhospitalier et de produire des vins « médaillés » d'or tandis que d'autres souches ne sortent même pas des « starting blocks »? Le pôle de recherche de l'AWRI commence à décrypter le mystère des variations à l'intérieur de l'espèce de *S. cerevisiae* et les premiers résultats sur les levures du vin sont passionnants.

La variation de performance parmi les souches de *S. cerevisiae* est héréditaire, cela veut dire qu'elle est génétiquement déterminée. Si nous nous concentrons sur la génétique de la levure, nous devrions nous trouver au point de départ de la caractérisation de cette variation. Heureusement, *S. Cerevisiae* a été le premier organisme utilisé pour le déchiffrement de la séquence génétique (le génome), et cela il y a déjà dix ans sur une souche portant le nom de S288c et qui avait été choisie pour ses caractéristiques de facilité d'utilisation en laboratoire (Pour plus d'explication sur les gènes et le génome voir l'encadré final).

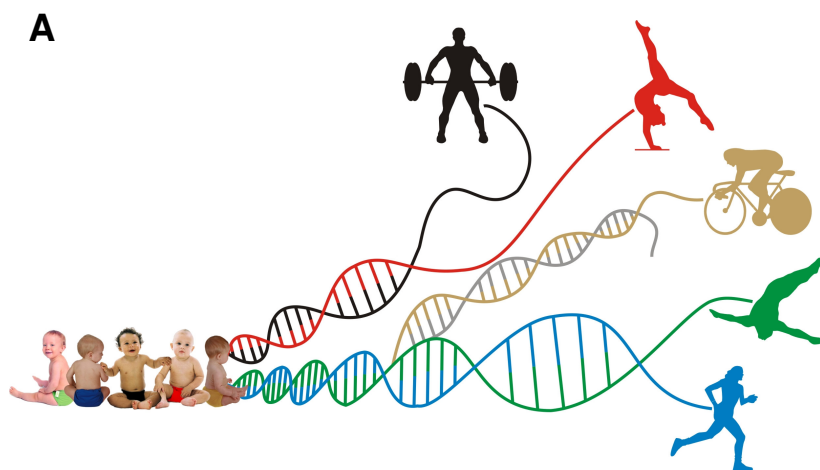


Schéma 1. Deux être humains non pas le même potentiel génétique. Un athlète d'élite, par exemple est né avec un génome gravé « médaille d'or » dans son ensemble. (Schéma 1a). De manière similaire, toutes les levures du vin ne sont pas identiques; des levures du vin différentes ont des plans de construction génétique différents (Schéma 1b).



Ceci explique pourquoi certaines souches de levures sont plus robustes que les autres et que différentes souches de levures apportent des qualités sensorielles différentes au vin. Comprendre, ce qui dans le génome de la levure du vin détermine sa robustesse et sa capacité à produire des saveurs désirables ou indésirables nous permettra de développer des souches qui assisteront les œnologues dans la production de vin pour un marché de plus en plus difficile et en mouvance permanente.

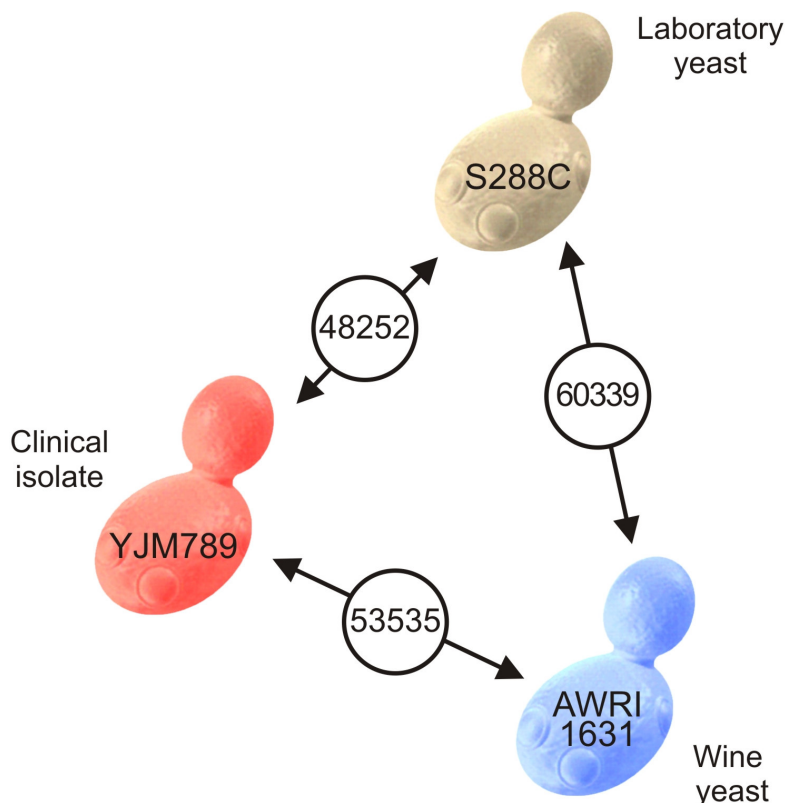
Les scientifiques adorent cette levure parce qu'elle est très facile à utiliser, mais elle ne gagnerait aucune médaille aux jeux olympiques de la vinification! En fait, elle n'atteindrait probablement même pas le statut d'amateur. Néanmoins, si vous voulez trouver ce qui rend les souches de levures du vin si différentes des autres souches de l'espèce *S. cerevisiae*, vous devez avoir un point de comparaison et S288c est un bon point de départ.

Une autre souche de *S. cerevisiae*, YJM789, a récemment eu été séquencée. Le génome de cette levure, un microbe pathogène opportuniste isolé dans les poumons d'un patient atteint du SIDA, s'avère être complètement différent de la souche S288c. Nous avons eu donc deux différentes versions de *S. cerevisiae* que nous pouvions comparer avec la levure du vin, et voilà les résultats obtenus.

Il s'avère que notre levure de vinification est un peu plus différente des deux souches précédemment séquencées qu'elles le sont entre elles (schéma 2).

Environ 0.6% des lettres du code génétique de la levure du vin sont différents de celles trouvées dans la souche de laboratoire. Ceci pourrait sembler être une petite différence, mais si vous considérez que les différences génétiques entre les êtres humains et les chimpanzés sont de l'ordre de 1-2% il s'agit d'une différence assez importante. L'existence de séquences supplémentaires d'ADN dans la levure du vin est cependant peut-être le plus intéressant; elles portent au moins 27 gènes qui ne sont pas présents dans les deux autres levures séquencées. En fait, certaines des séquences de cet ADN supplémentaire ne ressemblent à rien de ce qui a été trouvé dans d'autres espèces de *Saccharomyces*; elles semblent plus ressembler à des gènes trouvés dans des parents fongiques très éloignés. Nous ne savons pas encore comment

elles ont été intégrées dans le génome de la levure du vin, mais nous sommes curieux de découvrir si elles jouent un rôle ou non pour distinguer la levure du vin des autres *S. cerevisiae* particulièrement dans le domaine des vinifications.



Schema 2. La séquence du génome de trois souches de Saccharomyces cerevisiae a révélé combien elles sont similaires entre elles. Les chiffres dans les cercles sur les flèches séparant les différentes souches représentent le nombre de « lettres » dans le génome qui sont différentes entre les souches. Les 60.399 différences entre une levure du vin et une levure de laboratoire sont équivalentes à 0,6% du génome total.

Certains des gènes spécifiques de la levure du vin codent des protéines qui sont probablement associées à la paroi cellulaire, un dispositif de la levure qui est assurément important pour la survie en environnement inhospitalier. Nous sommes curieux de découvrir si ces gènes agissent sur la robustesse de la levure du vin, un facteur crucial pour terminer les fermentations. Est-ce que ces gènes, par exemple, rendent la levure plus ou moins vulnérable jusqu'à bloquer ou ralentir la fermentation.

Nous avons également identifié les gènes qui codent probablement des protéines liées à l'absorption d'acides aminés (un transporteur neutre d'acides aminés) et au métabolisme (une aspartate transaminase). Le métabolisme des acides aminés étant associé au développement du bouquet du vin, il est tentant de suggérer que ces gènes ont un impact sur les caractéristiques sensorielles du vin, mais, naturellement, ceci devra être testé.

Pour un grand nombre de gènes, nous ne pouvons pas encore deviner la(s) fonction(s), et ceux-ci pourraient s'avérer être les plus passionnants de tous; le temps et l'expérimentation livreront leurs résultats.

Nous avons également trouvé quelques réarrangements intéressants et importants dans le génome qui éveillent notre curiosité, mais nous ne savons pas quel est leur rôle.

Qu'est ce que le futur nous apportera maintenant que nous avons cette source riche d'informations sur une levure du vin? Nous vérifierons bien sûr autant que possible quels sont les dispositifs uniques du génome de la levure du vin qui sont importants dans le contexte de la production du vin.

De toute manière, nous projetons également d'étoffer les données recueillies dans ce projet en séquençant et en comparant les génomes de plusieurs autres souches de levure du vin qui sont connues pour avoir différentes propriétés œnologiques.

Ceci nous permettra d'établir ce qui est commun à toutes les levures du vin (c'est-à-dire. ce qui constitue les conditions de base du fonctionnement d'une levure du vin) et quelles différences entre elles induisent la production de vins de qualités différentes (par exemple leurs différentes propensions à fournir des saveurs et des arômes fruités).

Une fois que nous aurons compris comment fonctionne la levure du vin, et la signification des variations génétiques entre les levures du vin, nous serons bien mieux outillés pour développer des souches de levure qui peuvent courir le marathon de la fermentation sans s'arrêter ou ralentir en route et en même temps produire des vins médaillés d'or; et tout ceci devrait être possible sans avoir besoin d'ajouter des adjuvants de fermentation performants. Juste comme nos olympiens de l'institut australien du sport, le secteur viti-vinicole aspire à gagner ses médailles d'or. Soutenu par une recherche scientifique saine et robuste le chemin des vinificateurs australien devrait être pavé d'or.

Casser le code: Gènes et Génomes

Les gènes sont des recettes pour produire des protéines. Par exemple, vos cellules portent un gène/une recette pour fabriquer la protéine insuline, qui est une hormone qui règle le taux du sucre dans le sang. Vous avez également des gènes/recettes qui enseignent à vos cellules comment fabriquer les protéines qui contrôlent votre croissance, la couleur de vos yeux, la forme générale de votre corps, etc....Ce sont ces recettes de la vie qui dictent si vous aurez le potentiel sportif ou pas, et, parce que vous les avez héritées de vos parents si vous finirez par leur ressembler.

Si les gènes sont les recettes, le génome est un livre de recettes. Le génome humain comporte toutes les recettes nécessaires pour fabriquer les protéines qui permettent la construction d'un corps humain de sa conception à l'âge adulte, et qui réparent et défendent ce corps pendant sa vie. Toute notre physiologie et anatomie est élaborée par une collection de 20.000 - 25.000 gènes qui forment le génome humain. Et, à moins d'avoir un vrai jumeau, notre livre de recette diffère légèrement pour chacun d'entre-nous.

Le langage des gènes est différents du langage que nous utilisons pour communiquer entre-nous. Il est basé sur un alphabet de seulement quatre lettres et son dictionnaire est limité à des mots de trois lettres, ce qui signifie qu'il y a seulement 64 mots dans le dictionnaire génétique. Pourtant, ils sont plus que suffisants pour ficeler tous ensemble les paquets d'instructions pour construire toutes les protéines (enzymes, hormones, muscles, anticorps, cartilage etc. ...) dont nous avons besoin pour vivre.

Le «parchemin» sur lequel ces mots qui composent les recettes de la vie sont écrits, est l'ADN. Quand nous lisons un livre complet de recettes d'un organisme, décodant ce qui est enregistré dans son ADN, nous appelons cette action séquencer l'ADN.

La finalité de ce processus est de trouver une longue séquence de millions de A, de T, de G, et de C, sans espaces ou signes de ponctuation évidents, que nous devons déchiffrer. Heureusement, des programmes sophistiqués nous aident à réaliser la majorité de ces opérations.

Article en cours de publication sur la Revue des Oenologues

Remerciement

L'Institut de Recherche Australien du Vin (AWRI), un membre du pôle d'innovation du vin d'Adelaïde, est soutenu par les producteurs de raisins et de vins australiens à travers leur fond d'investissement, la Société pour le Développement et la Recherche sur le Vin et le Raisin, qui rassemble les fonds du gouvernement australien.

La recherche en biologie des systèmes à l'AWRI est conduite en utilisant les ressources fournies en partie par le Groupement Stratégique pour la Collaboration Nationale des Infrastructures de Recherches, une initiative du gouvernement australien, avec les fonds du gouvernement d'Australie du sud.

Nous sommes très reconnaissant pour la contribution du Service Australien de Recherches du Génome, un membre de « Bioplatforms » Australie, où le séquençage du génome de la levure du vin a été effectué.

Nous remercions également Sharon Mascall et Rae Blair pour l'aide éditoriale, et Jeff Eglinton pour la préparation des illustrations. Les résultats de cette étude sont présentés en détail dans la publication FEMS Yeast Research.

Littérature

Borneman, A.R, Forgan, A., Chambers, P.J. & Pretorius, I.S. 2008. Comparative genome analysis of a Borneman, A.R, Forgan, A., Chambers, P.J. & Pretorius, I.S. (2008)

Comparative genome analysis of a Saccharomyces cerevisiae wine strain. FEMS Yeast Research 8:1185-1195.

Borneman, A.R., Forgan, A.H., Chambers, P.J. & Pretorius, I.S. (2008) Unravelling the genetic blueprint of wine yeast. Australian and New Zealand Wine Industry Journal 23:21-23.

Borneman, A.R., A.H. Forgan, P.J. Chambers & I.S. Pretorius. 2008. Cracking the genetic code of wine yeast. Wine Business Monthly October issue, pp. 41-43.

Borneman, A.R., Chambers, P.J. & Pretorius, I.S. 2007. Yeast Systems Biology: modelling the winemaker's art. Trends in Biotechnology 25:349-355.

Goffeau A, Barrell BG, Bussey H, Davis RW, Dujon B, Feldmann H, Galibert F, Hoheisel JD, Jacq C, Johnston M, Louis EJ, Mewes HW, Murakami Y, Philippsen P, Tettelin H & Oliver SG (1996) Life with 6000 genes. Science 274: 546, 563-567.

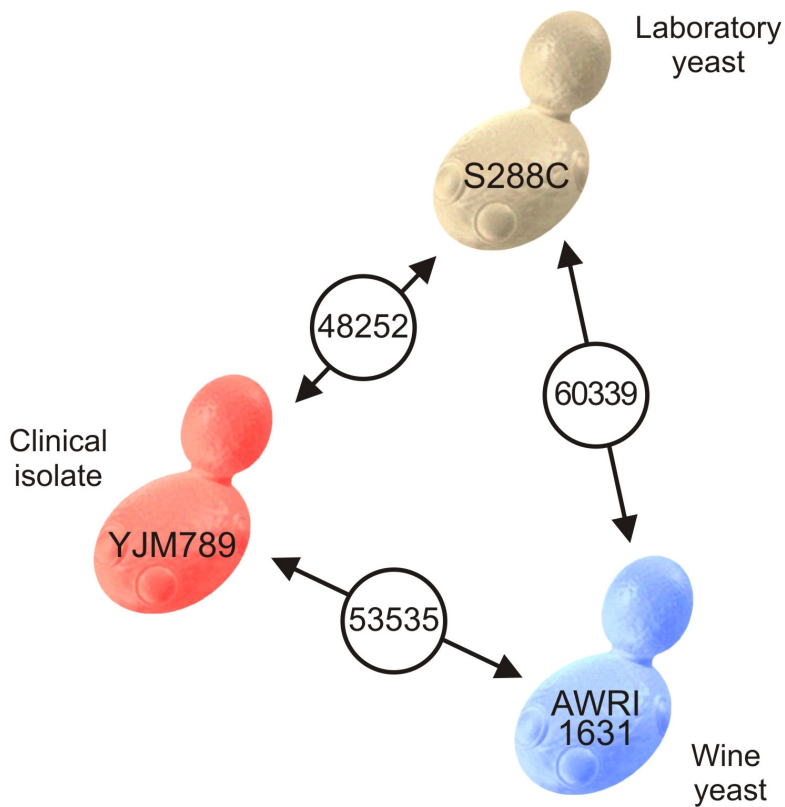


Figure 2. La séquence du génome de trois souches de *Saccharomyces cerevisiae* a révélé combien elles sont similaires entre elles. Les chiffres dans les cercles sur les flèches séparant les différentes souches représentent le nombre de « lettres » dans le génome qui sont différentes entre les souches. Les 60.399 différences entre une levure du vin et une levure de laboratoire sont équivalentes à 0,6% du génome total.