

> les types de gènes *Hox* sont présents, qu'ils soient «antérieurs», «centraux» ou «postérieurs» de par leur lieu d'expression. Chez le gastéropode, les chercheurs ont tout d'abord constaté l'extrême dynamisme des expressions des gènes *Hox*: au microscope, les régions où ces gènes s'expriment changent considérablement en quelques heures. À cela, deux raisons. Pendant la gastrulation et l'organogenèse, de nombreux mouvements cellulaires ont lieu, en particulier lors de la mise en place des ébauches de la coquille et du pied. De plus, allumages et extinctions des gènes se font à un rythme inattendu: en deux heures, tout change. Il fallait vraiment suivre de nombreux stades pour en comprendre la dynamique.

UN DOS ET UN VENTRE INDÉPENDANTS

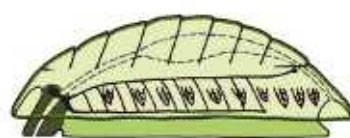
Impression générale: les territoires d'expression des gènes *Hox* se regroupent en deux zones distinctes, une dorsale et une ventrale. Pour s'en convaincre, l'équipe a procédé à un marquage supplémentaire en suivant les expressions de deux autres gènes: *engrailed*, dorsal et *soxb*, ventral. Quand le territoire d'un gène *Hox* recouvrait une partie de celui d'*engrailed*, il était qualifié de dorsal, et de ventral avec *soxb*. Cette distinction précise a permis de mettre en évidence un élément capital pour la plupart des gènes *Hox*, que Baozhong Liu a appelé «le découplage dorsoventral»: à un moment donné, un gène *Hox* s'exprime soit seulement dans un tissu dorsal ou ventral, soit dans les deux régions, mais pas avec la même intensité. De plus, ce découplage est temporel, car l'activation ou l'inhibition d'un gène n'est pas synchrone sur les deux territoires. Généralement, l'expression ventrale est plus précoce. Cela signifie qu'en fait, ce sont les mécanismes régulateurs de ces gènes qui sont découplés.

En quoi ces deux territoires différents? L'expression ventrale des gènes *Hox* suit la règle de colinéarité. Assez stable chez le polyplacophore, elle est évanescence chez le gastéropode: on ne peut l'observer que pendant deux heures! Dorsalement, en revanche, l'expression des gènes *Hox* s'organise autour de l'ébauche du tissu coquillier, c'est-à-dire du manteau, mais pas de manière échelonnée.

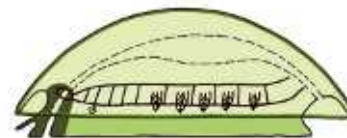
Comme ce découplage dorsoventral s'observe tant chez un conchifère que chez un aculifère, on peut l'étendre à leur ancêtre commun et donc à tous les mollusques, puisque cet ancêtre n'est autre que leur ancêtre hypothétique commun. Ainsi, le dos, où est la coquille, et le

UN MÊME PLAN D'ORGANISATION

Malgré leur diversité, les mollusques sont tous construits sur le même modèle: ils ont tous un pied, un manteau, une tête (perdue secondairement chez les bivalves) et des viscères. L'équipe de Baozhong Liu a montré que les formations des parties ventrale (pied) et dorsale (manteau) sont découplées chez ces animaux, ce qui a pu favoriser leur divergence.



Polyplacophore



Monoplacophore



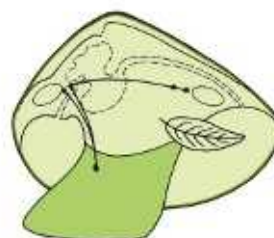
Gastéropode



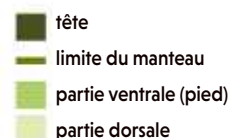
Céphalopode



Scaphopode



Bivalve



BIBLIOGRAPHIE

P. Huan et al., **Dorsoventral decoupling of Hox gene expression underpins the diversification of molluscs**, *PNAS*, vol. 117(1), pp. 503-512, 2020.

T. Wollensen et al., **Staggered Hox expression is more widespread among molluscs than previously appreciated**, *Proc. R. Soc. B*, vol. 285, article 20181513, 2018.

ventre, où sont le pied et le système nerveux central, sont décorrélés chez l'embryon et peuvent évoluer de manière relativement indépendante. Les structures dorsales présentent des coquilles, des spicules ou des plaques. Le pied peut être une bêche chez les bivalves, des tentacules chez les céphalopodes, une sole pédieuse chez les gastéropodes.

Comment ce découplage se met-il en place? Chez les bilatériens, l'organisation suivant l'axe dorsoventral (et donc, notamment, la régulation des gènes *Hox*) est sous le contrôle d'un couple de gènes majeurs, *BMP2/4* et *Chordin*. Ces gènes détendraient-ils une réponse? C'est en tout cas le pari qu'a fait l'équipe de Baozhong Liu: elle s'intéresse actuellement à l'expression de ces gènes chez *L. goshimai*. ■

L'ORDINATEUR QUANTIQUE

Promesses et réalité

- Une sélection d'articles rédigés par des chercheurs et des experts
- Une lecture adaptée aux écrans

3,99 €



Les *Thema* sont une collection de hors-séries numériques. Chaque numéro contient une sélection des meilleurs articles publiés dans *Pour la Science* sur une thématique.

Dans la collection *Thema* découvrez aussi



L'AUTEUR



HERVÉ THIS
physicochimiste, directeur
du Centre international
de gastronomie moléculaire
AgroParisTech-Inra,
à Paris

UN BON GOÛT DE BOUCHON

Les bouchons de liège libèrent dans le vin des composés dont certains modifient, en bien ou en mal, le goût de la boisson. Un choix adéquat du liège est ainsi susceptible d'améliorer la qualité des vins.

Le mauvais «goût de bouchon» du vin est dû principalement au trichloroanisole, composé que certains bouchons de liège libèrent; mais les chimistes ont aussi identifié d'autres molécules provenant du bouchon lors du vieillissement du vin. Des analyses avaient ainsi montré que des polyphénols de petite taille moléculaire migrent du bouchon de liège vers le vin et en modifient, positivement ou négativement, le bouquet, la saveur et l'astringence. Sofia Reis, Victor Freitas et leurs collègues de l'université de Porto, au Portugal, ont récemment repris ces analyses et suivis des échanges de tanins (*Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 68, pp. 14230-14242, 2020).

Les polyphénols sont des composés essentiels des vins. Parmi eux, les flavonoïdes viennent du raisin, mais d'autres viennent du bois des tonneaux, notamment les tanins qui contribuent à l'amer-tume ou à l'astringence en formant des complexes avec les protéines salivaires. Les bouchons de liège en libèrent aussi. Les chimistes portugais ont constaté que, après seulement 24 heures de mise en contact d'un bouchon de liège et d'une solution d'éthanol acidifiée (qui imite un vin), apparaissaient dans la solution de la castalagine, de la grandinine, de la vescalagine et de la roburine E – des «ellagitannins» qui doivent souvent leur nom au bois dont on les a initialement isolés (châtaigner, chêne...).

Mais alors pourquoi n'avait-on trouvé, dans des expériences précédentes s'étalant sur vingt-sept mois, que de faibles quantités de castalagine, de vescalagine et d'autres tanins? Les avait-on manqués

Le vin s'enrichit de divers composés provenant du bouchon de liège, et ces apports diffèrent selon l'origine géographique du liège.

dans l'analyse initiale, qui était principalement consacrée aux petits polyphénols? Sans doute, puisqu'une étude de 2019, focalisée sur les tanins, a dressé un tableau bien différent: on a détecté ces mêmes composés dans le liège et dans des extraits éthanoliques de liège, en compagnie de composés d'une famille différente, les polysaccharides (dont font partie la cellulose, les pectines...).

Étant donné l'importance du liège pour les vins, les chimistes de Porto ont alors repris les analyses à l'aide de méthodes d'analyse plus spécifiques des gros composés, et ils ont découvert que les bouchons libéraient des ellagitannins (21 à 34%), des tanins condensés (8 à 15%) et des polysaccharides (5 à 8%), en plus d'acides phénoliques, d'aldéhydes et des autres petits polyphénols déjà détectés.

Une difficulté de ces études très longues est de savoir si les composés que l'on identifie se forment dans le liquide ou s'ils proviennent directement du liège mais n'en sont que lentement libérés. Les analyses des bouchons, en plus de celles des solutions, ont montré que les ellagitannins étaient déjà présents dans les bouchons. Pour les tanins condensés, ils sont connus dans le liège depuis 1998, mais on ignorait leur degré de polymérisation; quelques précisions là-dessus ont été obtenues, mais le chapitre n'est pas clos. Quant aux

polysaccharides, dont la composition en sucres élémentaires a été identifiée, ils semblent venir des pectines des bouchons et sont parfois liés à des polyphénols.

Autre résultat intéressant: des analyses couplant spectroscopie infrarouge et méthodes chromatographiques et portant sur des bouchons d'Espagne et du Portugal ont montré que, à partir des composés phénoliques passant dans un vin modèle, on peut retrouver l'origine du liège. Mieux, ces études et celles qui suivront indiqueront comment sélectionner des bouchons pour guider l'évolution des vins, au moins pour ce qui est des polyphénols. Les vignerons en viendront-ils à guider le vieillissement de leurs vins par le choix des bouchons, au lieu de seulement subir l'influence de ces derniers? ■



LA RECETTE

- 1 Choisir un vin jeune et franc.
- 2 Prendre quelques bouchons neufs, et les râper.
- 3 Ajouter les râpures au vin.
- 4 Se procurer des pectines (poudre pour faire prendre les confitures) et les ajouter au vin.
- 5 Fermer hermétiquement la bouteille à l'aide d'un bouchon chimiquement inerte. Stocker quelques années pour obtenir un bon «vin de bouchon».