

> McMillan et Riccardo Papa, du Smithsonian Tropical Research Institute, au Panama, et d'Arnaud Martin, de l'université George-Washington, aux États-Unis, s'est focalisée sur l'un de ces gènes, *WntA*. Il code une glycoprotéine sécrétée dans l'espace intercellulaire, laquelle active une voie de signalisation de grande importance morphogénétique. En effet, cette voie est conservée chez tous les animaux, où son rôle dépend de la cible qu'elle contrôle. Par exemple, chez la drosophile, où elle a été découverte, elle influe sur la croissance tissulaire, la polarité et la forme.

Pour révéler le rôle de *WntA* dans la modulation des motifs des ailes d'*Heliconius*, les chercheurs ont muté ce gène de façon qu'il ne soit plus exprimé. En 2017, ils ont ainsi appliqué ce procédé à diverses espèces de papillons, dont deux *Heliconius*. Chez toutes les espèces testées, ils ont observé que l'extinction de *WntA* ne supprimait pas les motifs, mais faisait apparaître un nouveau patron coloré, comme si les réseaux génétiques conduisant aux motifs étaient régulés d'une autre manière. Chez une vanesse (*Vanessa cardui*), par exemple, le patron de rayures des ailes était altéré et un nouvel œil apparaissait; chez les deux *Heliconius*, les limites entre les champs noirs et colorés des ailes n'étaient plus au même endroit.

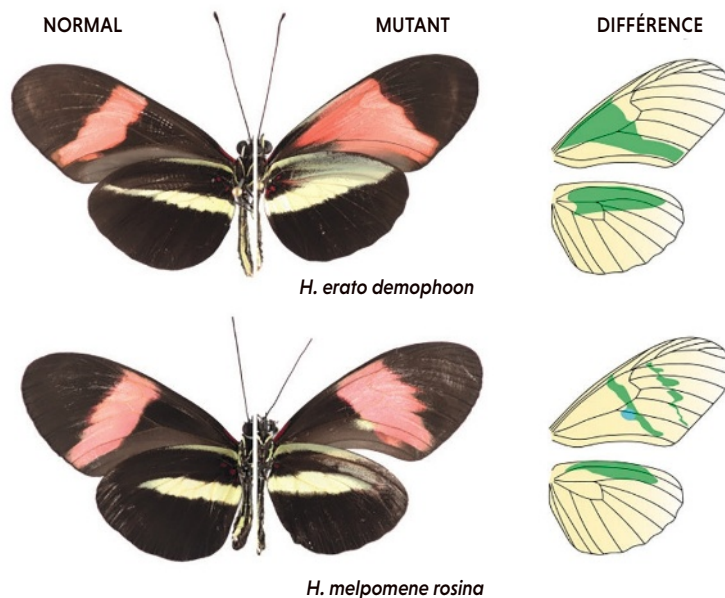
PARALLÉLISME OU CONVERGENCE?

Restait à déterminer si des espèces d'*Heliconius* se mimant mutuellement arrivaient à leur patron commun de la même manière (parallélisme) ou non (convergence). Pour ce faire, en 2019, l'équipe s'est penchée sur plusieurs couples de mimes au sein du genre *Heliconius*. Le gène *WntA* étant hérité de l'ancêtre commun du genre *Heliconius*, deux hypothèses s'affrontaient. La première, celle du parallélisme, repose sur un scénario déterministe: les réseaux et interactions de gènes seraient identiques chez les deux mimes d'un même couple, par évolution parallèle. Par conséquent, éteindre *WntA* devrait révéler les mêmes patrons chez les mimes, signe que *WntA* est prédisposé à conduire à certains patrons.

La seconde hypothèse, celle de la convergence, amène à postuler une flexibilité génétique. L'ancêtre du genre *Heliconius* date de 14 millions d'années, mais les cas de mimétisme ne remontent qu'entre 2,5 et 4,5 millions d'années d'après les arbres phylogénétiques construits à partir de l'analyse génomique

MÊMES MOTIFS, DIFFÉRENTS MÉCANISMES

Heliconius *erato demophon* et *Heliconius melpomene rosina* sont difficiles à distinguer tant leurs ailes se ressemblent (ailes de gauche). Pourtant, quand on éteint le gène *WntA*, lequel contrôle les limites entre zones noires et colorées des ailes, ces papillons présentent des motifs différents (ailes de droite). En d'autres termes, les mécanismes que *WntA* contrôle diffèrent chez ces deux lépidoptères : des mécanismes distincts conduisent aux mêmes motifs. Étonnant ? Peut-être pas tant que cela, car bien que ces papillons soient du même genre, leurs lignées ont divergé il y a plus de 10 millions d'années.



de papillons *Heliconius*. Dans les diverses lignées autonomes depuis 14 millions d'années, les réseaux de gènes responsables des patrons colorés des ailes auraient eu le temps de largement diverger, et les régulations sous contrôle de *WntA* se seraient mises en place de manière différente. Dans ce cas, l'extinction de *WntA* démasquerait des patrons différents chez les mimes...

C'est ce qu'ont montré les expériences (voir l'encadré ci-dessus). Ainsi, contre toute attente, bien que les espèces soient proches, on a ici un phénomène de convergence. L'évolution du mimétisme chez *Heliconius* correspond donc à un jeu mystérieux entre une flexibilité des réseaux de gènes et un certain déterminisme de la fonction de quelques gènes majeurs comme *WntA*, puisque les voies de signalisation qu'ils activent fonctionnent de la même façon d'une espèce à l'autre. Ce jeu ouvre de manière inattendue un vaste champ des possibles pour les réseaux de gènes et l'évolution en général. Et la combinatoire qu'il permet chez des animaux si proches interroge sur la frontière entre convergence et parallélisme. Voir sur l'existence du parallélisme... ■

BIBLIOGRAPHIE

C. Concha et al., **Interplay between developmental flexibility and determinism in the evolution of mimetic *Heliconius* wing patterns**, *Current Biology*, vol 29, pp. 3996-4009, 2019.

A. Mazo-Vargas et al., **Macroevolutionary shifts of *WntA* function potentiate butterfly wing-pattern diversity**, *PNAS*, vol. 114(40), pp. 10 701-10 706, 2017.

A. Martin et al., **Diversification of complex butterfly wing patterns by repeated regulatory evolution of a *Wnt* ligand**, *PNAS*, vol. 109(31), pp. 12 632-12 637, 2012.

La revue des sciences de la vie et de la Terre

Botanique, zoologie, évolution...
Espèces c'est toute l'actualité de la recherche proposée par les scientifiques eux-mêmes.

n° 36 en kiosque de juin à août et par correspondance sur notre site

ES
N° 36
2020

ESPÈCES

Revue d'histoire naturelle

Histoires naturelles

JUIN à AOÛT 2020

BALEINES DE FOIRE, BALEINES DE MUSÉUMS :

Le bécasseau sanderling

Tout en pattes : les pycnogonides

L'oiseau chauve-souris

Des plantes intelligentes ?

LES CÉTACÉS EXPOSÉS

BOTANIQUE
Les liaisons cachées des arbres

CÉTOLOGIE
L'adaptation à la plongée

HISTOIRE
J. P. Goudot, l'insaisissable naturaliste

BIODIVERSITÉ
L'herbe aux perles

GÉOLOGIE
Océans fossiles de Guyane

ENTR'ESPÈCES
La mouche du fromage

ESPRIT CRITIQUE
Paraphylie et polyphylie

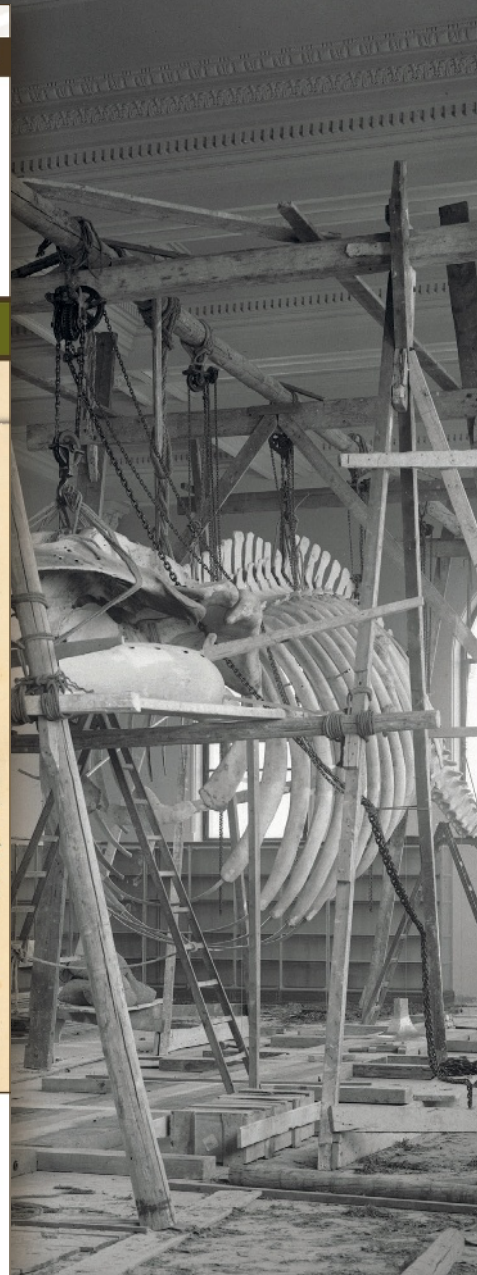
PHYLOGÉNIE
Partages ou différences ?

L 155... € - RD

100 p.
8,50 €

DOM - BEL/LUX 8,90 € - CAN: 13,50 \$CA - N CAL/S: 1250 CFP - POL/S: 1300 CFP

CNL
CENTRE NATIONAL DU LIVRE



especies.org

Pour vous abonner ou commander au numéro, version papier ou numérique.

Vous y trouverez aussi des articles en accès libre, les éditoriaux, les sources et toutes les actualités de la revue... un concentré d'histoires naturelles !



ESPÈCES
Revue d'histoire naturelle

N°35 : La tumultueuse histoire des mammifères du Nouveau Monde

Des mammifères du monde du Nord à ceux du Sud, les mammifères du Nouveau Monde ont une histoire riche et complexe. Cette revue vous propose une synthèse de la recherche actuelle sur ces animaux, avec des articles de fond et des actualités de la recherche.

la revue des sciences de la vie et de la Terre

100 p. - 8,50 €

ACHETER MAINTENANT

L'AUTEUR



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

N'AYONS PAS PEUR DU TEMPS DES CERISES

Conservons à l'abri de la lumière les produits à goût de cerise ou d'amande pour éviter que leur principal composé odorant, le benzaldéhyde, se transforme en benzène.



En matière alimentaire, pas une journée ne passe sans qu'une vague organisation ne cherche à affoler les citoyens, au nom de la planète ou de la santé; certains craignent jusqu'aux «résidus de pesticides qui pourraient être cancérogènes». Cependant, il faut rappeler à ces vociférateurs et à nos élus qu'il ne s'agit pas de considérer le danger, mais le risque: en matière de toxicologie, ce dernier inclut à la fois le danger lié à la substance et l'exposition à celle-ci.

Il y a quelques années, la découverte d'acrylamide en quantités minimes dans le pain ou dans les frites avait conduit à un séisme dans le monde de la science et de la technologie des aliments, et l'on avait vu fleurir les travaux sur cette question. Le chauffage d'ingrédients contenant l'acide aminé asparagine et de l'amidon conduit en effet à la formation d'acrylamide, composé reconnu comme cancérogène pour l'animal et cancérigène possible pour l'homme.

Mais les réévaluations des expositions se sont révélées moins importantes que prévu initialement, et l'on a finalement préconisé de surveiller l'huile de friture ou de cuisson pour qu'elle ne surchauffe pas, de ne pas faire dorer à l'excès les produits, de ne pas consommer les zones les plus brunies lors de la cuisson, qui sont les plus riches en acrylamide.

Oui, on a bien fait de limiter la température des friteuses... pour ce qui concerne l'acrylamide; mais on ne doit pas oublier que le gras chauffé longtemps, qui imbibe les frites mal cuites, est redoutable: ne nous trompons pas de combat.

Un autre composé a inquiété: le benzaldéhyde, naturellement abondant dans de nombreux végétaux, surtout dans la

Le benzaldéhyde naturellement présent dans les cerises, les amandes ou les aliments aromatisés ne libère du benzène qu'en présence de lumière. Ces produits sont à conserver dans l'obscurité, comme on le fait pour l'huile.

cerise ou l'amande, et qui est le principal composé des aromatisants au goût de cerise ou d'amande. En 2013, une association de consommateurs allemands avait détecté 4,6 microgrammes de benzène par litre de boissons aromatisées à l'aide de benzaldéhyde et avait cru devoir alerter le public et les politiques. La quantité dosée était minime, car chacun d'entre nous respire environ 200 microgrammes de benzène par jour, et les fumeurs en inspirent dix fois plus. Mais les expositions à long terme de benzène provoquent des cancers, et la dose admise dans l'eau de boisson, en Allemagne, n'est que de 1 microgramme par litre.

D'où venait le benzène dosé? On savait que le benzène dans les aliments peut provenir de l'acide benzoïque (utilisé comme conservateur), qui libère du benzène en présence d'acide ascorbique (la vitamine C) et d'ions métalliques tels que le fer ou le cuivre. Et c'est ainsi que, dans les dernières années, on avait réduit la présence de benzène en évitant les combinaisons défavorables. Toutefois, du benzène avait été trouvé, en l'absence d'acide benzoïque, dans des jus de carottes, puis dans les boissons aromatisées à la cerise.

À l'université technique de Munich, Stephanie Frank, Thomas Hofmann et Peter Schieberle ont testé 22 boissons contenant du benzaldéhyde ou du jus de cerises, et découvert que plus le

benzaldéhyde était exposé à la lumière, plus se formait du benzène (*European Food Research and Technology*, vol. 245, pp. 1605-1610, 2019). Et le benzène ne se formait pas dans le jus de cerises, où la couleur sombre du jus protège de la lumière.

D'un petit mal naîtrait un bien? À l'avenir, le monde industriel conservera les produits (boissons, aromatisants...) contenant du benzaldéhyde dans des contenants opaques. Faisons de même avec nos aromatisants de pâtisserie, que nous garderons dans des placards fermés. ■



LA RECETTE

- 1 Dissoudre 5 grammes d'alginat de sodium dans 1 litre d'eau ; mixer.
- 2 Laisser l'alginat s'hydrater pendant deux heures.
- 3 À 200 grammes de jus de betterave, ajouter une pincée de sel, trois cuillerées à soupe de sucre, une petite cuillerée à café d'acide citrique et quelques gouttes d'un aromatisant à l'amande amère.
- 4 Prendre une cuillerée à café de ce dernier liquide, et descendre doucement la cuillère dans le bain d'alginat : en trois minutes environ, une peau gélifiée se forme et l'on obtient une bille analogue à une cerise.
- 5 Répéter l'opération pour la totalité du jus de betterave.
- 6 Utiliser les billes à cœur liquide pour un clafoutis : dans un moule, avec un appareil fait d'œuf battu, sucré et légèrement fariné, cuire pendant 20 minutes à 200 °C.



Retrouvez tous
nos articles sur
www.pourlascience.fr

P.22

5 KM³

C'est la quantité de lave déversée en un an environ par le nouveau volcan sous-marin à 50 kilomètres à l'est de Mayotte. Il mesure 5 kilomètres de diamètre et plus de 800 mètres de haut.

P.38

PERCOLATION

Ce phénomène physique décrit l'écoulement d'un fluide à travers un milieu plus ou moins perméable, à l'image de l'eau qui traverse le café moulu pour préparer la boisson chaude. On l'utilise aussi pour décrire comment une civilisation extraterrestre pourrait se propager à travers la Galaxie.

P.18

« Le débat autour des applications de traçage, dans le contexte de l'épidémie de Covid-19, incite les chercheurs à développer de nouveaux protocoles présentant plus de garanties pour la vie privée »

GILLES DOWEK
chercheur à l'Inria

P.7

17 %

C'est la baisse maximale des émissions quotidiennes de CO₂ à l'échelle du globe qui a été constatée, par rapport à 2019, durant la période de confinement liée à la pandémie de Covid-19.

P.92

MIMÉTISME MULLÉRIEN

Chez les papillons, des ailes colorées sont souvent un signal de toxicité qui avertit les prédateurs. Quand une espèce non toxique présente le même motif qu'une espèce toxique, elle profite de son signal : on parle de « mimétisme batésien ». Si deux espèces toxiques partagent le même motif, le mimétisme est dit « mullérien ». L'intérêt : les prédateurs apprennent plus vite à les éviter.

P.58

MASCARET

Cette vague qui remonte les cours d'eau (comme la Dordogne) et prisée des surfeurs a la même origine que le ressaut circulaire qui se forme au fond de l'évier quand le robinet coule. Elle se déclenche lors de la marée montante.

P.82

123121321

Cette séquence est une superpermutation de l'ensemble de trois éléments {1, 2, 3}. On y retrouve toutes les permutations de cet ensemble : 123, 132, 213, 231, 312, 321. Il suffirait de les concaténer, mais le défi est de créer la séquence la plus courte possible en autorisant des recouvrements partiels.

« Hervé Le Guyader explore ce concept complexe et explique comment nous pouvons encore, mais urgemment, agir pour sa préservation. »

Libération

