
UN COUP D'OEIL
DES CHERCHEURS
SUR L'ACTUALITÉ
SCIENTIFIQUE

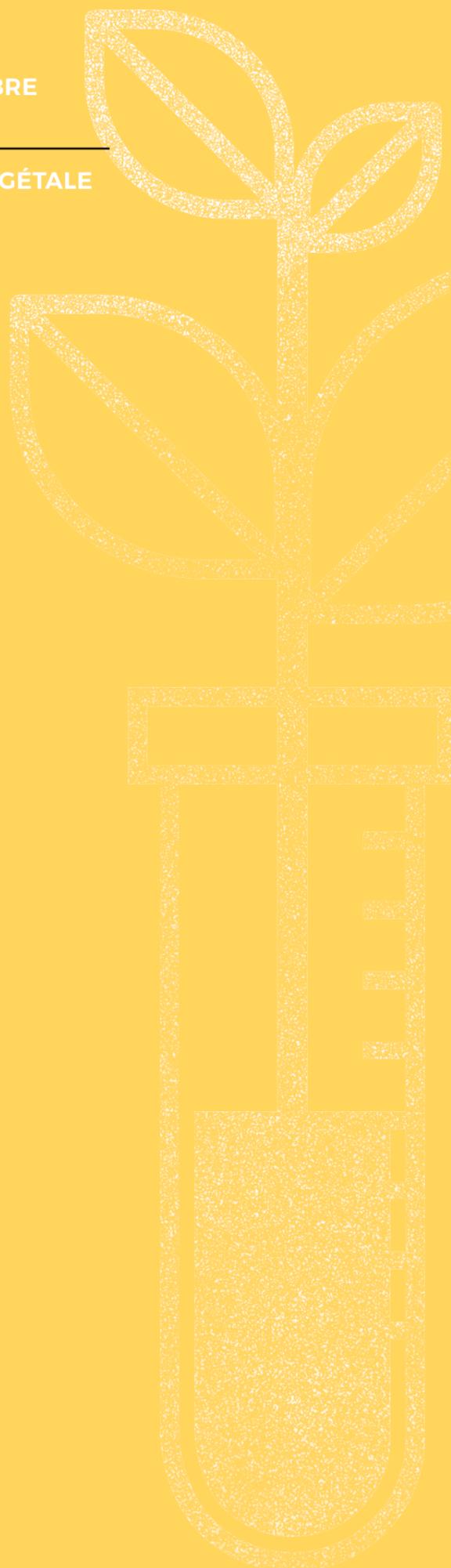
break'd!



DÉCEMBRE
2017

N.
02

BIOLOGIE VÉGÉTALE



PRÉFACE

UN MINI-MAGAZINE
PENSÉ ET CONÇU
POUR VOUS

p. 1

ÉDITORIAL

LA PLASTICITÉ
DES PLANTES
FACE À LEUR
ENVIRONNEMENT

p. 2

BREAK #1

LES JOURS NUAGEUX
COÛTAIENT CHER
JUSQU'À CE QUE
DES SCIENTIFIQUES
PIRATENT
LA PHOTOSYNTHÈSE

p. 4

BREAK #2

COMMENT REDONNER
LEUR SAVEUR
AUX TOMATES
MODERNES ?

p. 6

BREAK #3

COMMENT LES PLANTES
RESPIRENT-ELLES ?

p. 8

BREAK #4

BOECHERA, POURQUOI
ES-TU SI FRAICHE ?

p. 10

ACTIVITÉ BIOUTILS

LES PIGMENTS

p. 12

PRÉFACE

UN MINI-MAGAZINE PENSÉ ET CONÇU POUR VOUS

Chères enseignantes,
chers enseignants,

Au nom du comité de rédaction de « *break'd!* », je suis heureux de vous proposer la deuxième édition de notre mini-magazine !

A une époque où les informations sont de plus en plus diffuses et les sources parfois discutables, la démocratisation de la littérature scientifique devient un enjeu de société car elle permet un dialogue constructif et une prise de décision libre et individuelle fondée sur des faits. *break'd!* fait partie des mesures que l'UNIGE met en place pour vous fournir une sélection d'articles scientifiques récemment publiés et pertinents, à la fois d'un point de vue scientifique et également pour votre enseignement.

Le rôle de ce magazine n'est pas de donner un avis sur les articles publiés ou de donner une interprétation biaisée de la recherche décrite. Même si les articles sont sélectionnés par un comité rédactionnel (composé d'enseignants de la région, de chercheurs et de spécialistes de la communication scientifique), les résumés des articles sont réalisés directement par les auteur-e-s de la recherche. Ce faisant, nous visons à créer un lien direct entre le monde académique et les écoles, en soutenant votre programme d'enseignement.

Pour bien comprendre l'impact de notre mini-magazine, voici quelques faits importants à garder à l'esprit :

- **BREAK** : Un « break » est un résumé d'une publication scientifique, rédigé par le chercheur ou la chercheuse qui a effectué la recherche.
- **ÉDITORIAL** : publié au début de chaque mini-magazine, l'éditorial est rédigé par un-e scientifique de l'UNIGE et sert à contextualiser les articles décrits. Il est également important, car il permet de poser les bases qui seront utilisées lors des webinaires tenus par ces mêmes scientifiques.

- **ACTIVITÉ BIOUTILS** : tirée de la liste des activités de BiOutils, chaque édition propose une expérience permettant de mieux comprendre la démarche scientifique sous-jacente.
- **WEBINAIRE** : tenu par l'auteur-e de l'éditorial, ce séminaire web permettra à votre classe d'interagir directement avec un-e chercheur-se universitaire sur le sujet/la recherche décrite dans le mini-magazine. Ce format, contrairement aux présentations traditionnelles, favorise un dialogue direct avec les étudiant-e-s.

Si vous souhaitez recevoir les versions électroniques de *break'd!* ou être tenus informés de nos nouveautés, inscrivez-vous dès maintenant à notre liste de diffusion en envoyant un courriel à bioutils@unige.ch. N'hésitez pas à nous contacter également si vous souhaitez organiser un webinaire dans votre classe.

Mais surtout, ne manquez pas la prochaine édition de *break'd!* qui paraîtra en Février 2018 et portera sur la génétique et la biologie moléculaire !

— Massimo Caine, coordinateur du projet
BiOutils & TheScienceBreaker



LA PLASTICITÉ DES PLANTES FACE À LEUR ENVIRONNEMENT

Parmi les caractéristiques fascinantes des plantes, il y en a deux qui sont particulièrement emblématiques. L'une est leur capacité photosynthétique, qui leur permet d'utiliser la lumière du soleil comme seule source d'énergie. La photosynthèse fournit directement ou indirectement presque toute l'énergie qui permet le fonctionnement de la biosphère, pour les plantes elles-mêmes, pour les herbivores qui les consomment, puis pour les prédateurs tout au long de la chaîne alimentaire, et enfin pour les décomposeurs. L'espèce humaine l'a évidemment bien compris dans sa pratique intensive de l'agriculture. L'autre caractéristique emblématique est que les plantes ne se meuvent pas, et qu'une fois enracinées elles endurent avec une remarquable résilience les variations de leur environnement, comme les changements de lumière, de température ou de disponibilité de l'eau. Leur survie, leur croissance et leur succès reproductif dépendent de la perception des conditions extérieures et du stress qu'elles induisent, puis du déploiement de réponses appropriées. L'élucidation des mécanismes mis en jeu, outre l'intérêt fondamental qu'elle peut avoir pour une meilleure compréhension du fonctionnement des plantes, permet de développer de nouvelles stratégies pour l'amélioration des plantes cultivées (voir le break #1).

Pour l'avenir de l'agriculture, la limitation des ressources naturelles et la croissance démographique posent de nombreux défis qui seront difficiles à relever pour assurer l'alimentation de la population mondiale. Celle-ci devrait avoisiner les 9 milliards d'individus d'ici à 2050, en augmentation de près d'un tiers par rapport à l'époque actuelle. La FAO (Food and Agriculture Organisation of the United Nations) prévoit pour la même période une augmentation encore bien plus forte de la demande en produits agricoles (environ 70 %), principalement en raison de l'amélioration du niveau de vie dans les pays en développement. Par contre les rendements agricoles, s'ils progressent encore, le font à un rythme bien moins soutenu qu'il y a quelques décennies. L'effet des changements climatiques en cours viendra inéluctablement aggraver cette problématique. L'urgence et la précarité de la situation

échappe sans doute encore largement aux populations favorisées des pays développés, qui vivent dans l'abondance apparente des ressources alimentaires. Néanmoins comme vous le lirez dans ce numéro de *break'd!*, pour essayer de relever ces défis de nombreuses recherches actuelles en biologie végétale s'attellent à l'amélioration de la productivité et de la qualité des plantes cultivées. Les articles présentés dans ce numéro de *break'd!* illustrent aussi très bien le nouvel élan que prend la biologie végétale avec le développement de nouveaux outils de recherche, qui incluent les avancées fulgurantes de la génomique à large échelle et des outils statistiques qu'elle requiert, ou le développement de modèles mathématiques décrivant des phénomènes complexes.

Imaginez une plante au milieu d'un champ, un beau jour d'été ensoleillé où le vent pousse de petits cumulus dans le ciel et fait bruisser le feuillage. D'un instant à l'autre, une feuille qui se trouvait à l'ombre de ses voisines ou d'un nuage pourrait passer en plein soleil, puis se retrouver bientôt à nouveau à l'ombre. Difficile optimisation : à l'ombre, la photosynthèse est plus efficace si de nombreuses molécules de chlorophylle sont déployées pour capter la lumière, mais en plein soleil cela pourrait induire une saturation de la chaîne photosynthétique par l'énergie lumineuse capturée en excès, qui conduirait à la formation de composés réactifs de l'oxygène fort dommageables. Heureusement un mécanisme se met en place, permettant la dissipation sous forme de chaleur de l'excédent d'énergie lumineuse. Lors du retour à l'ombre, la désactivation de ce mécanisme est relativement lente, et la photosynthèse tarde un peu à retrouver son plein régime. En se basant sur la modélisation mathématique, des scientifiques ont décidé d'augmenter l'expression de trois gènes clefs, et ont ainsi pu accélérer la désactivation du mécanisme de protection lors du retour à l'ombre, et augmenter d'environ 15 % la productivité de ces plantes transgéniques (voir le break #1). Mais pourquoi donc cette augmentation n'a-t-elle pas été obtenue par les procédés de sélection agronomique classiques ? Peut-être justement parce qu'il fallait introduire simultanément

ces trois modifications, dont chacune individuellement aurait eu un effet négatif. Une triple mutation de ce type serait hautement improbable dans un programme de sélection empirique. Cet article marque une étape importante car il montre qu'il est encore possible d'optimiser la photosynthèse, ce qui ouvre la voie à de nouveaux progrès dans l'amélioration des plantes cultivées.

Sur l'étagère du magasin, vous avez choisi une magnifique tomate, rouge et ferme. Mais quelle déception en la mangeant. Où sont donc les arômes d'antan des tomates du potager de votre grand-mère ? Dans un vaste effort international, des chercheuses et des chercheurs se sont attelés à ce problème (voir le break #2). Alors que cela aurait pu sembler encore impensable il y a quelques années, ils ont déterminé la séquence d'ADN du génome de près de 400 variétés de tomates de toutes origines. D'autre part ils ont analysé la teneur de ces tomates en sucres, en acides et en composés aromatiques, qui sont des déterminants prépondérants de leur saveur. Ils ont aussi demandé à des panélistes d'évaluer le goût d'une centaine de ces variétés de tomates. Ensuite à l'aide d'outils statistiques puissants, ils ont confronté ces différentes données et ont pu identifier des régions du génome qui déterminent de manière décisive les propriétés gustatives. Cela simplifiera beaucoup à l'avenir la tâche des sélectionneurs, qui pourront enfin tenter de marier dans une même variété des propriétés gustatives intéressantes et d'autres caractéristiques importantes pour la culture et la commercialisation des tomates.

Il est un autre compromis que les plantes doivent sans cesse négocier : acquérir du dioxyde de carbone dans l'air sans perdre trop d'eau par évaporation. En effet la photosynthèse emploie le dioxyde de carbone pour former des composés organiques comme les sucres. D'autre part l'eau est nécessaire à la photosynthèse, mais aussi à la circulation des nutriments dans les vaisseaux de la plante. Puisée dans le sol, l'eau s'évapore dans les feuilles ce qui alimente le flux de sève brute des racines vers les parties aériennes. La surface des feuilles est relativement étanche, et c'est par de nombreux petits orifices appelés stomates, semblables à autant de petites bouches, que le dioxyde de carbone entre dans les feuilles et l'eau s'en échappe. Il n'est donc pas étonnant que l'ouverture de ces stomates soit finement régulée en fonction des besoins de la plante et des conditions extérieures comme la température ou la sécheresse. L'ouverture et la fermeture des stomates sont régies par un mécanisme hydraulique : elles s'ouvrent quand la pression augmente dans les deux cellules (dites de garde) qui constituent le pourtour de l'orifice, elles se referment quand la pression y baisse. La pression

quant à elle est déterminée par des flux étroitement régulés d'ions et d'eau à travers la membrane de ces cellules. Comprendre ce mécanisme, et en particulier les propriétés physiques des parois des cellules qui permettent leur déformation contrôlée et par conséquent l'ouverture des stomates en réponse à la pression est une tâche ardue. Ceci d'autant plus que les pressions en jeu sont phénoménales, de l'ordre de 50 atmosphères, équivalentes à celles que l'on trouverait à une profondeur de 500 mètres sous l'eau. Pour cerner ce problème, une équipe scientifique (voir le break #3) a développé un modèle informatique qu'elle a affiné en comparant les prédictions du modèle et les observations expérimentales avec des plantes normales et des plantes mutantes. Ce dialogue entre la modélisation mathématique et l'observation expérimentale est une implémentation moderne de la démarche scientifique : proposer une hypothèse (formulée ici comme un modèle mathématique complexe) et la tester ensuite en confrontant ses prédictions aux résultats d'expériences appropriées. A long terme, la sélection naturelle favorise l'émergence d'espèces adaptées aux conditions de leur milieu naturel. L'actualité climatique soulève en particulier la question de comment différentes espèces de plantes font face aux vagues de chaleur. Pour aborder cette question, une groupe de chercheuses et de chercheurs (voir le break #4) a comparé *Arabidopsis*, devenue une des plantes modèles les plus courantes pour la recherche, avec différentes espèces de moutarde californiennes du genre *Boechea* provenant de sites très différents : régions côtières, déserts et sommets des montagnes. De manière surprenante, ce ne sont pas les espèces provenant des déserts, mais plutôt celle originaire des montagnes qui supportait le mieux les températures élevées. Et le mécanisme moléculaire n'était pas non plus entièrement celui qui était attendu. De surprise en surprise, cette étude montre qu'il y a encore beaucoup à découvrir sur les facultés des plantes à faire face à leur environnement.

A PROPOS DE L'AUTEUR:

Nom
Michel P. Goldschmidt-Clermont, PhD

Position
Professeur titulaire

Institution
Université de Genève
Genève, Suisse

LES JOURS NUAGEUX COÛTAIENT CHER JUSQU'À CE QUE DES SCIENTIFIQUES PIRATENT LA PHOTOSYNTHÈSE

Tout au long de la phase de croissance des plantes, des nuages apparemment bénins passent au-dessus de millions d'hectares de cultures impactant ainsi leur productivité, ce qui coûte extrêmement cher en termes de rendement potentiel perdu. Des chercheurs ont récemment rapporté dans la revue *Science* avoir mis au point une solution et augmenté la productivité d'une culture en plein champ de 14 à 20 %. Ils pensent que cette solution pourrait être appliquée aux cultures des denrées alimentaires de base pour aider à répondre aux futurs besoins dans ce domaine à l'échelle mondiale.

4 Quand le soleil est trop fort, vous mettez vos lunettes de soleil. Si vous retournez à l'ombre, vous pouvez vite les enlever. Les plantes ont développé leur propre système de protection solaire, appelé photoprotection, que les feuilles activent en plein soleil et éteignent lorsqu'elles sont ombragées par un nuage ou une autre feuille. Sans ce processus, la lumière du soleil provoquerait une oxydation et blanchirait les feuilles, ce qui équivaldrait pour la plante à un sévère coup de soleil.

Contrairement à vous, cela peut prendre plusieurs minutes ou plusieurs heures pour que la plante enlève ses lunettes de soleil et reprenne la photosynthèse - qui transforme la lumière en produit - à pleine capacité. Pendant ce temps, la plante élimine (détourne) une grande partie de l'énergie lumineuse sous forme de chaleur, mais elle aurait pu utiliser cette énergie pour produire plus de masse végétale. Les chercheurs ont calculé que cela coûtait aux plantes 7,5 à 40 % de leur rendement, selon le type de plante et la température.

Steve Long, titulaire d'une chaire de professeur « Gutzwiller » en Biologie Végétale et Sciences agronomiques à l'Université de l'Illinois, a fait équipe avec Krishna Niyogi, professeur à l'Université de Californie à Berkeley, pour augmenter les niveaux de trois protéines et accélérer le rétablissement des plantes après la photoprotection. Leurs plantes modifiées se sont révélées 14 à 20 % plus productives

que les plantes non modifiées lors d'essais reproduits sur le terrain.

Katarzyna Głowacka et Johannes Kromdijk, chercheurs postdoctoraux dans le laboratoire de Long, ont mené cette étude en utilisant des plantes de tabac parce qu'elles sont faciles à modifier génétiquement et sont donc de bons substituts aux cultures de denrées alimentaires, beaucoup plus difficiles à manipuler génétiquement. En cultivant du tabac lors d'essais sur le terrain, ils ont pu étudier comment les plantes réagissent dans des conditions réelles avec des variables non contrôlées, comme la lumière du soleil, les nuages et la pluie. L'intention n'est pas d'utiliser ce tabac « amélioré » pour autre chose que ces expériences ; il s'agit là simplement d'un banc d'essai pour voir si la technologie fonctionne.

Maintenant que les tests montrent que c'est le cas, les chercheurs se lancent dans la tâche plus difficile de transférer ces résultats à des cultures de denrées alimentaires plus importantes comme le riz, le manioc et le niébé. Le riz est à l'origine, pour l'homme, d'une production de calories plus importante que n'importe quelle autre culture dans le monde. Le riz produit 176'000 calories par hectare par jour et le manioc plus de 250'000. Ces cultures sont particulièrement importantes pour les petits exploitants agricoles d'Afrique subsaharienne et d'Asie du Sud-Est qui ont besoin de produire plus de nourriture pour subvenir aux besoins de leur famille et de leur communauté.

Cela fonctionnera-t-il ? Le mécanisme qui a été modifié dans le tabac est semblable à celui utilisé par toutes les plantes cultivées, de sorte que les chercheurs ont toutes les raisons de penser que cela sera le cas. La Fondation Bill & Melinda Gates, qui a financé ces travaux, s'assurera que cette technologie parvienne à ces agriculteurs à un coût réduit.

Aujourd'hui, nous avons en apparence une abondance de nourriture, alors pourquoi nous donner la peine d'en faire plus ? Steve Long souligne qu'avec

les obstacles réglementaires, les essais à réaliser et la reproduction de ces résultats à grande échelle, il faudra au moins 15 à 20 ans pour les transférer de leur laboratoire aux champs des agriculteurs. Entre-temps, d'ici 2050, nous allons devoir augmenter notre production de nourriture de 70 % par rapport à aujourd'hui, selon l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. David Tillman, professeur « Regents » et titulaire d'une chaire présidentielle « McKnight » d'écologie à l'Université du Minnesota, suggère qu'il s'agit plutôt d'une augmentation de 100 % de la quantité de nourriture. Cet écart entre la découverte et son déploiement sur le terrain signifie que nous ne sommes qu'à un cycle de reproduction des cultures de la famine. Nous devons donc innover maintenant pour notre avenir.

Cette étude est prometteuse, car elle montre que nous pourrions répondre à cette demande pressante et d'une manière dont beaucoup de scientifiques doutaient autrefois. En effet, modifier les mécanismes photosynthétiques pour augmenter le rendement des cultures a été pendant longtemps considéré comme le « Saint Graal » de la biologie végétale. C'est maintenant le meilleur moment pour lancer la prochaine révolution verte et répondre aux exigences alimentaires du XXI^e siècle.

A PROPOS DES AUTEURS:

Nom
Stephen Long, PhD
Position
Professeur

Nom
Katarzyna Głowacka, PhD
Position
Chercheuse postdoctorale

Nom
Johannes Kromdijk, PhD
Position
Chercheur postdoctoral

Institution
Institut de biologie génomique Carl R. Woese
Illinois, USA



Ce texte est une traduction du break « Cloudy days cost yield until scientists hacked photosynthesis » écrit à l'origine par Stephen Long, Katarzyna Głowacka, Johannes Kromdijk et publié sur *TheScienceBreaker* (<https://doi.org/10.25250/thescbr.brk037>). Ce texte est mis à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons CC BY-SA 4.0

COMMENT REDONNER LEUR SAVEUR AUX TOMATES MODERNES ?

Bien que beaucoup de gens se souviennent du goût merveilleux qu'ont les tomates d'antan cultivées au jardin, cette saveur ne se retrouve pas dans les tomates que l'on trouve actuellement dans le commerce. La culture moderne s'est en effet concentrée sur la résistance aux maladies, le rendement, la durée de conservation et la fermeté pour l'expédition. Bien que ces aspects soient essentiels pour la production de tomates à grande échelle tout au long de l'année, la culture basée sur ces caractéristiques, sans sélectionner les facteurs liés au goût, a entraîné la perte de saveur. Malheureusement, le bon goût est un trait difficile à définir ou à quantifier, ce qui rend délicate la tâche des producteurs qui tentent de redonner du goût aux tomates modernes.

6 La saveur de la tomate est une combinaison de sucres, d'acides et de composés aromatiques. Des niveaux élevés de sucres et d'acides sont importants pour l'obtention d'une bonne saveur, mais ce sont les composés aromatiques qui sont la base de l'odeur et de la saveur uniques de la tomate. Plus de 400 composés aromatiques y sont présents, dont au moins vingt contribuent à son goût. Cela contraste avec certains fruits où seulement un ou deux composés aromatiques constituent en grande partie la saveur. Les composés aromatiques de la tomate sont biosynthétisés à partir de nombreuses voies biochimiques différentes, provenant d'acides aminés, de lipides et de précurseurs de caroténoïdes. Cette complexité rend les choses extrêmement difficiles lorsqu'il s'agit d'en restaurer la saveur. Afin de comprendre ce que les consommateurs préfèrent dans une tomate qui a bon goût, des panels de dégustation ont été organisés à l'Université de Floride. On a demandé à environ 75 panélistes d'évaluer plus de 100 variétés de tomates selon leur appréciation générale, leur douceur, leur acidité et d'autres caractéristiques. Ces mêmes variétés de tomates ont été analysées pour identifier les substances biochimiques qui composent le goût, y compris les sucres, les acides et les composés aromatiques. Cela a permis aux chercheurs de déterminer les composantes les plus importantes, tant négatives

que positives, du goût de la tomate. Malheureusement, ces méthodes pour déterminer la qualité du goût des nouvelles variétés de tomates ne sont pas pratiques pour les producteurs. C'est tout simplement trop long et trop coûteux. Il était nécessaire de trouver une méthode plus simple pour déterminer la qualité aromatique d'une nouvelle variété. Des chercheurs de l'Université de Floride, de l'Académie chinoise des Sciences Agricoles, du Conseil supérieur de la recherche scientifique à l'Université Polytechnique de Valence (Espagne) et de l'Université hébraïque de Jérusalem ont séquencé les génomes de 398 sortes de tomates, dont des variétés modernes, anciennes et sauvages d'Amérique du Sud.

Les facteurs aromatiques de ces variétés ont également été génétiquement caractérisés, y compris les sucres, les acides et les composés aromatiques. À l'aide d'analyses statistiques, les chercheurs ont été en mesure d'identifier des variations dans des régions du génome qui étaient associées à des composés aromatiques spécifiques. Grâce à cette information, les producteurs peuvent effectuer une sélection pour améliorer la saveur en recherchant des changements spécifiques dans la séquence d'ADN. En croisant une variété de tomate moderne avec une variété ancienne savoureuse, puis en effectuant des rétrocroisements multiples et en sélectionnant à la fois la saveur de la variété ancienne et les traits désirés de la tomate moderne, on peut obtenir une variété moderne savoureuse. Examiner la séquence d'ADN pendant la reproduction est beaucoup plus simple que de faire analyser les saveurs par des panels de goûteurs ou relever les niveaux biochimiques des facteurs aromatiques. Les producteurs peuvent maintenant examiner les traits gustatifs d'un semis de la même façon qu'ils étudient la résistance aux maladies. Si un semis n'a pas les séquences d'ADN révélatrices d'une bonne saveur, celui-ci peut être éliminé ce qui économise du temps et de l'argent. Si un jeune plant a les séquences d'ADN caractéristiques d'une bonne saveur potentielle, il peut être cultivé jusqu'à maturité et son goût peut être confirmé ultérieurement par

des analyses gustatives et biochimiques. Déterminer les aspects génétiques et biochimiques liés à l'excellent goût de la tomate a été le résultat de décennies de travail pour de nombreux scientifiques. Aujourd'hui, les producteurs de plantes peuvent utiliser les connaissances acquises grâce à ces recherches pour offrir aux consommateurs des tomates savoureuses. Les mêmes méthodes sont maintenant utilisées dans d'autres cultures fruitières pour comprendre la biochimie et la génétique associées aux qualités aromatiques. Avoir des fruits et des légumes plus savoureux incitera les consommateurs à manger des aliments plus sains et à jouir d'une meilleure santé.

A PROPOS DE L'AUTEUR:

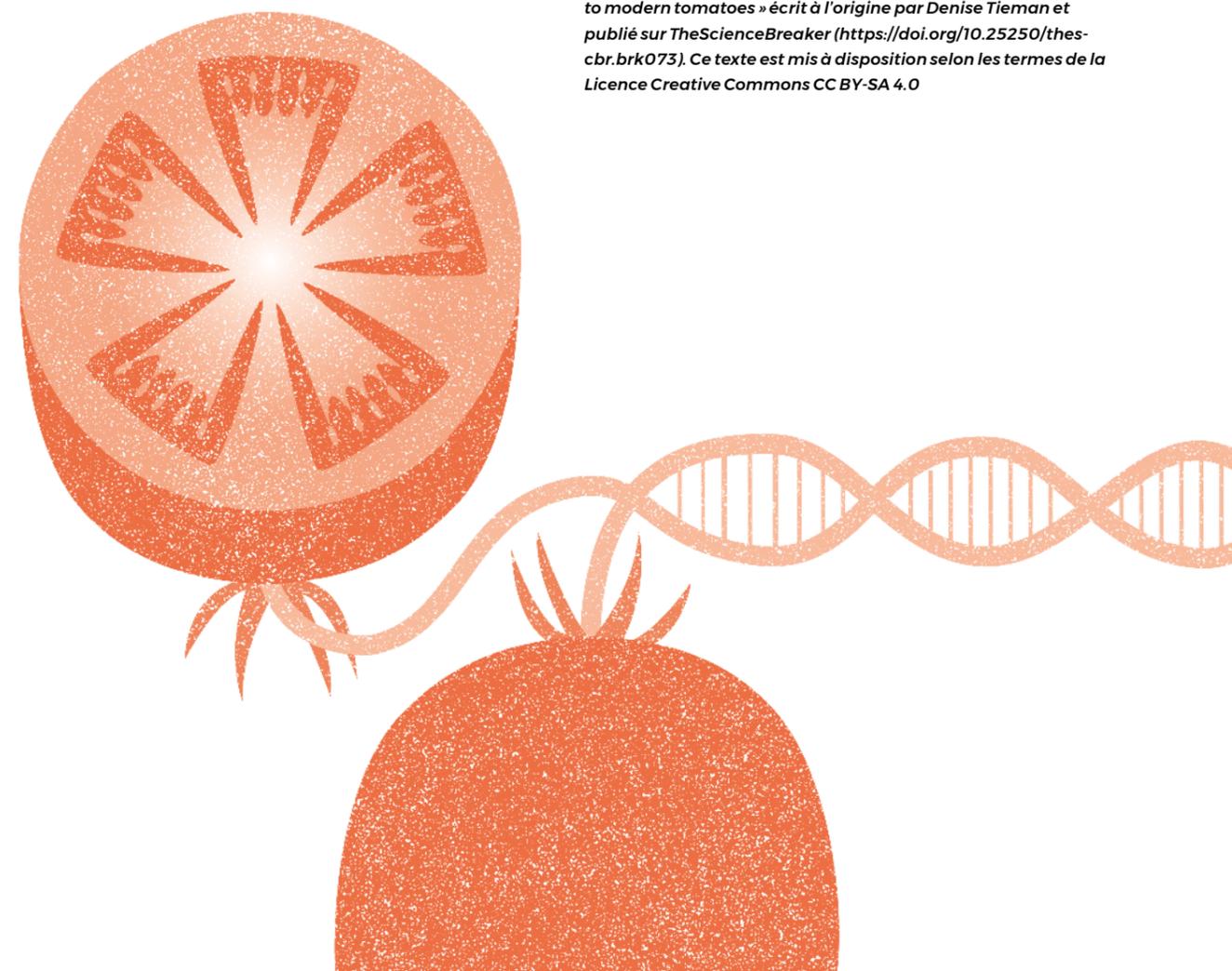
Nom
Denise Tieman, PhD

Position
Chercheuse postdoctorale

Institution
Université de Floride
Gainesville, USA



Ce texte est une traduction du break « Bringing the flavor back to modern tomatoes » écrit à l'origine par Denise Tieman et publié sur TheScienceBreaker (<https://doi.org/10.25250/the-scbr.brk073>). Ce texte est mis à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons CC BY-SA 4.0



COMMENT LES PLANTES RESPIRENT-ELLES ?

8 Que vous aimiez les choux ou pas, les plantes font forcément partie de votre régime alimentaire : les céréales, le pain, les pommes de terre, les pâtes, le riz, les frites, etc. Tous sont issus de plantes. Le riz, le maïs et le blé constituent à eux seuls 60 % de la nourriture mondiale. Non seulement les plantes sont essentielles à la sécurité alimentaire, mais elles entrent aussi dans la fabrication de la plupart de vos vêtements, par exemple tous les produits à base de coton ou de lin. Les plantes jouent donc un rôle indispensable dans notre vie. De plus, sans photosynthèse nous n'aurions même pas d'oxygène à respirer. Les plantes et les algues réalisent la photosynthèse, qui convertit le dioxyde de carbone et l'eau en sucre en utilisant l'énergie du soleil. Ce processus produit de l'oxygène en tant que sous-produit et on pense que ce sous-produit issu des formes de vie « vertes » a conduit au niveau actuel d'oxygène dans l'atmosphère qui est d'environ 20 %. Pour le dire simplement, nous inspirons de l'oxygène et expirons du dioxyde de carbone, et les plantes font l'inverse. Nous inspirons et expirons par la bouche mais comment les plantes respirent-elles ?

Les plantes aussi ont des bouches. Les parties vertes des plantes terrestres sont recouvertes de minuscules éléments appelés les stomates, un mot d'origine grecque qui signifie « bouche ». Les stomates sont formés de deux cellules, appelées les cellules de garde, qui sont chacune une image miroir de l'autre, et qui ensemble forment un anneau qui ressemble un peu à un donut (ceux avec un trou au milieu). Contrairement aux donuts, les stomates sont magnifiquement régulés et dynamiques. La lumière entraîne l'ouverture et la fermeture des stomates. Généralement, ils sont ouverts pendant la journée et fermés la nuit, comme la bouche de certaines personnes. Beaucoup d'autres signaux font que les stomates s'ouvrent et se ferment. Lorsqu'ils sont ouverts, ils permettent au dioxyde de carbone de pénétrer dans la plante et en même temps, de la condensation d'eau peut s'échapper. La régulation des stomates est donc essentielle au maintien du niveau d'eau dans la plante.

Nous voulions comprendre comment cette ouverture et cette fermeture fonctionnent. Les cellules d'une plante sont entourées d'une paroi cellulaire qui apporte un soutien mécanique. Nous savons que lorsque des signaux déclenchent l'ouverture des stomates, la pression interne des cellules de garde augmente et les cellules de garde se courbent vers l'extérieur, un peu comme quand on pompe de l'air dans la chambre à air d'un vélo, si ce n'est que la pression peut atteindre 50 atmosphères (équivalent à la pression hydrostatique de 500 m d'eau). Mais comment cela fonctionne-t-il exactement ? Quelle est l'importance de la forme des cellules de garde ? Comment le matériau doit-il être formé pour résister à des pressions si élevées tout en s'ouvrant et en se fermant rapidement ? Nous avons récemment étudié ces questions à l'aide d'une combinaison de modèles mathématiques et d'expériences biophysiques. L'élaboration du modèle mathématique d'un processus aide à comprendre les facteurs importants qui contribuent au comportement global du système. Le modèle requiert plusieurs ingrédients clés : la pression, la forme des cellules de garde et les propriétés mécaniques des parois cellulaires.

A PROPOS DES AUTEURS:

Nom
Hugh Woolfenden, PhD
Position
Chercheur postdoctoral

Nom
Richard Morris, PhD
Position
Professeur

Institution
**John Innes Centre
Norwich, UK**

PUBLICATION ORIGINALE

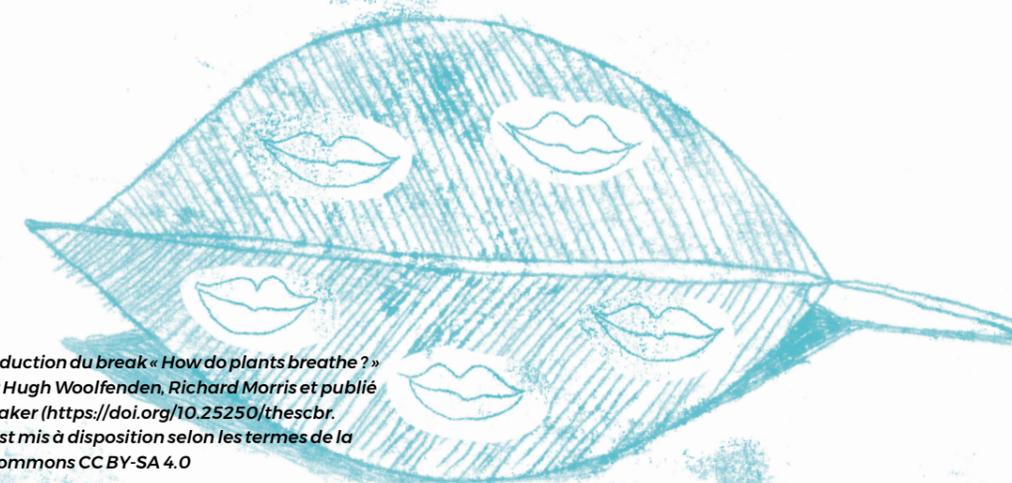
Titre
A computational approach for inferring the cell wall properties that govern guard cell dynamics

Journal
The Plant Journal
Année
2017

Nous avons construit un modèle mécanique 3D informatisé pour explorer les questions ci-dessus. Bien que le calcul sous-jacent ne soit pas facile, l'idée de base est simple : choisir une forme pour les cellules de garde, choisir quelques propriétés pour le matériau (élasticité, rigidité dans différentes directions), puis augmenter la pression et voir ce qui se passe. Si les stomates ne s'ouvrent pas, modifier la forme et/ou les propriétés du matériau et réessayer. En utilisant cette approche, nous avons d'abord essayé des matériaux élastiques simples et avons constaté que les stomates ne s'ouvraient pas. Manifestement, il manquait un ingrédient clé au modèle. La paroi cellulaire est un matériau complexe, composé de fibres réticulées et enrobées dans un gel de sucres. Dans les parois cellulaires des stomates, les fibres sont orientées autour des tubes de la cellule de garde – comme cela se produirait si l'on tirait plusieurs fois une ficelle à travers le centre d'un donut pour ensuite l'enrouler autour de la partie extérieure en la tirant à nouveau par le centre. Ces fibres sont beaucoup plus résistantes que le reste de la paroi cellulaire. Elles donnent donc naissance à ce que l'on appelle le comportement anisotrope, ce qui signifie que la résistance de la paroi cellulaire dépend de la direction. Lorsque cet ingrédient est ajouté au modèle, les stomates s'ouvrent à mesure que la pression augmente.

9 Il y avait cependant un problème : même si le modèle s'ouvrait, la dynamique d'ouverture ne correspondait pas aux données expérimentales. Cela signifiait que nous ne capturons toujours pas correctement le comportement et qu'il nous manquait donc un aspect important de la mécanique sous-jacente. Certains matériaux sont connus pour présenter un phénomène appelé durcissement par déformation extensionnelle, c'est-à-dire qu'il devient de plus en plus difficile d'étirer la substance au fur et à mesure de son allongement. S'agissait-il là de l'ingrédient manquant ? Lorsque l'on tient compte de ce durcissement de la paroi cellulaire lors de déformations, le modèle peut reproduire fidèlement les données expérimentales, ce qui suggère qu'il s'agit effectivement d'une propriété importante pour l'ouverture et la fermeture des stomates. Ce travail a donc permis de révéler les facteurs clés qui sont nécessaires pour que les stomates s'ouvrent et se ferment.

Ces connaissances peuvent être exploitées pour améliorer la façon dont les plantes réagissent au changement climatique et, en particulier, pour orienter les recherches visant à améliorer la tolérance des cultures à la chaleur et à la sécheresse, contribuant ainsi à la sécurité alimentaire.



Ce texte est une traduction du break « How do plants breathe ? » écrit à l'origine par Hugh Woolfenden, Richard Morris et publié sur TheScienceBreaker (<https://doi.org/10.25250/thescbr.brk072>). Ce texte est mis à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons CC BY-SA 4.0

BOECHERA, POURQUOI ES-TU SI FRAICHE ?

Un jour Kipling a dit : « Seuls les chiens fous et les Anglais sortent sous le soleil de midi ». A cette liste nous pouvons aussi ajouter les plantes, qui sont dehors sous le soleil de midi tout simplement parce qu'elles ne peuvent pas se déplacer à l'ombre quand il fait chaud. Les plantes doivent survivre, croître et se reproduire partout où leurs graines germent.

Nous savons depuis longtemps que les températures élevées, comme par exemple une vague de chaleur de 32 °C ou plus, peuvent perturber la façon dont les plantes obtiennent leur nourriture (photosynthèse) et produisent de jeunes plantules (pollinisation).

L'impact du stress thermique sur les plantes se traduit par une baisse du rendement des cultures dans les champs agricoles pendant les étés chauds.

10 Mais le stress thermique est aussi un gros problème pour les plantes sauvages ou endémiques. À mesure que notre climat se réchauffe, les vagues de chaleur sont devenues plus intenses. Chaque année, nous enregistrons de plus en plus de records. Les vagues de chaleur ne sont pas seulement de plus en plus chaudes, mais elles durent aussi plus longtemps et se comptent en semaines plutôt qu'en jours. Tout cela est très stressant pour les plantes et pourrait entraîner l'extinction d'un grand nombre de nos espèces endémiques.

Ce projet de recherche a été motivé par quelques questions simples : comment les plantes réagissent-elles au stress thermique dans la nature ? Certaines plantes ont-elles trouvé un moyen pour survivre aux vagues de chaleur ? Et si c'est le cas, cette information sera-t-elle utile pour rendre les espèces cultivées plus tolérantes aux vagues de chaleur ?

Le but de cette recherche était d'examiner un groupe de plantes de moutarde endémiques de Californie qui vivent dans différents habitats et de comprendre comment elles réagissent au stress thermique.



Ce texte est une traduction du break « Boechera, Why are you so Cool ? » écrit à l'origine par Elizabeth Waters et publié sur TheScienceBreaker (<https://doi.org/10.25250/thescbr.brk071>). Ce texte est mis à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons CC BY-SA 4.0

A PROPOS DE L'AUTEUR:

Nom
Elizabeth Waters, PhD

Position
Professeure

Institution
Université d'État de San Diego
San Diego, USA

PUBLICATION ORIGINALE

Titre
Patterns of thermotolerance, chlorophyll fluorescence, and heat shock gene expression vary among four Boechera species and Arabidopsis thaliana

Journal
Botany
Année
2017

Des graines ont été récoltées auprès de populations naturelles de différentes espèces de moutardes californiennes du genre *Boechera*. Nous avons récolté des semences de plantes qui vivent dans les déserts de Mojave et d'Anza Borrego, dans le chaparral des régions côtières et au sommet des hautes montagnes de la Sierra Nevada. Nous avons cultivé ces plantes dans notre laboratoire et les avons exposées à des températures allant de 38 °C (100 °F) à 47 °C (117 °F). Toutes les plantes *Boechera* ont réussi à supporter une chaleur supérieure à 38 °C. Mais ce qui était à la fois surprenant et excitant, c'est que nous avons découvert que certaines moutardes endémiques de Californie sont parfaitement heureuses à des températures pouvant atteindre 47 °C.

L'espèce la plus résistante à la chaleur ne provenait pas des déserts, comme nous le pensions avant le début de l'expérience, mais avait en fait été récoltée sur un sommet très élevé dans les montagnes de la Sierra Nevada. Cette plante (*B. depauperata*) est capable de continuer à produire sa propre nourriture (photosynthèse) après des heures à 47 °C. Elle peut également réparer les dommages cellulaires qu'elle subit à ces températures élevées.

Le « Choc Thermique » est la façon dont tous les organismes réagissent au stress lié à des températures élevées. Les Protéines de Choc Thermique ont été appelées « Les Ambulanciers de la Cellule » parce qu'elles peuvent réparer les dommages cellulaires causés par la chaleur. Nous nous attendions à ce que des niveaux élevés de ces protéines dans la *Boechera* expliquent pourquoi elle est capable de résister à la chaleur. Mais lorsque nous avons cherché à savoir si cette espèce (*Boechera depauperata*) se protégeait avec les Protéines de Choc Thermique, nous avons constaté que ce n'était pas le cas. Il semble que la chaleur ne dérange pas *Boechera* et qu'elle n'ait pas besoin des ambulanciers de la cellule pour éviter la mort. Comment la *Boechera* peut-elle donc rester si fraîche ? Toutes les bonnes études scientifiques répondent à une question et en soulèvent dix autres.

Désormais, nous ne manquons pas de nouvelles questions à nous poser sur la façon dont la *Boechera* reste fraîche. Est-ce lié à la présence de lots de chromosomes supplémentaires ? Leurs feuilles sont-elles plus aptes à se rafraîchir ou à transpirer en utilisant leurs pores ou leurs stomates ? Les réponses à ces questions pourraient nous aider à garder toutes les plantes fraîches alors que le monde devient plus chaud.

Nos recherches sur les *Boechera* ont été financées par une subvention de la « National Science Foundation » accordée à la Professeure Elizabeth R. Waters de l'Université d'Etat de San Diego. Elle est actuellement à la recherche d'autres subventions pour poursuivre son travail sur ces fabuleuses plantes.

Toute étude scientifique implique un travail d'équipe. Notre « équipe *Boechera* » était composée de Gillian Halter, une étudiante diplômée de l'Université d'Etat de San Diego, de Nicole Simonetti et Cristy Suguitan, toutes deux étudiantes à cette même Université, ainsi que de Jessica Soroksky, étudiante au Siena College et Ken Helm, professeur dans ce même établissement. Les graines de *Boechera depauperata* ont été collectées par la Dre Alison Colwell.



LES PIGMENTS

La spiruline, le persil et la chlorelle sont tous les trois des organismes capables d'utiliser la lumière comme source énergétique. Analysez leur composition en pigments photosynthétiques grâce à une expérience haute en couleur!

L'expérience

Les plantes, les algues et certaines bactéries utilisent la lumière du soleil pour synthétiser des composés organiques. Le processus de photosynthèse commence toujours par l'absorption de l'énergie lumineuse par des complexes protéiques, les pigments photosynthétiques.

La composition de ces protéines varie suivant les espèces. Cette activité propose de séparer par la technique de chromatographie sur couche mince, les différents pigments présents dans trois organismes photosynthétiques.

Mots clés

Pigment, photosynthèse, chromatographie, évolution, endosymbiose, chloroplaste.

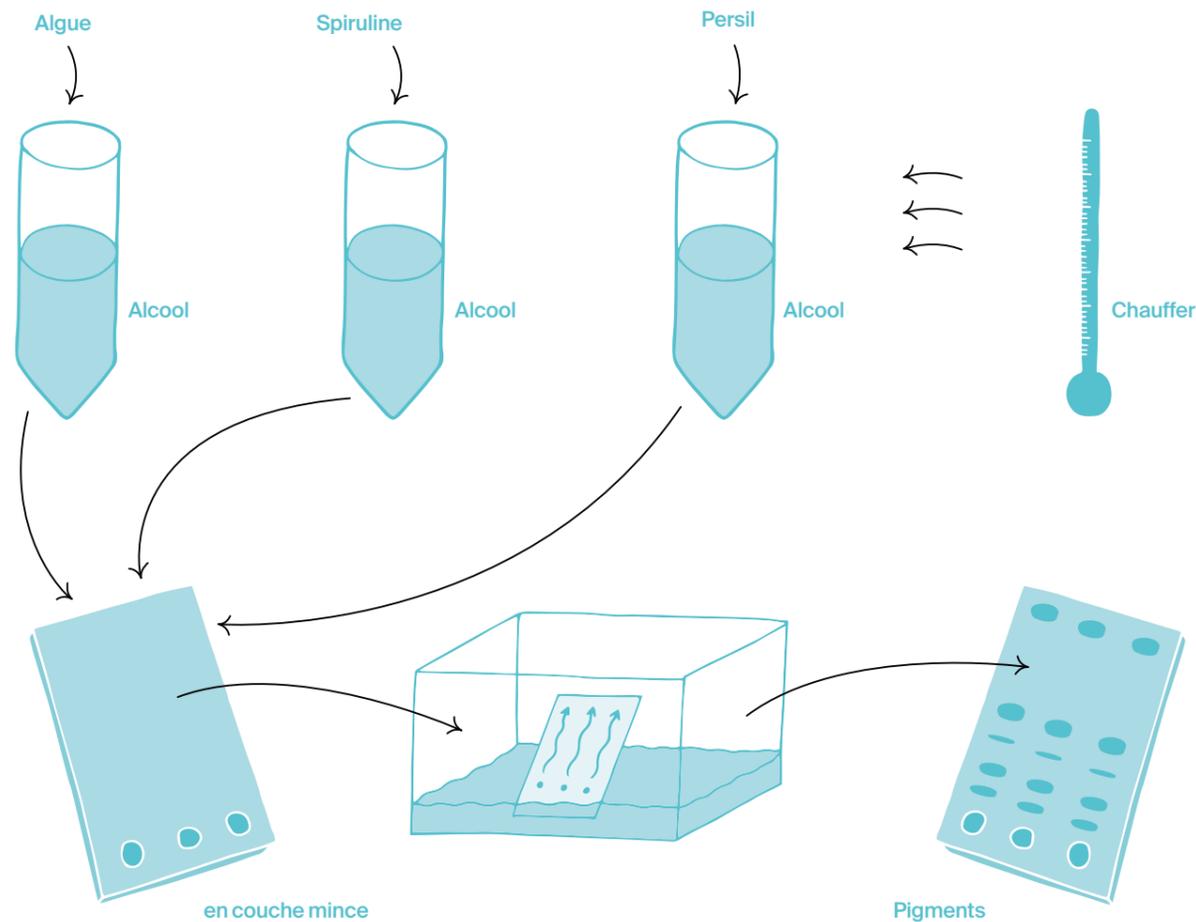
Pour aller plus loin...

Vous pouvez lire le protocole expérimental complet et réserver le matériel sur www.bioutils.ch/protocoles/21-les-pigments

Matériel

- Plaque de silice
- Micropipettes P20
- Boîte de pointes jaunes
- Solvant pour chromatographie
- Tubes plastique 15 ml
- Portoir tubes 15/50 ml
- Ethanol 100 %
- Cuves pour chromatographie

12



Crédits

Le contenu de cette édition de *break'd!* a été édité par la plateforme de communication en Sciences de la vie BiOutils (Université de Genève), en collaboration avec la plateforme d'édition pour le grand public TheScienceBreaker (Université de Genève), et l'enseignant Dr. Pierre Brawand (Collège Rousseau, Département de l'instruction publique, Genève). Le design visuel du mini-magazine a été développé par le Laboratorio cultura visiva (Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana, SUPSI). Le projet a été financé par le Fonds national suisse de la recherche scientifique (Agora).

Responsable

de la publication
Prof. Patrick Linder, UNIGE

Comité éditorial

Massimo Caine, UNIGE
Dr. Karl Perron, UNIGE
Dr. Pierre Brawand, DIP

Sélection des articles

Massimo Caine
Dr. Karl Perron
Dr. Pierre Brawand

Rédaction des articles

Prof. Stephen Long
Dr. Katarzyna Głowacka
Dr. Johannes Kromdijk
Dr. Denise Tieman
Dr. Hugh Woolfenden
Prof. Richard Morris
Prof. Elizabeth Waters

Édition des articles

Massimo Caine

Traduction des textes

TranslationBunny
- Bunny Inc.
Aurélia Weber

Rédaction de l'éditorial

Prof. Michel P. Goldschmidt-Clermont

Conception et réalisation graphique

Giancarlo Gianocca
Laboratorio cultura visiva, SUPSI

Avec le soutien du laboratoire du Dr. Karl Perron et de l'équipe de BiOutils



Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana



www.bioutils.ch