

sciences

SUR
LE WEB



LE BON GRAIN ET L'IVRAIE
Attention aux compléments alimentaires à base de plantes, car toutes ne sont pas sans danger, pointe un rapport de l'Académie de pharmacie.
bit.ly/2GgZgnW



LE COMPTE À REBOURS
C'est dans 11 jours, le 22 février, que la sonde japonaise Hayabusa 2 touchera le sol de son astéroïde, a annoncé l'agence spatiale nippone. Prière de retenir son souffle.
bit.ly/2pmuWxl

Maladies infectieuses et écosystèmes

LA
CHRONIQUE
de Didier Raoult



Les maladies infectieuses dépendent des écosystèmes, dont tout changement entraîne un risque nouveau. Ceci rend le principe de précaution profondément anti-scientifique, car il est impossible d'empêcher les écosystèmes d'évoluer, et la plupart des nouveaux risques infectieux ne sont pas prévus. Ainsi en Afrique, les deux éléments majeurs de changement de l'écosystème ont été la vitesse de circulation, bouleversée par l'importation massive de motos chinoises tout-terrain de très bas prix, et la diffusion des téléphones portables, maintenant aussi fréquents qu'en Europe. La recharge de ces téléphones portables dans des points d'électricité de village crée des rencontres et des risques d'échange et de mutualisation de microbes, qui ont peut-être été à l'origine d'une nouvelle écologie du virus Ebola. En France, un des changements d'écosystème les plus importants en termes de maladie infectieuse a été la généralisation des garderies pour enfants et des crèches. Les enfants, très réceptifs aux infections virales, sont extrêmement contagieux, et les faire vivre très tôt en collectivité entraîne des épidémies que toutes les familles connaissent. Ce changement d'écosystème majeur est lié à l'emploi croissant des femmes. Ceci doit amener à une réflexion de fond sur les stratégies de prévention, en particulier celles des gripes, des gastro-entérites et de la varicelle qui sont devenues extrêmement communes, et extrêmement dangereuses chez les enfants. Ces trois maladies devraient faire l'objet d'une réflexion pour une vaccination généralisée des jeunes enfants afin de s'adapter à l'écosystème actuel de transmission des maladies infectieuses. Plus généralement, la définition des stratégies de prévention des maladies infectieuses, comme celles de la plupart des maladies, nécessite une réflexion, une remise en cause et une adaptation permanentes. Mais, hélas, celles-ci s'accordent mal avec les opinions toutes faites qui tiennent en trois lignes et finissent par devenir des idéologies plutôt que des propositions pratiques efficaces.

Didier Raoult est professeur de microbiologie à la faculté de biologie de Marseille.



LA PUBLICATION

Ces substances mauvaises pour les poumons des bébés

Connaissez-vous le concept d'« exposome » ? Par ce terme, conçu sur le modèle de celui de génome qui regroupe l'ensemble des gènes, les biologistes désignent l'ensemble des facteurs environnementaux auxquels sont exposés les humains, et notamment les enfants durant leurs premières années de vie – y compris à travers l'exposition maternelle pendant la grossesse. Des chercheurs franco-espagnols (Inserm, CNRS, université Grenoble et Institut de santé globale de Barcelone) se sont intéressés de façon globale à cet « exposome de la vie précoce » en mesurant un grand nombre de facteurs environnementaux – pollution de l'air, bruit, perturbateurs endocriniens, alimentation, métaux... – chez plus de 1.000 femmes enceintes et leurs enfants dans six pays européens. Puis ils ont couplé ces données avec la santé de ces enfants à un âge plus avancé (de 6 à 12 ans), notamment en ce qui concerne la fonction respiratoire. Leur étude, publiée dans « The Lancet Planetary Health », a permis de pointer du doigt l'effet négatif d'au moins trois substances chimiques sur cette fonction respiratoire. Sur la sellette : une exposition prénatale aux composés perfluorés (que l'on trouve dans différents produits industriels et de grande consommation), ainsi que l'exposition postnatale à l'éthylparabène (cosmétiques) et à des phtalates, comme le DINP, utilisé comme plastifiant. — Y. V.

SCIENCES // Des chercheurs américains ont réussi à faire sortir de terre des plants de tabac de 40 % plus gros que la normale. Une prouesse bientôt transposable aux grandes cultures ?

La photosynthèse dopée par les généticiens

Yann Verdo
[@verdojann](https://twitter.com/verdojann)

On s'émerveille, et à bon droit, de l'extrême ingéniosité de la nature. Le monde du vivant offre, dans son infinie diversité, des myriades d'exemples de ces mécanismes extrêmement inventifs et subtils, hérités de centaines de millions, voire de milliards d'années d'évolution. « Mais cela ne signifie pas que l'évolution a su partout trouver des solutions optimales aux problèmes rencontrés par les différentes formes de vie, objecte le responsable du laboratoire de biologie de synthèse à l'Institut Pasteur (et chroniqueur régulier aux « Echos ») David Bikard. Elle n'est pas infaillible, il lui arrive d'avoir des « loupés ». C'est pourquoi il est parfois possible d'améliorer, grâce à l'ingénierie, ce que l'évolution a produit. Et le récent travail de Paul South en est un exemple frappant ! »

Paul South ? Ce nom est celui d'un scientifique de l'université de l'Illinois à Urbana. Il est le principal auteur d'une étude remarquée parue le 4 janvier dans la revue « Science ». L'article explique comment ce chercheur et son équipe sont parvenus à faire pousser, dans leur laboratoire d'abord, puis en conditions réelles (c'est-à-dire dans un champ), des plants de tabac plus gros d'environ 40 % que ceux qui sortent naturellement de terre.

Ce fait d'armes ne paraîtra peut-être pas exceptionnel aux yeux du grand public. Surtout s'agissant d'une culture aussi controversée que celle du *Nicotiana tabacum*, plante modèle souvent utilisée dans les expérimentations des spécialistes de la biologie végétale. Le résultat obtenu à l'université de l'Illinois n'en constitue pas moins une percée décisive qui a soulevé l'intérêt de toute la communauté scientifique. Car Paul South et son équipe entendent bien, désormais, le répliquer sur d'autres plantes d'un intérêt agronomique beaucoup plus évident, comme la pomme de terre (les essais ont déjà commencé), le riz ou le soja.

Or, une hausse de 40 % de la biomasse d'une culture, c'est-à-dire de son rendement, constitue un record qui laisse très loin derrière lui les gains de quelques pourcents laborieusement grappillés au fil des générations avec les méthodes classiques (lire ci-dessous). Un brusque coup d'accélérateur qui n'est pas à négliger si l'on veut bien se rappeler que la population mondiale devrait atteindre 9,6 milliards d'habitants en 2050, masse d'humains impossible à nourrir sur la base des rendements actuels.

Cette percée a été rendue possible par l'ingénierie génétique, qui a permis aux chercheurs d'agir sur le levier clef de la photosynthèse. Celle-ci est le processus bio-énergétique par lequel les plantes, grâce à l'énergie que leur fournit la lumière du soleil et à l'eau que puisent leurs racines, captent le carbone présent dans notre atmosphère sous forme de dioxyde de carbone (CO₂) et le transforment en glucides, ces sucres simples à l'origine de toutes les autres molécules organiques : le premier échelon de cette « chimie du carbone » qui est, sur Terre, celle du vivant lui-même.

La Rubisco, enzyme star

Découverte dès la fin du XVIII^e siècle mais expliquée dans ses grandes lignes dans les années 1930, la photosynthèse constitue une chaîne de réactions biochimiques si complexes qu'il aura encore fallu plusieurs décennies de recherches intensives, jusqu'au seuil du XXI^e siècle, pour en démontrer un à un tous les rouages. Depuis le début des années 2000, les laboratoires du monde entier, après avoir réussi à expliquer la machinerie, ont cherché à l'améliorer, afin de la rendre plus efficace. En vain jusqu'ici... et à la toute récente publication dans « Science ».

Car, si complexe et admirable soit-elle, la photosynthèse ne fonctionne pas de façon optimale, du moins dans la plupart des plantes – celles que l'on dit en « C3 » (lire ci-dessus). Car, en extrayant le carbone du CO₂ atmosphérique pour en faire de la matière



En modifiant génétiquement la photosynthèse, les chercheurs ont accru la masse du tabac de 40 %.

Des plantes à la photosynthèse inégale

● **Plantes en C3, pour lesquelles la photosynthèse, amoindrie par la présence de dioxygène dans l'atmosphère, est sous-optimale :**

- arbres ;
- céréales de régions tropicales (riz) ou tempérées (blé, orge, avoine...);
- pommes de terre ;
- salades ;
- tomates ;
- tabac...

● **Plantes en C4, ayant su trouver une parade naturelle à la présence de dioxygène :**

- maïs ;
- sorgho ;
- canne à sucre...

organique carbonée, les plantes produisent un résidu qui n'est autre que le dioxygène (O₂), aujourd'hui présent dans notre atmosphère à hauteur de 21 % et dont la quasi-totalité provient de la photosynthèse elle-même. Or, si le dioxygène est nécessaire à la vie animale, il n'est d'aucune utilité pour les plantes. L'abondance de ce « déchet » dans l'air leur pose au contraire un sérieux problème, qui amoindrit sensiblement l'efficacité de leur photosynthèse.

Au sein des chloroplastes, ces organites verts présents dans les cellules de plantes et à l'intérieur desquels se déroulent les réactions de la photosynthèse, la « star » est assurément la Rubisco. Un raccourci commode pour ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygénase. Cette enzyme, la plus abondante par sa masse sur notre planète, y est aussi l'une des plus anciennes. « Elle existait déjà il y a 3,7 milliards d'années », explique Jean-François Morot-Gaudry, directeur de recherche honoraire à l'Inra. A cette époque, la Rubisco fonctionnait à plein régime et tout allait bien pour les organismes photosynthétiques, puisque le dioxygène produit par la photosynthèse était piégé par les minéraux sous forme d'oxyde de fer. Mais quand, il y a 2,5 milliards d'années, ces minéraux ont été saturés en oxyde de fer, la teneur en oxygène de l'atmosphère s'est mise à monter en flèche et, pour les plantes, les ennuis ont commencé. »

Le problème vient du fait que la Rubisco réagit non seulement avec le CO₂ (c'est sa facette carboxylase) mais aussi avec l'O₂ (oxygénase). Or, si le CO₂ lui permet de fabriquer de la matière carbonique, l'O₂ fait qu'elle brûle une partie de ce qu'elle produit : c'est le phénomène dit de « photorespiration », qui contrebalance la photosynthèse et en amoindrit l'efficacité.

Certaines plantes, dites en « C4 », ont su trouver une parade à cette boucle de rétroaction négative et leur photosynthèse fonctionne bien, malgré la concurrence du dioxygène. Mais ce n'est pas le cas des plantes en C3, les plus nombreuses. Doter ces plantes en C3 d'une photosynthèse aussi efficace que celle des plantes en C4 est l'objectif ultime des chercheurs de l'Illinois. Un objectif atteint en ce qui concerne ce premier essai sur le tabac.

Le phénomène dit de « photorespiration » contrebalance la photosynthèse et en amoindrit l'efficacité.

Il leur a fallu, pour y réussir, court-circuiter la photorespiration à l'origine de la perte d'efficacité de la photosynthèse. Cela nécessitait de doter les cellules du tabac d'une voie métabolique (une chaîne de réactions chimiques) nouvelle, dont ils ont trouvé les gènes correspondants chez une algue verte et chez le potiron. Cette introduction de matériel génétique étranger fait de leur tabac surdimensionné un transgène, donc un OGM. Même si l'équipe de Paul South parvient à répliquer son résultat sur la pomme de terre ou le riz, la réglementation sur les OGM étant ce qu'elle est, un certain temps risque de s'écouler avant de voir des plantes de grande culture génétiquement dopées nourrir une planète toujours plus nombreuse. ■

OGM, mutagenèse et transgenèse

Qu'est-ce qu'un OGM ? Un organisme dont le patrimoine génétique a été artificiellement modifié, dit la définition réglementaire. Mais cette simplicité de façade se complique dès qu'on considère la manière dont cette modification artificielle a été obtenue. L'agriculture intensive, depuis ses débuts, produit allègrement des OGM, mais sans que ceux-ci soient étiquetés comme tels. Une méthode courante consiste à irradier un plant (avec des ultraviolets ou d'autres rayons) afin de provoquer, dans son génome, un lot de mutations non contrôlées. Puis à récroiser ce plant irradié avec le plant parental pour le débarrasser petit à petit, au fil des générations successives, de toutes les mutations autres que celle initialement désirée... Mais il en reste toujours, éparpillées dans le génome. Ces

OGM obtenus par mutagenèse ne tombent pas sous le coup de la réglementation et se retrouvent dans nos assiettes, y compris en France. Depuis l'essor de l'ingénierie génétique, et notamment la mise au point des ciseaux génétiques Crispr-Cas9, il est possible de faire des modifications ciblées. Soit pour remplacer un gène par un autre, pris à une autre espèce, auquel cas on a alors affaire à de la transgenèse. Soit pour casser en un endroit spécifique la chaîne d'ADN et déclencher ainsi le mécanisme naturel d'autoréparation qui fera apparaître un gène muté. En ce cas, il n'y a pas plus d'introduction de matériel génétique étranger que dans la mutagenèse. Et pourtant, la Cour de justice européenne a décidé cet été de les soumettre à la réglementation OGM. Deux poids, deux mesures ?