

Un tabac transgénique plus productif

AGRONOMIE - Une équipe américaine a augmenté de 40 % la biomasse de cette plante modèle en améliorant la photosynthèse. Des essais sur la pomme de terre sont en cours

La nature n'est pas toujours très bien faite. Un exemple ? Les organismes photosynthétiques – qui utilisent la lumière du soleil pour former les molécules carbonées dont ils ont besoin – dépendent depuis des milliards d'années d'une enzyme baptisée Rubisco, dont le rendement reste médiocre. Cela tient au fait que Rubisco, qui initialement réagissait avec le CO₂ présent dans l'atmosphère, le fait aussi avec l'oxygène, dont la teneur dans l'air a augmenté au fil des âges géologiques précisément grâce aux réactions de photosynthèse. Le résultat est que la concurrence croissante de l'oxygène a nécessité des réactions dites de photorespiration pour détoxifier les végétaux de certains composés, réduisant considérablement le rendement final.

Le maïs, le sorgho ou encore la canne à sucre disposent bien d'un double système mettant plus efficacement en contact le CO₂ et Rubisco. On parle de plantes en C₄. Mais celles en C₃, comme le blé, le soja, la pomme de terre, le riz ou les arbres, sont en revanche plus handicapées par l'activité photorespiratoire, qui peut diminuer jusqu'à 50 % la conversion de lumière en biomasse, particulièrement par temps chaud et sec. C'est aussi le cas du tabac, végétal modèle prisé des biologistes.

Une équipe américaine, dirigée par Paul South (université de l'Illinois à Urbana) vient cependant de montrer que chez *Nicotiana tabacum*, des hausses de rendement allant jusqu'à 40 % de matière sèche pouvaient être obtenues en court-circuitant certaines réactions de photorespiration. Leurs résultats, présentés dans la revue *Science* du 4 janvier, s'inspirent d'améliorations obtenues par génie génétique sur une autre plante modèle, *Arabidopsis thaliana*, au cours de la dernière décennie.

L'équipe américaine a donc puisé dans l'ADN de différents organismes des gènes qu'ils ont assemblés dans le but de doter le tabac de trois circuits alternatifs de photorespiration. Certains de ces montages comptaient jusqu'à



Plant de tabac génétiquement modifié avant son transfert en plein champ. L. BRIAN STAUFFER/UI PUBLIC AFFAIRS

sept gènes, empruntés à la bactérie *E. coli*, à une algue verte (*Chlamydomonas*), à *Arabidopsis*, ou encore au potiron. En outre, les chercheurs ont utilisé la technique dite de l'interférence ARN pour entraver l'action de certains gènes et réduire encore les opérations de détoxification.

Essai sur les plantes de culture
Après avoir sélectionné les plantes les plus prometteuses en laboratoire, l'équipe de Paul South a étudié en 2016 et 2017 leurs performances dans des essais en champ. Si deux des voies de modification de la photorespiration explorées n'apportaient aucune amélioration, les lignées dans lesquelles des gènes de potiron et d'algue verte avaient été introduits bénéficiaient du meilleur rendement, un gain pouvant atteindre 40 %.

« Il reste à voir si l'augmentation de biomasse que nous avons observée dans ces tabacs transgéniques peut se traduire par un accroissement de production de graines ou de tubercules dans des plantes de culture telles que le soja, la pomme de terre ou des plantes fourragères », écrivent les chercheurs dans *Science*. Ils se disent

« optimistes » et ont commencé des essais sur la pomme de terre, une solanacée, comme le tabac. Riz, soja et niébé (sorte de haricot tropical) devraient suivre en 2019.

Jean-François Morot-Gaudry, directeur de recherche honoraire à l'INRA et auteur de plusieurs monographies récentes sur les modifications de la photosynthèse, salue « de belles réalisations scientifiques », mais invite à la prudence : « Les résultats agronomiques ne sont pas encore acquis, ils doivent être confirmés dans la durée. Mais la possibilité de modifier les mécanismes photosynthétiques immuables devient envisageable. »

Dans un commentaire sur ces travaux publié dans *Science*, Marion Eisenhut et Andreas Weber, de l'université de Düsseldorf, louent aussi les résultats de l'équipe américaine, qui s'est inspirée de leurs propres travaux. « Les gains de rendements annuels obtenus par sélection des plantes sont typiquement inférieurs à 2 % », rappellent-ils. Les 40 % obtenus d'un coup par leurs collègues les poussent à penser qu'avec ce type de modification génétique, l'amélioration des rendements va « franchir un palier ».

Ils soulignent aussi que ces améliorations nécessitent l'emprunt à d'autres espèces de gènes non présents dans le génome des plantes cibles : les techniques nouvelles d'édition du génome ou la sélection variétale classique par croisements ne peuvent fournir ces enzymes aux grandes cultures. On reste donc dans le cadre des plantes transgéniques (OGM) et de leurs modalités d'enregistrement et d'autorisation.

Paul South estime que si ses transgènes se montrent aussi efficaces sur les grandes cultures, il faudra une dizaine d'années avant une mise sur le marché. Ce qui le place encore dans les temps pour contribuer à répondre à l'explosion de la demande alimentaire mondiale liée à la démographie humaine.

Et l'industrie cigarettière ? Vaut-elle s'emparer de ce tabac transgénique à haut rendement ? Serait-ce un faux pas marketing que d'accoler l'étiquette OGM à *N. tabacum* qui, dans sa forme naturelle, selon des projections de l'Organisation mondiale de la santé, pourrait tuer près d'un milliard d'humains au cours du XXI^e siècle ? ■

HERVÉ MORIN

TELESCOPE

CLIMATOLOGIE

L'océan Pacifique conserve la mémoire du petit âge glaciaire

Dans le Pacifique, l'océan profond s'est refroidi tout au long du XX^e siècle. Cette tendance pourrait être due à l'arrivée d'eaux qui étaient en surface lors du petit âge glaciaire, une période de refroidissement de l'atmosphère qui a débuté il y a environ un millénaire et a pris fin au XIX^e siècle, selon une étude américaine. Celle-ci a comparé des températures relevées dans les années 1870 par l'expédition océanographique du *HMS Challenger* avec des mesures hydrographiques actuelles, et a intégré ces données à des modèles de circulation des courants océaniques. Le résultat confirme que les eaux profondes conservent une forme de mémoire des épisodes climatiques sur de longues périodes. Les modèles climatiques doivent tenir compte de ces mécanismes de long terme pour évaluer le rôle de l'océan profond sur l'évolution du climat, soulignent les auteurs. > Gebbie & Huybers, « *Science* » du 4 janvier.

MÉDECINE

L'homéopathie n'est « pas plus efficace qu'un placebo »

« Il est clairement et solidement démontré que l'efficacité de l'homéopathie n'est pas différente de celle d'un placebo. » Telle est la conclusion de la synthèse sur l'évaluation scientifique de l'homéopathie du conseil scientifique du Collège national des généralistes enseignants (CNGE), publiée dans la revue *Exercer* et rendue publique le 7 janvier. Les principes mêmes de l'homéopathie sont, selon le CNGE, « incohérents avec les résultats des essais randomisés de bonne qualité ». Ces



essais confirment que ces prescriptions ne sont pas plus efficaces qu'un placebo, ajoute l'étude. Dans ce contexte, le CNGE rappelle que le remboursement à 30 % repose sur une décision « arbitraire » et que cette pratique « n'est pas compatible avec la médecine basée sur les preuves ». (PHOTO: PHILIPPE HUGUEN/AFP)

ADN

Les données de génomique manquent de diversité

Trois pays seulement fournissent 71 % des données utilisées dans les grandes études génomiques visant à associer un profil génétique et des caractéristiques particulières : le Royaume-Uni (40 %), les États-Unis (19 %) et l'Islande (12 %). C'est ce qui ressort d'un corpus de 4 000 études publiées entre 2005 et 2008, analysé par des chercheurs de l'université d'Oxford, qui dénoncent un manque de diversité dans les études en génomique. Les personnes étudiées sont essentiellement d'ascendance européenne, avec une forte proportion de sujets féminins, âgés et riches. Alors que la diversité des thématiques étudiées a explosé, la « diversité ancestrale » est restée faible, et l'accès aux données reste verrouillé par une poignée d'éminents chercheurs publics et de compagnies privées, regrettent Melinda Mills et ses collègues. > Mills et al., « *Communications Biology* » du 7 janvier.

49%

C'est la proportion de médecins se déclarant en burn-out en France, selon une méta-analyse de 37 études ayant interrogé au total plus de 15 000 praticiens, publiée en ligne dans le *Journal of Affective Disorders*. Ce syndrome, qui associe épuisement émotionnel, dépersonnalisation et sentiment de faible accomplissement professionnel est décrit dans toutes les professions, mais semble particulièrement fréquent dans le monde médical. Dans cette méta-analyse, les urgentistes, les jeunes médecins et ceux ayant plus de cinq gardes par mois sont les catégories les plus à risque, soulignent Guillaume Fond (CHU de Marseille) et les coauteurs. Une forme sévère est constatée chez 5 % des praticiens.

La foule, telle un long fleuve tranquille

PHYSIQUE - Une équipe française l'a modélisée grâce aux équations de la mécanique des fluides

Les phénomènes de masse fascinent ou effraient. Edith Piaf peut bien chanter le bonheur d'être écrasé l'un contre l'autre, il n'empêche. Événements sportifs et musicaux ou pèlerinages religieux viennent régulièrement rappeler les dangers de se laisser entraîner par la foule. Comme toute manifestation exceptionnelle, ses singularités intéressent les scientifiques, et pas seulement les spécialistes de la sécurité. Ici, des biologistes scrutent le ciel pour modéliser des vols d'étourneaux ou des essais de moucheron ; là, d'autres plongent dans l'océan pour suivre les bancs de sardines.

La plupart d'entre eux s'attachent à comprendre les interactions entre individus. Les naturalistes, par intérêt direct : qui mène la danse ? Qui suit qui et selon quelles règles ? Les ingénieurs ou les développeurs de jeux vidéo, pour bâtir des algorithmes capables de simuler de façon réaliste des phénomènes collectifs. Mais

les uns comme les autres s'appuient sur des hypothèses comportementales dites « entre agents ». L'équipe du Laboratoire de physique de l'École normale supérieure (ENS) de Lyon a suivi un tout autre chemin. Considérer le groupe non plus comme un ensemble d'individus, mais comme une entité globale.

Un pari qu'ils semblent avoir gagné. Dans un article publié dans la revue *Science* du 4 janvier, Nicolas Bain et Denis Bartolo viennent de montrer qu'en modélisant la foule comme un fluide, ils parvenaient à prévoir son comportement.

Les marathons pour modèles
« La première difficulté consistait à se doter d'un système expérimental modèle, explique Denis Bartolo, professeur de physique à l'ENS Lyon. Recruter des milliers d'individus est inabordable. Donc il nous fallait un système déjà organisé pour conduire une expérience à grande échelle, reproductible dans un cadre simple. » Après avoir envi-

sagé de filmer les concerts de rock, les deux chercheurs ont opté pour les marathons. Les coureurs y partent en effet par paquets, les meilleurs en premier.

Avant le départ, ces groupes de milliers d'individus marchent vers la ligne en suivant les consignes des organisateurs qui leur demandent d'avancer, de s'arrêter, d'avancer... « Idéal pour suivre la réponse à une perturbation douce », explique Denis Bartolo. Et c'est à Chicago qu'ils ont posé ou plutôt perché leur caméra.

Le suivi des paquets humains a montré que l'information de vitesse et d'orientation se transmet sur une très grande distance, mais de façon distincte. « L'information sur l'orientation se diffuse comme une goutte de colorant dans un liquide. En revanche, l'information de vitesse se propage comme une vague dans l'eau, une onde, à vitesse constante, sans déformation ni atténuation », résume le physicien. Ils ont également constaté une très grande homogénéité de

la concentration à l'arrêt, deux personnes par mètre carré.

Modéliser le phénomène, le mettre en équation, constituait évidemment la seconde difficulté. Ils y sont parvenus en s'appuyant sur les seules lois de conservation de la masse et de la quantité de mouvement (produit de la masse et de la vitesse). Ce modèle hydrodynamique, ils l'ont vérifié sur trois éditions du Marathon de Chicago, mais aussi à Atlanta et à Paris.

Partisan de la démarche microscopique, le biologiste Guy Theraulaz (CNRS, Toulouse) salue cette « première » – « le couplage entre observation, expérimentation, construction et validation d'un modèle » – et rêve, « dans le futur, de faire converger les deux approches ». Denis Bartolo avance des objectifs plus modestes : poursuivre avec des systèmes plus denses, des perturbations moins douces, des foules moins sentimentales. En lorgnant cette fois vers la physique du solide. ■

NATHANIEL HERZBERG