

Conception et modification génétique de microorganismes pathogènes

Les applications des microorganismes modifiés ou synthétiques se développent rapidement en de nouveaux secteurs d'activités. Les progrès de la génétique, associés à l'intelligence artificielle (IA) et à d'autres nouvelles technologies, sont incroyablement prometteurs pour la médecine et l'industrie, mais peuvent aussi simplifier la création intentionnelle d'agents pathogènes dangereux. La manière dont ces technologies seront exploitées, et par qui, suscite donc de plus en plus d'inquiétudes.



Sciences et technologies habilitantes

Biologie synthétique

La biologie synthétique englobe un ensemble de concepts, d'outils et de technologies qui permettent de créer ou de modifier des organismes biologiques en appliquant les principes de l'ingénierie. Ce domaine a bénéficié des améliorations apportées au séquençage de l'ADN, aux outils d'édition du génome et aux techniques d'intelligence artificielle qui permettent de modéliser et de prédire les résultats des séquences génétiques modifiées.

Usines de cellules microbiennes

Les usines de cellules microbiennes sont des cellules qui fonctionnent à la manière d'usines chimiques miniatures capables de synthétiser une grande variété de composés. Elles peuvent être manipulées pour produire des biocarburants de pointe, des ingrédients alimentaires, des produits chimiques de grande consommation et des produits thérapeutiques. Elles peuvent aussi constituer une méthode plus propre de synthèse de produits chimiques et sont jugées prometteuses pour promouvoir le virage écologique de ces industries.

Apprentissage automatique

L'apprentissage automatique exploite des méthodes algorithmiques pour reconnaître des modèles et des relations dans des ensembles de données complexes. Il sert à automatiser l'analyse, la sélection des cibles, l'édition et la synthèse des espèces microbiennes, des souches et des éléments génétiques, et facilite ainsi la modification des microbes pour la mise au point de thérapies et de produits chimiques industriels. Toutefois, il peut aussi servir à accroître la pathogénicité.

Exploration du génome

La recherche en génomique a permis de créer d'énormes ensembles de séquences d'ADN issus d'un large éventail d'organismes, et de les rendre accessibles à tous. L'exploration du génome utilise des technologies informatiques et des outils bio-informatiques pour exploiter ces ensembles de données afin de caractériser les processus physiologiques, de recenser de nouvelles cibles thérapeutiques et de découvrir de nouvelles entités chimiques qui pourraient servir à des fins thérapeutiques ou industrielles.

Recherche sur la fonction de gain

La recherche sur la fonction de gain s'appuie sur la modification génétique d'un organisme afin d'améliorer les fonctions génétiques liées à la pathogenèse, à la sélection de l'hôte, à la transmissibilité ou à la résistance aux médicaments. Bien qu'elle puisse contribuer à améliorer la préparation aux pandémies en prévoyant l'émergence de nouvelles maladies et en facilitant la mise au point de vaccins, elle suscite des inquiétudes évidentes puisqu'elle pourrait faciliter le renforcement de la pathogénicité.

« Nous renforçons la capacité de synthèse des systèmes biologiques [...] Nous devons aller au-delà de ce que la biologie peut faire naturellement, et l'utiliser pour produire des composés qu'il ne serait autrement pas possible de fabriquer. » [Traduction]

Kristala L. Jones Prather, Massachusetts Institute of Technology. [Building a better chemical factory out of microbes, MIT Technology Review](#), 24 août 2023.

Signaux

Universités



Les États-Unis et la Chine dominent le monde de la littérature didactique. L'IA et l'apprentissage automatique font partie des domaines de recherche liés à la conception et à la modification génétiques qui connaissent la croissance la plus rapide.

Gouvernements



En janvier 2023, le *National Science Advisory Board for Biosecurity* a voté à l'unanimité pour recommander une révision majeure de la manière dont les États-Unis supervisent la recherche à double usage sur les agents pathogènes dangereux.

Collaboration



Les collaborations en matière de recherche sur les microorganismes synthétiques ou issus du génie génétique tendent à avoir une portée nationale. C'est de plus en plus vrai pour certains des microorganismes les plus dangereux, comme le *Bacillus anthracis*, dont l'étude bénéficie souvent de la collaboration de partenaires publics.

Défense



L'*Intelligence Advanced Research Projects Activity (IARPA)* des États-Unis a investi massivement dans des outils et des techniques de biosécurité dans le but de distinguer rapidement les organismes génétiquement modifiés de ceux qui existent à l'état naturel.

Entreprises



Les entreprises concentrent principalement leurs efforts sur les applications industrielles ou thérapeutiques des organismes modèles. Il n'existe que deux laboratoires privés au monde qui sont autorisés à travailler avec les agents pathogènes les plus dangereux.

« **L'enjeu, pour la biologie, est la facilité relative avec laquelle il est possible de concevoir des organismes ou des systèmes vivants dont l'utilisation risque de poser de très graves dangers. Alors, comment envisager le contrôle, la réglementation et la surveillance dans le monde de la biologie?** » [Traduction]

Lloyd Minor, Stanford University.
[AI Accelerates Ability to Program Biology Like Software](#), Wall Street Journal, 19 septembre 2023.

Impact



Social

Les microorganismes synthétiques ou issus du génie génétique peuvent avoir un impact considérable sur la société, qu'il s'agisse des soins de santé, de l'agriculture, de la production d'énergie ou de la lutte contre les changements climatiques.



Politique

Un projet de loi présenté en 2023 à la Chambre des représentants des États-Unis vise à interdire aux National Institutes of Health, le plus grand bailleur mondial de fonds public pour la recherche biomédicale, de soutenir financièrement toute recherche sur la fonction de gain.



Économie

Selon le cabinet d'études MarketsandMarkets, le marché mondial de la biologie synthétique devrait atteindre une valeur de 36 G\$ US d'ici à 2027.



Environnement

Les microorganismes peuvent être modifiés pour contribuer à la réalisation d'objectifs climatiques et à la restauration de l'environnement. Ils peuvent notamment servir à réduire les émissions de méthane du bétail, à produire de manière durable des produits chimiques industriels et des biocarburants, à éliminer les toxines des eaux usées et à décomposer les plastiques.



Défense

L'accessibilité croissante et la facilité d'utilisation des technologies de manipulation des microorganismes pathogènes constituent une menace considérable pour la sûreté et la sécurité, et pourraient conduire à la propagation délibérée ou accidentelle d'agents pathogènes à haut risque.

« **Des politiques génériques visant à atténuer les dangers d'une approche donnée risquent de freiner d'autres recherches moins risquées, et des réglementations d'application trop large risquent en fin de compte de limiter la capacité de la communauté scientifique à se préparer à de futures épidémies.** » [Traduction]

Center for Security and Emerging Technology. [Understanding the Global Gain-of-Function Research Landscape](#), août 2023.

Contact

NRC.IA-IA.CNRC@nrc-cnrc.gc.ca

Préparé conjointement par le Conseil national de recherches du Canada et Recherche et développement pour la défense Canada.

Tiré de : McLaughlin, T. Scientometric Study on the design and modification of pathogenic microorganisms . Décembre 2023.

Vos commentaires, svp : https://na1se.voxco.com/SE/170/trend_cards?lang=fr

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le Conseil national de recherches du Canada, 2024

PDF : numéro de catalogue NR16-436/2024F-PDF, ISBN 978-0-660-70514-9

Also available in English • Janvier 2024