

En conséquence, le succès épidémiologique d'une bactérie résulte d'une combinaison de situations favorables à son implantation dans le milieu à conquérir (et ce à un coût acceptable). Ainsi, certaines bactéries importantes en pathologie humaine montrent non seulement de réelles aptitudes à la virulence, mais peuvent aussi, comme la bactérie *Pseudomonas aeruginosa*, adhérer aux parois pulmonaires, profiter de l'immunodéficience ou d'infections déjà présentes chez l'hôte, et devenir vite résistantes aux antibiotiques.

Dès lors, si le succès écologique d'un clone bactérien repose sur un cocktail de fonctions complémentaires, peut-on considérer que la bactérie virulente et résistante 0104:H4 est annonciatrice de « superbactéries » plus fréquentes ? Certes, elle présente l'originalité d'une souche *E. coli* entérohémorragique mul-

tirésistante et dotée de facteurs entéro-agrégatifs. Mais elle pose surtout des questions sur la séquence des événements ayant conduit à cette association, ainsi que sur les rôles possibles de l'homme, de l'animal et de l'environnement.

On sait aujourd'hui que les multiples activités humaines (mondialisation et accélération des échanges) créent probablement des pressions de sélection complexes et mal maîtrisées, qui favorisent les événements participant à l'apparition des « superbactéries ». Parce que les outils de caractérisation génomique sont devenus rapides, puissants et acceptables en termes de coût, ils améliorent aussi notre compréhension des épidémies. Il aurait été impensable, il y a encore peu, de disposer en quelques semaines de la séquence génomique complète d'une bactérie pathogène. Et c'est bien

cette carte d'identité rapidement établie qui a confirmé qu'une « superbactérie » peut combiner virulence et résistance.

Toutefois, si ces outils nous permettent d'identifier rapidement les coupables, nous aident-ils pour autant à les maîtriser ? La récente crise révèle à nouveau l'expansion des bactéries multirésistantes et la nécessité de limiter l'usage des antibiotiques qui en favorise précisément la sélection. Si la surconsommation des antibiotiques (par l'homme et l'animal) perdure, l'émergence d'autres « superbactéries » est à prévoir. ■

Jean-Yves MADEC est directeur de recherche et responsable de l'Équipe Antibiorésistance et virulence bactériennes, à l'Agence nationale de sécurité sanitaire (Anses - site de Lyon).

 Réagissez en direct à cet article sur www.pourlascience.fr

DÉVELOPPEMENT DURABLE

Des carburants alternatifs pour les avions

Le domaine du transport aérien s'achemine vers l'utilisation de carburants non fossiles.

Xavier MONTAGNE

Pour les acteurs du transport, la diversification des ressources énergétiques, le contrôle et la réduction des émissions de gaz à effet de serre, la réduction des émissions polluantes sont des priorités. Et cela tant pour des raisons économiques qu'opérationnelles, environnementales ou réglementaires.

L'impact actuel de l'aviation mondiale en matière de rejets de dioxyde de carbone est modéré : sa consommation de pétrole ne représente qu'environ 8 pour cent de la consommation totale, et 2,5 pour cent des émissions anthropiques de dioxyde de carbone. Cependant, cet impact pourrait doubler à l'horizon 2020 avec l'accroissement prévisible du trafic aérien, estimé à environ cinq pour cent par an. De plus, le transport aérien fera dès 2012 son entrée dans

les mécanismes européens de permis d'émission de dioxyde de carbone.

Les carburants aéronautiques proviennent aujourd'hui presque exclusivement du pétrole. Or ce dernier risque de coûter de plus en plus cher et les émissions de dioxyde de carbone doivent être réduites. Aussi, le domaine du transport aérien a déjà commencé son adaptation aux défis des carburants alternatifs. Mais l'utilisation de ces derniers y est encore faible et souvent expérimentale. Elle doit en effet répondre à de nombreux critères très stricts, portant par exemple sur la sécurité et sur la compatibilité chimique avec le carburant conventionnel (les substituts ne doivent pas affecter les caractéristiques et les performances du carburant final, approche dite *Drop in fuel*). Toutefois, la certification de produits alter-

natifs est une réalité ; certains le sont déjà en mélange, et de nouvelles certifications sont en cours d'élaboration.

Tous secteurs confondus, il existe plusieurs alternatives aux carburants conventionnels. Citons d'abord les hydrocarbures de synthèse de type GtL (*Gaz to Liquid*, hydrocarbures obtenus par synthèse à partir du gaz naturel) ou CtL (*Coal to Liquid*, hydrocarbures obtenus à partir du charbon). Viennent ensuite les biocarburants de première génération – éthanol, biodiesel –, dont les procédés sont aujourd'hui matures, ainsi que les biocarburants issus d'un hydrotraitement (traitement à l'hydrogène) poussé d'huiles végétales, dits HVO (*Hydrotreated Vegetable Oils*). Ces derniers sont majoritairement constitués d'hydrocarbures aux propriétés voisines de

IRD Éditions Institut de recherche pour le développement
Un éditeur pour le développement



Diffusion libraires : Eyrolles/Géodif
Vente par correspondance : IRD Diffusion
32, av. Varagnat - F 93143 Bondy cedex
Tél : 01 48 02 56 49 Fax : 01 48 02 79 09
diffusion@ird.fr

www.ird.fr

celles des hydrocarbures de synthèse. Des procédés industriels sont disponibles ou en passe de l'être. De plus, une large réflexion est en cours sur les ressources envisageables pour alimenter cette filière (si la ressource est constituée de microalgues lipidiques, on parle alors de biocarburants de troisième génération).

Les biocarburants de deuxième génération, eux, sont obtenus à partir de bois ou de déchets végétaux selon deux procédés. L'un, biochimique, conduit à de l'éthanol ; l'autre, thermochimique, donne des hydrocarbures dits BtL (*Biomass to Liquid*), comparables aux GtL et CtL. Des travaux sont également menés sur la pyrolyse directe de la biomasse, qui permet d'obtenir des carburants liquides sans passer par une phase de gazéification.

Un cahier des charges très exigeant

Par ailleurs, de nouveaux développements faisant appel à des procédés biologiques pour produire des hydrocarbures sont en cours. On peut notamment citer la transformation des sucres en hydrocarbures, comme celle proposée par la Société Amyris, aux États-Unis et au Brésil. Tous ces hydrocarbures recevront ensuite un traitement complémentaire pour obtenir des molécules paraffiniques adaptées à un carburant aéronautique. Enfin, le gaz naturel ou l'hydrogène constituent une autre filière alternative.

Mais les contraintes du transport aérien restreignent beaucoup les choix. En effet, les carburants pour l'aéronautique sont formulés dans un cadre réglementaire très strict et certaines spécifications (le contenu énergétique, qui détermine le rayon d'action des avions, la tenue au froid ou à la chaleur, la stabilité au stockage, les propriétés lubrifiantes, l'explosivité, etc.) constituent des verrous. Par ailleurs, les produits doivent assurer une combustion propre, être disponibles partout dans le monde, disposer d'un bilan global d'émission de gaz à effet de serre favorable et satisfaire au concept de *Drop in fuel*.

Certaines filières se trouvent ainsi écartées, tels les biocarburants de première génération (l'éthanol en raison de son

contenu énergétique plus faible et de son explosivité, le biodiesel en raison de son comportement au froid, du risque d'instabilité et d'un contenu énergétique légèrement inférieur] et les carburants gazeux (gaz naturel, hydrogène).

Ainsi, à court et moyen termes restent en course les hydrocarbures de synthèse de type GtL ou CtL (mais qui n'améliorent pas les bilans d'émissions de gaz à effet de serre, comparés au carburant aéronautique classique), les biocarburants BtL, dont les procédés de fabrication sont en développement et ne devraient pas atteindre l'échelle industrielle avant 2020, les biocarburants HVO et les produits issus de la transformation des sucres, en cours de développement et dont les travaux de certification ont débuté.

Ces filières conduisent à des hydrocarbures paraffiniques exempts de composés aromatiques et de soufre qui, après une opération d'hydro-isomérisation et une optimisation des formulations, peuvent être utilisés en mélange dans des carburants conventionnels, avec de bons bilans de rejets de dioxyde de carbone.

Les substituts GtL, CtL, BtL et HVO sont déjà certifiés pour être mélangés à hauteur de 50 pour cent au carburant usuel et de nombreuses expérimentations ont été mises en œuvre par la plupart des acteurs (Boeing, Airbus, EADS, Air-France, Lufthansa, etc.). Le récent Salon aéronautique du Bourget, où un espace spécifique était dédié à ces carburants, a confirmé l'intérêt qu'on leur porte.

À plus long terme, des carburants tels que le gaz naturel ou l'hydrogène sont évoqués. Mais cela exigera de repenser entièrement tant la conception des avions que les circuits d'approvisionnement et de distribution, la logistique et la sécurité. Par exemple, le projet *Cryoplane* d'un appareil utilisant de l'hydrogène liquide, coordonné par Airbus Industrie et financé par la Commission européenne, exigera sans doute plus de 20 ans de recherche et développement pour aboutir.

Xavier MONTAGNE est directeur adjoint de la Direction scientifique de IFP Énergies nouvelles, à Rueil-Malmaison.