

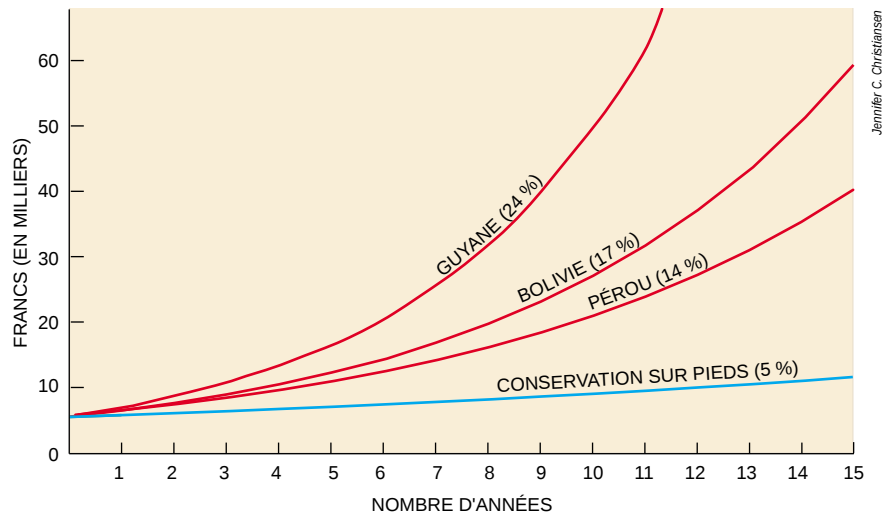
pas le manque à gagner d'une exploitation durable.

Des normes «vertes» favorisent effectivement la conservation de la forêt si leur respect coûte peu et s'il réduit vraiment la dégradation de l'environnement (une clause utile, par exemple, est l'interdiction de chasser les animaux de la forêt). Bien que la demande des consommateurs pour du bois «vert» soit encore faible, le marché de tels produits, avec un faible surcoût, pourrait être développé.

En attendant, restons prudents : les mesures les mieux intentionnées peuvent avoir pour seul résultat une accélération de la dégradation des forêts tropicales. Les écologistes doivent s'y résoudre : la gestion durable des forêts tropicales n'est pas pour demain. La logique économique et la faiblesse de la plupart des États des pays en développement sont des obstacles difficiles à surmonter.

Malgré ce constat pessimiste, nous faisons quelques propositions. En premier lieu, le remplacement des arbres coupés et la protection de la diversité biologique ne sont pas rentables aux taux d'intérêt élevés pratiqués dans les pays en développement, mais elles le deviendraient si des banques de développement ou des investisseurs motivés prêtaient à faible taux aux sociétés forestières. On pourrait aussi encourager la création de réserves dans les concessions exploitées et à leur périphérie. La surveillance de telles réserves, peu coûteuse, contribuerait à la conservation de la biodiversité. Plutôt que de simplement maintenir la couverture forestière, ces zones protégées permettraient de conserver la quasi-totalité des espèces qu'abrite la forêt, ainsi que des arbres âgés. L'idéal serait que ces terres soient voisines d'autres forêts intactes. Pour minimiser le coût, nous proposons de choisir des parcelles non exploitables, situées sur des pentes trop raides ou dans des forêts modérément exploitées dans le passé.

Bien sûr, les sociétés forestières s'opposeraient probablement à la création de ces réserves, même si elles étaient établies sur les terres les moins productives de leurs concessions. Le gouvernement bolivien s'est attaqué à ce problème par une incitation financière : il a créé une taxe forfaitaire d'exploitation (d'environ six francs par hectare et par an), dont sont exemptées les zones déclarées non exploitées par les forestiers.



4. LE PROFIT apporté par une récolte rapide des arbres et l'investissement des produits aux taux d'intérêt réels pratiqués dans les pays en développement (en rouge) est bien supérieur à celui de la conservation des arbres sur pieds (en bleu).

Ces zones peuvent atteindre 30 pour cent d'une concession. Cette mesure devrait encourager les exploitants à protéger leurs terres de faible valeur commerciale, et elle les habituera peut-être à l'idée de réserves environnementales.

Dans des forêts comme celle de Chimanes, où l'exploitation incontrôlée est sélective et où le défrichement est faible, le *statu quo* semble la meilleure des options disponibles. L'exploitation de la forêt de Chimanes se poursuivra probablement longtemps encore après l'épuisement de l'acajou : les pratiques actuelles de récolte sélective d'un grand nombre d'espèces commerciales, à raison d'une ou deux essences à la fois, pourrait durer plusieurs décennies. Le défi pour les protecteurs de l'environnement n'est pas tant de convaincre les sociétés forestières de pratiquer une exploitation durable, mais plutôt de protéger les forêts âgées tant qu'il en reste encore.

En outre, même si toute la forêt tropicale était exploitée de façon durable, elle resterait menacée. L'expansion des terres agricoles, le développement des routes et la colonisation sont, chacun, un danger considérable pour les forêts tropicales. La réduction des destructions associées serait plus efficace que la réorganisation de la production de bois.

Aucune solution miracle ne garantira la survie des forêts tropicales. Même nos propositions, notamment la création de réserves, seront inapplicables si, les ressources se raréfiant ou la demande augmentant, les forestiers exploitent les zones aujourd'hui non rentables. Cette proposition est toutefois applicable aujourd'hui, et elle aurait des conséquences immédiates en protégeant les forêts âgées. En outre, elle repose sur de simples restrictions des zones exploitées, faciles à contrôler et peu coûteuses, et non sur des règles techniques complexes d'exploitation.

Richard RICE est directeur à Conservation Internationale, à Washington. Raymond GULLISON est professeur au Collège impérial de Londres. John REID travaille à Conservation Internationale.

C.W. CLARK, *The Economics of Overexploitation*, in *Science*, vol. 181, n° 4100, pp. 630-634, 17 août 1973.

Jeffrey R. VINCENT, *The Tropical Timber Trade and Sustainable Development*, in *Science*, vol. 256, pp. 1651-1655, 19 juin 1992.

R.E. GULLISON, S.N. PANFIL, J.J. STROU-

SE et S.P. HUBBELL, *Ecology and Management of Mahogany (Swietenia macrophylla King) in the Chimanes Forest, Beni, Bolivia*, in *Botanical Journal of the Linnean Society*, vol. 122, n° 1, pp. 9-34, septembre 1996.

A.F. HOWARD, R.E. RICE et R.E. GULLISON, *Simulated Financial Returns and Selected Environmental Impacts from Four Alternative Silvicultural Prescriptions Applied in the Neotropics : A Case Study of the Chimanes Forest, Bolivia*, in *Forest Ecology and Management*, vol. 89, n°s 1-3, pp. 43-57, 1^{er} décembre 1996.

Le soi, le non-soi et les virus

ROLF M. ZINKERNAGEL

Parfois, les traités de non-agression scellés entre le système immunitaire et l'organisme qui l'abrite sont rompus : des maladies auto-immunes apparaissent. Le rôle de certains virus dans ces errements du système immunitaire se précise, ouvrant la voie à de nouveaux traitements.

La description homérique des péripéties guerrières des Grecs met en scène de multiples acteurs, soldats, politiques, dirigeants, divinités bénéfiques ou malfaisantes, et de nombreux stratagèmes militaires, dont le cheval de Troie est le plus célèbre. Les combats que mène notre organisme par l'intermédiaire du système immunitaire, les projets et les ruses des acteurs de ces batailles, sont apparentés à cette riche mythologie.

Le système immunitaire défend l'organisme contre les micro-organismes étrangers pathogènes : virus ou bactéries, notamment. Chacune de ces entités porte à sa surface des molécules spécifiques, les antigènes. Le système immunitaire distingue les cellules de l'organisme des cellules étrangères d'après ces antigènes. Quand le système immunitaire réagit contre les molécules de l'organisme, les molécules du soi, il détruit les organes qui les portent, déclenchant une maladie auto-immune.

Pour éviter ce type de réactions, rares mais parfois funestes, le système immunitaire doit être spécifique, il doit garder le souvenir des agents pathogènes rencontrés et il doit tolérer les molécules du soi. Spécificité, mémoire et tolérance du système immunitaire sont aujourd'hui redéfinies grâce aux progrès notables de la biochimie, de la biologie moléculaire, de la biologie du développement et de la physiologie animale.

Afin d'assurer leur propre survie, les virus évitent de tuer trop vite leur hôte. Ainsi, la paix armée qui règne entre le système immunitaire de l'homme et les virus garantit à la fois la survie de l'hôte, mais aussi celle des micro-organismes pathogènes. Pour comprendre comment s'établit ce *modus vivendi*, nous examinerons les mécanismes de défense d'un organisme au cours d'une infection virale, nous évoquerons les acteurs de cette défense et nous aborderons les nouvelles hypothèses qui éclairent les mécanismes de l'auto-immunité.

Nous montrerons qu'il est inutile de considérer que les molécules du soi et celles du non-soi portent des «étiquettes» qui permettent au système immunitaire de les identifier. Nous pensons que le système immunitaire reconnaît seulement les molécules qui lui sont présentées dans des organes spécifiques, les organes lymphoïdes (la moelle osseuse, la rate et les ganglions lymphatiques), en quantité suffisante et pendant cinq à dix jours. Ces conditions sont remplies par les molécules étrangères, par exemple celles que portent les virus, mais ne le sont généralement pas par les molécules du soi (nous y reviendrons). Malheureusement, quand les molécules du soi satisfont les mêmes conditions que les molécules du non-soi, une maladie auto-immune s'installe.

Les acteurs du système immunitaire

Les lymphocytes *B* et *T*, les macrophages et les cellules présentant les antigènes sont parmi les principaux agents du système immunitaire. Les lymphocytes *B* sont responsables de l'immunité dite humorale. Chaque lymphocyte *B* reconnaît un antigène porté par les micro-organismes pathogènes grâce à un récepteur, spécifique de cet antigène. Les lymphocytes activés fabriquent alors des anticorps spécifiques de cet antigène. Les anticorps libérés recrutent d'autres fantassins de l'armée de défense et musellent les antigènes circulants en s'y liant.

L'efficacité de l'immunité protectrice dépend beaucoup de l'affinité d'un anticorps pour son antigène (c'est-à-dire de la force de leur liaison lorsque l'antigène et l'anticorps ont un seul site d'interaction). Elle dépend aussi de leur avidité : lorsqu'un antigène a plusieurs sites d'interaction avec son anticorps, l'énergie de la liaison combinée est notablement supérieure à la somme des énergies de liaison des sites pris séparément, et l'avidité est d'autant plus forte que l'énergie de la liaison combinée est élevée.

D'autres lymphocytes, les lymphocytes *T*, assurent l'immunité dite cellulaire. Parmi eux, les lymphocytes *T* auxiliaires qui interagissent avec les lymphocytes *B*, les aidant à se multiplier et à produire des anticorps, et les lymphocytes *T* cytotoxiques qui détruisent les cellules de l'hôte infectées par le micro-organisme pathogène. Les cellules naturelles tueuses et les macrophages assurent des fonctions comparables, mais complémentaires.

Rolf M. ZINKERNAGEL dirige l'Institut d'immunologie expérimentale, à l'Hôpital universitaire de Zurich. En 1996, il a obtenu, avec Peter Doherty, le prix Nobel de physiologie et de médecine, pour leurs travaux sur la restriction des réactions immunitaires par les molécules du complexe majeur d'histocompatibilité. Le texte a été mis en forme par Françoise Cinotti.