

J.-M. Thiriet



Grilles de calcul

GUY WORMSER

La puissance de calcul distribuable comme l'eau ou l'électricité ?

Les ordinateurs ont d'abord fonctionné indépendamment, à partir de données locales. Puis, les scientifiques qui avaient besoin d'échanger des volumes considérables de données ont créé le réseau Internet : partagé ensuite avec l'ensemble des utilisateurs d'ordinateurs, ce nouvel outil bouleverse nos sociétés. Toutefois l'informatique reste limitée par les moyens de calcul, qui sont insuffisants : nous n'avons pas encore de superordinateurs sur nos bureaux. La prochaine (r)évolution en informatique sera-t-elle le passage au «calcul pour tous» ?

Les communautés scientifiques rêvent ainsi de ce qu'ils nomment une «grille de calcul», qui s'apparenterait au réseau électrique. Ce dernier fournit à chaque utilisateur toutes les ressources dont il a besoin au moyen d'une interface simplifiée à l'extrême (la prise de courant) et standardisée. Toute la complexité du réseau (de la centrale électrique jusqu'à l'abonné) est complètement cachée à l'abonné, qui peut modifier brusquement sa consommation sans démarche préalable. De même, dans la grille de calcul qui est en projet, puissance de calcul et capacité de stockage seraient quasi illimitées, puisque toutes les ressources de la grille seraient mobilisables en cas de besoin ; on pourrait aussi bien utiliser des applications créées localement que partager les ressources disponibles (dans les centres de calcul, dans les laboratoires ou dans les entreprises).

Le projet n'est pas utopique : pour réaliser une grille de calcul, on devra construire des réseaux à très haut débit sur de longues distances et apprendre à gérer le service offert. Ces deux objectifs sont accessibles. Les ressources en matériel – nœuds de la grille (centres de calcul, ordinateurs des laboratoires...) et réseau – existent déjà en grande partie. Il reste à construire les programmes qui feront fonctionner la grille. Cette infrastructure comprend, entre autres, des programmes d'identification et de sécurité, des logiciels d'arbitrage de ressources, de suivi des applications, de garantie de qualité, d'interface utilisateur.

Comment les grilles de calcul modifieront-elles le fonctionnement des socié-

tés industrialisées ? La recherche scientifique, tout d'abord, doit traiter des volumes croissants de données, mais n'a plus les moyens de construire les ressources de calcul dont elle a besoin. Par exemple, au CERN, à Genève, les physiciens des particules commenceront en 2005 une série d'expériences sur le collisionneur à protons LHC (*Large Hadron Collider*), afin d'explorer plus avant les structures intimes de la matière. Ces expériences imposeront l'enregistrement et le stockage de plusieurs dizaines de millions de gigaoctets par an, soit autant d'informations qu'il en est aujourd'hui enregistré sur tous les CD-ROM du monde : on devra mobiliser les ressources informatiques disponibles dans l'ensemble des laboratoires de physique des particules. De même, l'observation de la Terre par les satellites scientifiques ou le séquençage du génome humain conduisent à des quantités considérables de données, qui doivent être traitées par de très gros programmes.

Si la recherche fondamentale est à nouveau le moteur de la prochaine révolution informatique, l'amélioration des moyens de calcul profitera immanquablement au monde industriel et économique : les grosses entreprises, organisées en réseau (banques, EDF...), démultiplieront leurs ressources informatiques propres à moindres frais si elles s'équipent d'une grille de calcul interne. Celles qui traitent leurs calculs dans un gros centre d'une centaine de machines bénéficieront de possibilités supérieures si elles mettent ce centre en symbiose avec les nombreux ordinateurs présents dans les agences ou sur les bureaux de leurs employés.

Avec la proposition d'accès à du calcul ou à du stockage, moyennant un kit d'abonnement analogue à celui d'un abonnement à Internet, le marché potentiel serait beaucoup plus vaste. L'introduction massive des ressources informatiques dans les petites et moyennes entreprises conduirait souvent à des gains de productivité importants, en permettant par exemple des simulations détaillées de prototypes avant leur réalisation (souvent très gourmandes en moyen de calcul, de telles simulations

sont souvent inaccessibles, aujourd'hui). La grille absorbera également des pics ponctuels de calcul ou de stockage dépassant de beaucoup les ressources propres de l'entreprise, mais dont la nature occasionnelle ne justifie pas un investissement lourd.

Et comment chacun d'entre nous profitera-t-il des grilles de calcul ? Les besoins individuels en calcul semblent couverts par les ordinateurs personnels. Toutefois l'inventivité humaine conduira inévitablement à des applications insoupçonnées : observons le développement d'Internet. En restant dans le domaine des sciences, le parrainage scientifique semble déjà en vogue : en inscrivant son ordinateur personnel sur une grille de calcul et en le mettant à la disposition d'un gros calcul, on s'associe à des aventures scientifiques dont on tire intérêt et fierté. Déjà de grands nombres ont été décomposés en facteurs premiers grâce à la coopération de très nombreux individus, qui ont offert les temps morts de leurs ordinateurs personnels. Une grille de calcul serait un outil de gestion des ressources informatiques beaucoup plus ambitieux et dynamique ; il pourrait même être un outil d'intégration sociale, en associant des classes d'école, de collèges ou lycées de milieu défavorisé à certains grands projets scientifiques.

Comment réaliser cet outil ? Plusieurs consortiums de scientifiques, en Europe et aux États-Unis, se sont formés pour écrire les couches de logiciels manquantes (*middleware*) et tester leurs performances. Cette grande mobilisation et les nombreux liens existant entre les projets européens et américains devraient conduire à une grille mondiale d'ici deux ou trois ans. Signalons enfin qu'avec un tel projet, on confie à la (haute) technologie le soin de régler les conflits d'intérêt résultant de cette mise en commun de moyens et non plus à la volonté politique, ce qui devrait faciliter bien des choses.

Guy WORMSER est directeur adjoint de l'Institut national de physique nucléaire et de physique des particules du CNRS.

■ POUR LA SCIENCE

VOTRE ABONNEMENT 100 % NUMÉRIQUE

1 an au prix de 48 €

soit **4 € seulement par numéro** au lieu de ~~5,20 €~~

Pour consulter et télécharger
en toute liberté sur www.pourlascience.fr
les 12 prochains numéros
dès leur parution.



Oui, je m'abonne
à *Pour la Science* 100 % numérique
1 an (12 numéros) pour 48 €

Je préfère découvrir toutes
les offres d'abonnement disponibles
en cliquant ici.



La vaccination anti-pestreuse

FABIENNE LEMARCHAND-COPREAUX

À Madagascar, la mise au point d'un vaccin efficace n'a pas signé la victoire contre la peste : il restait encore à vaincre les réticences sociales et politiques des populations indigènes.

Le 25 novembre 1977, l'ancien hôpital colonial de Tananarive, l'Hôpital Girard et Robic, devient l'Hôpital militaire d'Antananarivo. Disparaît ainsi le dernier témoin historique de l'un des grands épisodes de la lutte contre la peste. Georges Girard (*ci-dessus, le deuxième en partant de la gauche*) et Jean-Marie Léopold Robic (*le premier à gauche*), tous deux médecins des troupes coloniales, dirigèrent l'Institut Pasteur de Tananarive, le premier de 1922 à 1940, le second de 1940 à 1953. C'est là qu'ils mirent au point le premier vaccin à germes vivants atténués contre la peste, qui fut inoculé massivement à près d'un tiers de la population malgache de 1935 à 1959. Ultérieurement, ils établirent un protocole de lutte contre la maladie, aujourd'hui appliqué dans le monde entier.

La peste frappe Madagascar au cours de la pandémie de 1898. À plusieurs reprises, les ports de Tamatave, Majunga, Diégo Suarez, enregistrent, en même temps que ses voisins de l'île Maurice, de La Réunion, et d'Afrique du Sud, de petites flambées de peste bubonique. De

février à avril 1921, la peste importée de Maurice sévit à nouveau à Tamatave surtout dans le milieu des dockers et des tirailleurs malgaches. Soudain, en juin, la maladie fait une irruption tapageuse dans la capitale : 48 personnes, appartenant à deux familles qui venaient de se réunir à l'occasion d'un mariage, succombent en trois semaines à un épisode de peste pulmonaire, la plus contagieuse et la plus foudroyante.

Désormais, l'épidémie galope. Elle gagne en quelques mois l'ensemble des hauts plateaux, où résident plus d'un million d'habitants, soit le tiers environ de la population de la colonie. En six mois, la peste fait 150 victimes. Plus que la «grippe espagnole» de 1919 qui avait pourtant tué en quelques mois près de 86 500 personnes, dont une trentaine de milliers dans les seules provinces du centre, ou que le paludisme qui endeuille régulièrement les familles, la peste sème l'effroi chez les Malgaches. D'abord, en raison de son issue, presque toujours fatale, et de la rapidité avec laquelle survient la mort : les malades trépas-

sent en quelques jours ; si 60 à 85 pour cent des cas de peste bubonique sont mortels, la peste pulmonaire l'est dans tous les cas. Ensuite, à cause des dispositions contraignantes, et le plus souvent inefficaces, prises par les autorités sanitaires à l'encontre des seuls indigènes dès l'apparition des premiers cas dans la capitale : isolement des malades et des personnes avec qui ils ont été en contact dans les lazarets, destruction par le feu de leurs maisons, dératissage, désinfection des marchandises, cordons sanitaires d'une évidente perméabilité.

Plus que toutes ces mesures, c'est l'interdiction de veiller le mort et de l'inhumer dans le tombeau familial qui traumatise la population. L'inhumation marque en effet le retour du défunt à la terre de ses ancêtres. Ce culte des ancêtres fait des funérailles une cérémonie privilégiée à laquelle participent la famille et les amis, venus parfois de très loin. Le cadavre lui-même est souvent transporté à grande distance. Or la nouvelle réglementation impose que les pestueux soient enterrés à la va-vite dans des cimetières spéciaux. On interdit aussi, la cérémonie de «retour-nement des morts» qui, après quatre ou cinq ans, rassemble à nouveau la famille et au cours de laquelle le tombeau est ouvert, le cadavre exhumé et enveloppé d'un linceul neuf. Cette façon de renouer contact avec lui s'accorde en effet mal avec les exigences de la prophylaxie.

UNE MALADIE SOUS-DÉCLARÉE

De surcroît, les dispositions sanitaires ne touchent pas les Européens. Officiellement, et jusqu'en 1926, année où la première victime européenne est enregistrée, la peste frappe presque exclusivement les Malgaches des quartiers populeux de la capitale et de la brousse. Dans le contexte de la colonisation avec ce qu'elle suppose d'inégalités, d'op-



L'Institut Pasteur de Tananarive, en 1921.

Photographie fournie par l'Institut Pasteur de Madagascar

pression, l'idée d'une maladie «inventée» par l'administration française pour renforcer son ascendant sur les indigènes s'impose assez vite à l'esprit de nombre de Malgaches. D'autant qu'ils assistent à un impressionnant déploiement de forces. Autour des cordons sanitaires, miliciens et tirailleurs Sénégalais traquent les fuyards. Des agents de police européens parcourent sans relâche les villes, questionnant les habitants et visitant les maisons, afin de débusquer les malades.

Les Malgaches résistent. Tout est mis en œuvre pour cacher la maladie : absence de déclarations, transfert des malades au loin, inhumations clandestines, dissimulation des rats morts, pots-de-vin aux médecins pour l'obtention de certificats médicaux de complaisance... En réaction, un dépistage *post mortem* est institué dès 1921 : des fragments de foie sont prélevés sur tous les malades décédés en moins de six jours.

C'est dans ce contexte que Georges Girard arrive à Madagascar, en février 1922. Ce jeune médecin militaire, formé à l'École du corps de santé de Bordeaux, est alors âgé de 34 ans. Il vient de passer deux ans à apprendre les gestes et les dogmes de la microbiologie. Il connaît déjà Madagascar. De 1917 à 1920, il avait été responsable du laboratoire de bactériologie de l'Hôpital de Diégo Suarez. Dès son arrivée, il est confronté à la peste : l'Institut Pasteur de Tananarive, créé en 1898 afin de lutter contre la variole et la rage, est chargé de coordonner toutes les actions de lutte. Girard met sur pied le Service central de la peste. Encore imprégné des ravages causés en Mandchourie pendant l'hiver 1910 – 1911 par un épisode de peste pulmonaire qui a fait plus de 100 000 morts en quelques mois, il maintient les mesures de prophylaxie édictées précédemment, les seules susceptibles, à l'époque, de contenir l'épidémie. Néanmoins, il reconnaît qu'il aurait été plus facile d'obtenir la collaboration des Malgaches si les autorités avaient permis, dès 1921, d'exhumer les pestiférés trois ans après le décès. En effet, il considérerait qu'au bout de trois ans, délai prévu par les textes en vigueur en France, le bacille n'était plus actif. À sa demande, cette mesure sera effectivement édictée, mais seulement neuf ans plus tard, en 1930 ; la durée d'éviction du caveau familial sera ensuite ramenée à six mois.

Quoi qu'il en soit, les Malgaches comprennent vite qu'il leur suffit de prétendre que la maladie a eu une longue évolution pour échapper au contrôle de la nature du décès ; ou encore qu'il s'agit d'un accident. Devant les indications les plus fantaisistes avancées par les familles, le dépistage *post mortem* est

rapidement rendu obligatoire pour tous les cadavres, sans exception. Sans doute inspiré des méthodes de lutte contre la fièvre jaune, Girard simplifie la technique : aux prélèvements d'organes, assez mal acceptés des familles, il substitue de simples ponctions, faites à la seringue, du foie, des poumons et des bubons apparents. Afin d'éviter au maximum les fraudes, les ponctions sont faites par des médecins européens et examinées dans des laboratoires régionaux. Le tout est ensuite contrôlé à l'Institut Pasteur de Tananarive. Aucun permis d'inhumer n'est délivré sans que des agents aient procédé aux prélèvements réglementaires.

Ce dépistage systématique révèle que 95 pour cent des cas ne sont connus qu'après décès : la peste est beaucoup plus fréquente que prévu ! C'est surtout vrai en brousse, où la plupart des individus meurent sans avoir consulté de médecin. Ensuite, l'endémie pesteuse sur les hauts plateaux est saisonnière : la poussée épidémique commence aux mois d'octobre et novembre pour s'éteindre en avril, au moment des grosses chaleurs et des pluies. Elle correspond à l'époque où les Malgaches inondent leurs rizières, chassant les rats qui se réfugient dans les maisons. Pendant la saison sèche, entre avril et octobre, les rats regagnent les rizières pour y creuser leurs terriers. L'infection semble alors en sommeil.

En ces années 1920, l'épidémiologie de la peste est encore balbutiante. On connaît le bacille responsable de la maladie, *Yersinia pestis*, identifié par Alexandre Yersin en juin 1894 lors de l'épidémie de Hong Kong. On sait également, grâce aux travaux de Paul Louis Simond, en 1897 qu'une simple piqûre de puce suffit à la

transmettre. La puce est le vecteur qui transporte le bacille de rat à rat, et du rat à l'homme (à l'exception de la peste pulmonaire strictement transmise d'homme à homme). Toutefois, on ignore tout de la biologie des puces : le bacille se multiplie-t-il dans l'insecte ? À quel moment acquiert-il sa virulence ? Quelle est la durée pendant laquelle une puce reste infectieuse ? Peut-elle survivre sans se nourrir de sang, hors du pelage protecteur du rat ? Une expérience réalisée en 1934 apporte quelques réponses, notamment sur le rôle de la puce *Xenopsylla cheopis* dans la persistance de l'épidémie pesteuse. Cette année-là, Fernand Estrade, un médecin qui travaille avec Girard, met au point un piège à puces. Il remplit une cuvette émaillée d'un antiseptique, au centre de laquelle est dressée une bougie allumée. Il place la cuvette dans l'obscurité d'une case. Attirées par la lumière, les puces sautent et tombent dans la cuvette ; elles sont tuées par l'antiseptique qui respecte pour un temps le bacille pesteux, à l'abri dans l'insecte. De telles expériences précisent les liens entre les puces et le bacille.

DU BACILLE, À LA PUCE, AU RAT...

Ainsi *Yersinia pestis* survit dans la puce «libre» : elle ne pullule pas seulement dans le pelage des rats, mais aussi dans la poussière des cases et dans les débris de pilonnage du riz. Elle y conserve pendant plusieurs mois son caractère infectieux. Les médecins comprennent alors certains épisodes récurrents de peste. Sur la côte, la température est trop élevée et défavorable à cette puce qui est absente des cases. C'est pourquoi la peste humaine reste implantée sur les hauts plateaux où les températures (10 à 25 °C) et la forte humidité sont favorables aux puces, tandis qu'elle ne fait que de brèves apparitions dans les régions côtières.

Ce constat pose un problème d'hygiène. Selon Girard, «Le problème de la prophylaxie collective sera impossible à résoudre tant que les habitations des paysans resteront ce qu'elles sont actuellement : un véritable défi à l'hygiène élémentaire ; construites en terre, abritant autant d'animaux que d'humains, remplies de provisions [...] qui offrent un refuge d'élection aux *Xenopsylla cheopis*, ces cases ne sont pas pratiquement désinfectables. Les rats y creusent aisément des terriers et il n'est pas jusqu'à la toiture en chaume qui n'abrite des rats et des puces [...]». L'action des services d'hygiène est à peu près inopérante dans les zones rurales». Comment dératiser et désinfecter toute



Les maisons des personnes décédées de la peste étaient détruites par le feu.

La peste aujourd'hui

Aujourd'hui, on sait que la peste résulte de l'inoculation par une puce d'un bacille, *Yersinia pestis*, qui envahit les différents organes et le sang de son hôte. Les rongeurs assurent à la fois sa conservation et sa dispersion : à la mort d'un rongeur infecté, ses puces se répandent dans la nature, guettant un nouvel hôte, rongeur ou homme. À Madagascar, deux espèces de puces jouent ce rôle de vecteur pour le bacille : *Xenopsylla cheopis*, essentiellement urbaine, et *Synopsylla fonquerniei*, rurale.

Les bacilles régurgités par la puce lors d'une piqûre, se multiplient dans le tube digestif du rat et forment un caillot qui l'obstrue. Lorsque le rongeur meurt, la puce colonise un nouvel hôte humain, le pique et régurgite les bacilles au point de la piqûre. L'homme a alors une peste bubonique qui se traduit par une forte fièvre, des maux de

tête, des troubles nerveux, et un signe très caractéristique, le bubon. Il s'agit d'une tuméfaction douloureuse correspondant à une multiplication du bacille pesteux dans le ganglion lymphatique le plus proche du point de piqûre (en général à l'aîne, sous l'aisselle ou dans le cou). De ce ganglion, le bacille diffuse dans l'organisme par le sang, envahit le foie, la rate et les poumons ; c'est alors la peste pulmonaire secondaire. En l'absence de traitement antibiotique adapté, l'issue est fatale. En toussant, un malade atteint de peste pulmonaire secondaire émet des aérosols infectés qui peuvent être inhalés par d'autres personnes. La transmission se fait alors directement d'homme à homme. Cette forme, dite peste pulmonaire primitive, est particulièrement redoutable : le temps d'incubation est court, la mort peut survenir en quelques heures.

la brousse malgache et ses habitations éparpillées ?

Face à l'impossibilité de lutter efficacement contre le vecteur du bacille, la vaccination apparaît la seule protection envisageable pour les populations rurales, les plus exposées. Dans la capitale, la lutte contre les rats, des travaux d'urbanisme dans les quartiers insalubres, les mesures d'assainissement ont eu un effet bénéfique, mais, en brousse, ces mesures sont illusoire. La vaccination est donc rendue obligatoire sur les hauts plateaux en 1926. De grandes campagnes sont organisées : plusieurs centaines de milliers de personnes sont vaccinées avec un produit sans efficacité.

Georges Girard est persuadé qu'un vaccin à base de germes vivants de virulence atténuée serait plus actif. Le principe a déjà fait ses preuves avec le tout nouveau BCG contre la tuberculose. Alexandre Yersin, en 1899, avait lui-même montré l'efficacité de cette méthode. Il poursuivait ses travaux en Chine où la peste sévissait à l'état épidémique. En repiquant des colonies isolées de vieilles cultures de bacille pesteux, il avait, après de longs tâtonnements, obtenu un bacille qui ne tuait plus que 20 pour cent des rats inoculés et protégeait les autres. Il l'expérimenta sur des singes, mais l'épidémie tourna court, et il n'eut pas l'occasion de tester son vaccin... que sur lui-même. Toutefois, on jugeait ce mode de vaccination trop risqué.

En 1926, Girard accueille son nouvel adjoint, Jean-Marie Léopold Robic lui aussi formé à l'École du

corps de santé des colonies de Bordeaux. Cette même année, ils isolent sur un jeune malade une souche dite EV. Chaque mois, pendant six ans, ils la repiquent sur gélose de façon à atténuer son pouvoir pathogène. Le succès est au rendez-vous : la souche est inoffensive pour les animaux sensibles et elle est immunisante.

En 1932, Girard et Robic passent à « l'expérimentation humaine ». Ils s'inoculent le vaccin contenant 500 millions à 1 milliard de germes. Quelques lépreux reçoivent la préparation. Au tout début de 1933, Girard se rend à Paris pour soumettre ces travaux à l'Institut Pasteur et à son directeur, Émile Roux. De janvier à mars 1933, 1600 vaccinations sont pratiquées. Une légère tuméfaction locale et un peu de fièvre sont les seules réactions. Le gouverneur général de la colonie autorise alors les deux médecins à intervenir en zone infectée : 13 000 personnes reçoivent

le produit entre septembre 1933 et le début de l'année 1934.

Confiants, les deux Pastoriens veulent généraliser les vaccinations. Une dernière opération est montée entre le 8 octobre 1934 et le 10 mai 1935, dans les environs de Tananarive : 46 879 indigènes sont vaccinés. Cette campagne n'est pas une mince affaire : le district compte en effet 16 cantons, soit 1 555 villages, éparpillés sur une surface grande comme deux départements français. Les habitants, recensés préalablement par village et par famille, sont envoyés sur l'un des 46 centres installés, le plus souvent, sous des tentes. Deux fois par semaine, une liaison automobile est établie avec l'Institut Pasteur ; elle délivre les vaccins et le matériel nécessaires aux inoculations et apporte la glace pour les glacières où les ampoules sont conservées jusqu'à l'emploi : comme tout autre vaccin vivant, la souche EV est fragile et sensible à la chaleur. Les germes périssent vite : on ne peut conserver un vaccin plus de 10 jours. Les médecins européens effectuent jusqu'à 1 500 injections par jour !

UN VACCIN EFFICACE, MAIS TEMPORAIRE

Afin d'éviter toute confusion entre les personnes vaccinées et non vaccinées, l'identité de chacun est contrôlée. Une carte leur est remise qui offre certains avantages : elle permet, en cas de maladie ou de contact avec un pesteux, d'éviter le lazaret, et elle laisse à la famille le soin d'inhumer les pesteux vaccinés dans le tombeau familial (à l'exception des cas de peste pulmonaire). Les vaccinations se terminent le 20 décembre. Réactions et doléances sont consignées. Puis, pendant les cinq mois qui suivent, médecins et infirmiers indigènes contrôlent tous les décès et ponctionnent foies et poumons. On constate que la mortalité par peste a été réduite d'un peu plus des deux tiers chez les vaccinés par rapport aux témoins. Seule ombre au tableau : le vaccin ne protège que durant neuf mois et il n'est d'aucune efficacité sur la peste pulmonaire.

La période des essais est définitivement close, celle de la vaccination de masse commence et, avec elle, les réticences de la population s'intensifient. À la fin de 1935, les autorités coloniales ne parviennent plus à persuader la population malgache des bienfaits du nouveau vaccin. Pour l'imposer, elles recourent à la contrainte et à la répression : au cours de la



Des équipes de fossoyeurs masqués étaient chargées d'envoyer le corps des défunts dans un linceul imprégné de désinfectant et de les mettre en bière entre deux lits de chaux.

campagne de 1935-1936, 714 000 personnes (plus de 75 pour cent de la population des provinces centrales) sont vaccinées. L'année suivante, les autorités sanitaires parviennent à vacciner 639 000 personnes, mais ils se plaignent de l'hostilité qu'ils rencontrent.

La peste est devenue, au fil des ans, un thème de propagande pour les nationalistes et, au cours de l'année 1936, année d'intense agitation politique et sociale, les leaders politiques se font plus virulents, critiquant le système colonial fondé sur la discrimination, l'inégalité et l'oppression. Ils mettent en cause

la politique médicale, incapable de venir à bout du fléau. L'impérialisme français vacille : il est accusé d'entretenir à dessein une «peste politique et raciste».

LA PESTE, UN ARGUMENT ANTICOLONIALISTE

Raciste, la peste l'est assurément puisqu'elle ne frappe que les indigènes... Ces attaques trouvent un écho favorable auprès d'une population échaudée par l'échec cuisant de plus de dix années de vaccination obligatoire. La peste est également politique : elle ferait partie d'un ensemble de dispositions destinées à exterminer les Malgaches, en particulier les plus pauvres. La presse se déchaîne. Non contents de lancer cette campagne de presse, les leaders nationalistes parcourent le pays pour inciter les populations à la résistance. Le personnel chargé des vaccinations est souvent précédé dans ses tournées par des trublions qui distribuent des tracts et tiennent des discours dissuasifs. En septembre 1936, le médecin chargé des vaccinations se plaint à l'administrateur supérieur de Tananarive : 43 personnes seulement se sont présentées à la séance de vaccination d'Ambohidrapeto contre 200 l'année précédente. Il déclare : «quatre communistes notoires, la veille du jour où je devais opérer, ont alerté la population en déclarant à la foule qu'on allait sous prétexte de la vacciner, leur enfoncer une aiguille dans le ventre et les tuer.»

Pour la campagne 1936-1937, administrateurs et médecins mettent tout en œuvre pour contrecarrer la propagande des nationalistes et faire accepter le vaccin. Les plus hautes instances donnent l'exemple et se font vacciner. Des affiches sont placardées un peu partout. Des conférences sanitaires rappellent la vocation bienfaitrice et non criminelle des colonisateurs. Rien n'y fait. Dans la capitale et



Dans les centres de vaccination, on enseignait les modes de transmission de la peste : face aux attaques répétées des nationalistes, les scientifiques ont dû apprendre à communiquer.

les localités atteintes par la propagande communiste, les centres de vaccination sont désertés. Des agents recruteurs et des miliciens sont alors déployés dans les villages pour conduire les habitants un à un sur le lieu de vaccination.

Progressivement, l'attitude des Malgaches évolue. D'abord en raison de l'efficacité avérée du vaccin, mais aussi des changements politiques : l'agitation nationaliste s'essouffle. À la veille de la Seconde Guerre mondiale, la peste n'a certes pas disparu, mais le thème de la «politique pesteuse» n'est plus de mise. Les règlements sanitaires ont été adoucis.

Entre 1936 et 1960, quelque 10 millions de doses vaccinales sont administrées. Le résultat est spectaculaire : de 1932 à 1934, plus de 3 500 cas par an sont enregistrés ; en 1937, après la première campagne de vaccination, ils ne sont plus que 1 500 et l'année suivante, 600. Dès 1939, le nombre de cas oscille entre 200 et 300. L'amélioration se poursuit régulièrement, grâce à deux découvertes : en 1939, quatre pasteurs, Jacques et Thérèse Tréfoel, François Nitti et Daniel Bovet découvrent les sulfamides, très efficaces dans le traitement des formes buboniques et dans la prophylaxie des contacts. En 1946, la découverte de la streptomycine transforme radicalement le traitement de la peste. Quelques mois plus tard, l'antibiotique est utilisé par Fernand Estrade pour traiter et guérir un cas de peste pulmonaire. Les protocoles thérapeutiques expérimentés à Madagascar associant sulfamides et streptomycine seront adoptés deux ans plus tard dans tous les hôpitaux du monde, faisant tomber la mortalité par peste aux alentours de cinq pour cent. L'apparition, en 1949, des premiers insecticides (notamment du DDT) facilitera encore la lutte.

En 1960, alors que la Grande Île recouvre son indépendance, Edouard Brygoo, qui a remplacé Robic à la tête de

l'Institut Pasteur préconise l'arrêt des campagnes de vaccination, devenues très coûteuses et superflues : «Au cours des dernières années, l'application de la vaccination n'était plus que la caricature de celle qui avait fait la preuve de son efficacité. Alors que le taux minimum de présence exigé (et obtenu) était avant guerre de 90 pour cent, il était tombé à une moyenne très inférieure à 50 pour cent.» En fait, la maladie ne touche plus qu'une centaine de personnes par an grâce à l'existence d'un traitement antibiotique efficace et des insecticides. S'il est possible d'arrêter la propagation de

maladies purement humaines, notamment de la grippe, du choléra, de la diphtérie, de la poliomyélite, en vaccinant 70 pour cent de la population, la peste reste avant tout une maladie du rat : en ne s'attaquant pas au réservoir du bacille, la vaccination n'est qu'un moyen palliatif et temporaire de protection.

Le vaccin EV eut une carrière internationale : il a été appliqué en Argentine, au Congo belge, au Brésil, en Afrique occidentale française et en Tunisie. Il a été également fabriqué et utilisé au Viêt-Nam jusqu'à la fin des années 1980, et continue de l'être au Kazakhstan, en Asie Centrale, dans de petits villages isolés où persistent quelques foyers naturels de peste murine. Il est peu probable que ce vaccin soit réutilisé dans le futur : la protection est de courte durée et n'est pas totale. De plus, les effets secondaires ne sont pas négligeables (douleurs et tuméfaction locales, fièvre). Néanmoins il est toujours conservé à l'Institut Pasteur de Madagascar, où il sert lors des expériences d'infestation animale.

La lutte contre la peste n'est toujours pas gagnée. Depuis une vingtaine d'années, la maladie se réinstalle lentement, mais inéluctablement, dans de nombreux pays en développement, y compris à Madagascar. La dégradation de l'hygiène urbaine, l'augmentation croissante de la résistance des puces aux insecticides, la diminution des services de lutte, l'apparition d'une souche de *Yersinia pestis* multirésistante aux antibiotiques, préparent une situation potentiellement explosive.

Fabienne LEMARCHAND-COPREAUX, journaliste scientifique, a écrit cet article en collaboration avec Noelson RASOLOFONIRINA, Briand RANDRIARIMANGA et Suzanne CHANTEAU, de l'Institut Pasteur de Madagascar.



De l'herbe au fromage

HERVÉ THIS

L'alimentation des animaux détermine la qualité des fromages.

Le terroir... Depuis quelques années, les producteurs de produits alimentaires n'ont que ce mot à la bouche, souvent pour protéger ou développer leurs marchés : il existerait une relation privilégiée entre des régions et des mets, et aucune copie produite ailleurs ne vaudrait l'original, qui, de ce fait, devrait être seul à mériter une appellation d'origine.

En matière de vins, l'agronomie a effectivement mis en évidence l'effet des climats, des sols, des expositions... mais le cas des fromages semblait plus délicat. En relation avec l'ensemble des filières fromagères des Alpes du Nord et du Massif central, Jean-Baptiste Coulon et ses collègues de la Station INRA de Clermont-Ferrand ont patiemment analysé les raisons de la qualité de plusieurs fromages ; ils ont éclairé les relations entre le terroir et la qualité des fromages... et ils proposent des critères objectifs de définition des appellations d'origine contrôlée.

Pourquoi un fromage est-il bon ? La typicité peut provenir de la région, des types d'animaux qui donnent le lait et des individus qui confectionnent le fromage. Pour une raison inconnue, les producteurs qui évoquent le terroir soulignent surtout l'importance de l'environnement des vaches et, notamment, de leur alimentation : herbe verte, foin, ensilage (herbe stockée humide, qui fermente en silo)... Cette alimentation détermine-t-elle vraiment la qualité des fromages ?

Les premières explorations de cette question, effectuées en 1990 sur le gruyère de Comté, avaient porté sur 20 fromageries et montré une correspondance significative entre le goût du fromage et la localisation géographique des aires de production. Autrement dit, on peut donner une définition objective de la notion de cru en Comté. Puis, en Suisse, des analyses des composés volatils de gruyères ont montré que les fromages d'alpages se distinguent de ceux de plaine : des molécules odorantes de la classe des terpènes (limonène, pinène, nérol), par exemple, sont présentes en

quantités bien supérieures dans les fromages d'alpage. Pourquoi ces variations ? Les agronomes supposèrent qu'elles provenaient de différences de végétation.

Toutefois, dans les premières études, les méthodes de production et les caractéristiques des animaux n'avaient pas été prises en compte : les différences auraient-elles été gommées si l'on avait modifié le type des vaches ou de fabrication ? Autrement dit, aurait-on obtenu du lait typique d'alpage en reprenant, en plaine, les vaches ou les méthodes de fabrication d'alpage ?

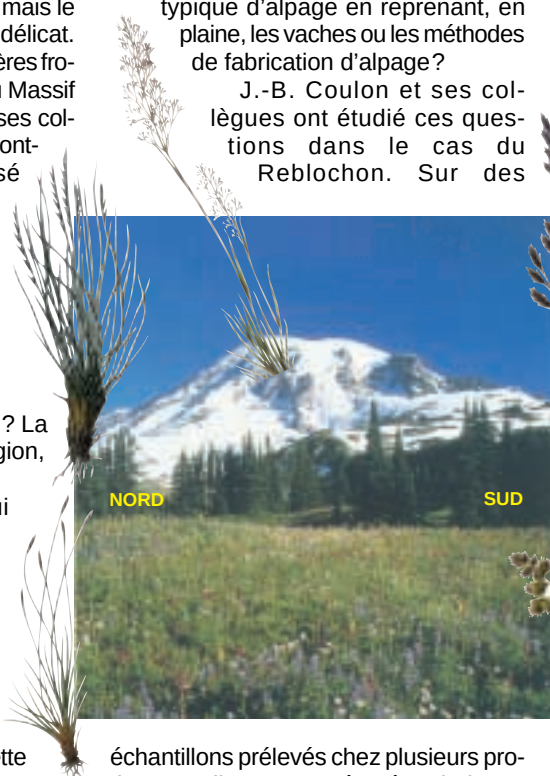
J.-B. Coulon et ses collègues ont étudié ces questions dans le cas du Reblochon. Sur des

plus brillants, et leur goût est plus intense, plus fruité, plus piquant.

Les différences sensorielles entre fromages peuvent provenir directement de molécules présentes dans les fourrages des vaches. C'est le cas du carotène, qui est présent dans les végétaux et qui donne aux fromages leur couleur. Ensuite la consommation de certaines plantes considérées comme sub-toxiques (telles que *Ranunculus* ou *Caltha palustris*, qui semblent davantage présentes dans les pâturages exposés au Nord) modifierait la perméabilité cellulaire du tissu mammaire et favoriserait le passage dans le lait d'enzymes qui modifieraient les fromages. Troisièmement on n'a pas encore exclu que les micro-organismes typiques des pâturages aient une influence notable sur les caractéristiques des fromages, mais cela reste à démontrer.

Enfin, des études plus récentes ont examiné le cas de l'ensilage qui, dans certaines régions, est controversé (il ferait des fromages médiocres). Cette fois, l'étude a porté sur plus de 20 fermes qui produisaient des Saint-Nectaire fermiers au lait cru de qualité reconnue. Plus de 60 fromages ont été analysés, par des études sensorielles (un jury évaluait le goût, l'odeur et la texture).

On a ainsi découvert que les principales différences résultent des méthodes de fabrication et de l'alimentation des vaches : le mode de conservation des fourrages n'est pas déterminant dans les caractéristiques des fromages. Notamment, les rations à base de foin ne conduisent pas toujours à un fromage différent de ceux qui sont fabriqués à partir de lait de vache recevant une ration à base d'ensilage : lorsqu'elle est maîtrisée, la conservation des fourrages n'a qu'un effet limité sur les caractéristiques du fromage, en dehors de sa couleur.



échantillons prélevés chez plusieurs producteurs, ils ont montré qu'à techniques de fabrication comparables, les caractéristiques de l'alimentation des vaches déterminent les caractéristiques sensorielles du Reblochon. Puis ils ont poursuivi leurs travaux en montrant que des vaches placées dans deux quartiers d'un même alpage, mais l'un sur un versant Sud, où domine *Dactylis glomerata* et *Festuca rubra*, et l'autre sur un versant Nord, avec des pelouses maigres à *Agrostis vulgaris* et *Nardus stricta*, ou peu productives (mousses et *Carex davalliana*), donnent des fromages qui diffèrent notablement par le goût et par la couleur : les fromages des quartiers Sud sont moins jaunes et

Prochain rendez-vous France Info et Pour la Science le 26 juillet 2000, avec la chronique Info Sciences de Marie-Odile Monchicourt.