

La réforme des programmes

JACQUES TREINER

Pourquoi réformer le programme de physique, en Seconde, alors que les précédents changements ne dataient que de 1992?

Le nouveau programme de physique de Seconde, applicable à la rentrée 2000, modifie profondément le programme actuel. Fallait-il tout changer une fois de plus?

Au cours des 50 dernières années, l'enseignement de la physique au lycée a été réformé en profondeur deux fois. La première réforme a cherché à moderniser l'enseignement de la discipline en intégrant les grandes idées du xx^e siècle. La seconde a voulu répercuter le développement technique qui structure notre environnement quotidien.

Dans les années 1970, un travail de fond identifia notamment l'importance des symétries et des lois de conservation. Malgré la qualité de la réflexion sous-jacente, les programmes ont finalement imposé un enseignement trop abstrait et relativement formel... jusqu'aux travaux pratiques ! Ainsi, la célèbre table à coussin d'air permet de se placer dans une situation qui n'existe jamais dans le monde réel, à savoir un monde sans frottement. Un élève de Seconde relie mal les expériences réalisées avec ce dispositif aux phénomènes de la vie courante. Utiles en Terminale, ces tables étaient inadéquates pour une initiation à la physique.

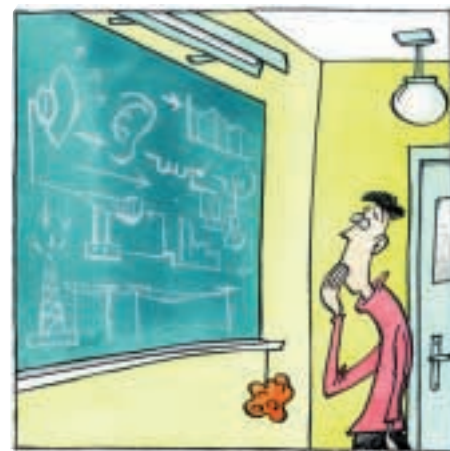
Vers la fin des années 1980, une réaction plaça alors l'objet technique au centre des préoccupations : pour séduire et rendre la discipline attrayante, pourquoi ne pas partir des objets familiers ? Et quoi de plus familier que la production et la réception du son ? La mise en pratique de cette idée se heurta vite à divers obstacles, dont le plus important est le suivant : une chaîne hi-fi, comme tout objet moderne, est un concentré de trois siècles de science. Toute la physique y est à l'œuvre : électricité, magnétisme, mécanique, ondes... Les objets techniques modernes sont d'une telle complexité que l'objectif pédagogique ne peut être tenu. Il suffit d'ouvrir un livre de Seconde actuel pour mesurer l'ampleur de la difficulté. Au hasard, dans l'un des ouvrages disponibles : le chapitre «réception sonore» commence par une

description de l'oreille interne, définit ensuite l'intensité acoustique et le décibel (avec un encadré sur la fonction logarithme !), présente l'audiogramme, puis, sans transition, introduit le phénomène d'induction magnétique pour expliquer le fonctionnement d'un microphone, en signalant au passage que les alternateurs de l'EDF utilisent aussi ce phénomène... Comment un élève moyen peut-il se repérer dans un tel parcours ?

Il nous a semblé urgent de revenir à un contenu plus fondamental et plus maîtrisable par des élèves qui, en majorité, n'optent pas pour la filière scientifique : le programme doit faire sens par lui-même. Avec l'exploration de l'Univers pour fil conducteur, le programme est structuré autour des grandeurs physiques de base : espace, temps, mouvements et forces, température et pression.

Les thèmes «Espace et temps» mettent en place des ordres de grandeur. Déterminer la distance d'un objet par paralaxe, mesurer le rayon de la Terre (méthode d'Ératosthène) et la taille d'une molécule (expérience de Benjamin Franklin) sont des activités qui couvrent 15 des 40 ordres de grandeur observables (de la taille du noyau à la distance parcourue par la lumière depuis l'époque estimée du Big-Bang).

Le thème «Mouvements et forces» a un but précis et limité, mais ambitieux : montrer la genèse du principe d'inertie à partir d'exemples courants et utiliser ce principe pour mettre en évidence des forces. Le support de cette partie est la gravitation (du projectile au satellite). La conception aristotélicienne du mouvement (où la vitesse était le signe d'une force appliquée) est mise en regard de la conception galiléenne-newtonienne (c'est le changement de la vitesse qui révèle une force appliquée). Enfin on propose, par l'interprétation des concepts de température et de pression en termes de mouvements de particules, de discuter le passage du monde microscopique au



monde macroscopique. L'objet d'étude support de cette partie est l'atmosphère.

Pour encourager la compréhension qualitative, l'accent est mis sur l'expérimentation. Toutefois, de même que la formalisation ne s'identifie pas avec la manipulation mathématique, l'expérimentation ne s'identifie pas avec la manipulation du matériel. L'utilisation des mathématiques et du «langage de la matière» ne doivent pas se substituer à l'utilisation de la langue naturelle, qui demeure celle de la question que l'on se pose et de la formulation des résultats. Toute mise en équations doit être précédée par une phase de modélisation du système étudié. Faute de quoi la physique devient prétexte à «faire des mathématiques». De même, une phase de questionnement doit précéder toute expérience : quel dispositif dois-je mettre en place pour tester telle hypothèse ? que va-t-il se passer si j'effectue telle perturbation du système ? L'oubli trop fréquent de cette phase de questionnement conduit à des travaux pratiques «presse-bouton» où l'on peut avoir tout fait et rien appris.

Le succès de la nouvelle réforme dépendra essentiellement de la bonne mise en œuvre pédagogique de ces questionnements. L'enseignement scientifique doit montrer comment les connaissances sont élaborées, quels sont les protocoles théoriques et expérimentaux mis en place par la science au cours de son développement historique, et en quoi ces protocoles sont spécifiques de la science. Peut-être sera-t-il ainsi possible de faire sentir la nature de la vérité à laquelle prétend la science.

Jacques TREINER est président de la commission des programmes de Physique / Chimie au ministère de l'Éducation nationale.

Envoyez-nous vos commentaires sur ce nouveau programme, nous ouvrons un forum sur le site de Pour la Science <http://www.pourlascience.com/>.



Premiers vaccins, premières réticences

ANNE MARIE MOULIN

Dès les premières campagnes vaccinales, les bénéfices liés aux tentatives d'immunisation de masse et à l'éradication de certaines maladies ont parfois été remis en question par des drames qui jetaient le doute sur la méthode.

Le terme de vaccinologie a été proposé par Jonas Salk, le père du vaccin contre la poliomyélite. Ce terme souligne l'interdisciplinarité : dès qu'il s'agit de vaccins, sciences biomédicales et sciences sociales s'impliquent mutuellement. La vaccination est un fait de société, et l'étude des résistances à cette méthode de prévention, qui se sont manifestées très tôt, nous éclaire sur l'acceptabilité des vaccins par la société.

Les vaccins ont incontestablement participé à l'essor démographique du ^{xx}^e siècle, mais, pour juger objectivement de leur portée, il nous faudrait confronter les données de l'histoire des vaccins et celles de l'évolution des germes : la diminution du nombre des malades atteints par une affection ne reflète pas uniquement la couverture vaccinale, mais aussi les variations imprévisibles, mais réelles, de la virulence des agents pathogènes (beaucoup de maladies déclinent d'elles-mêmes, puis renaissent des dizaines, voire des centaines d'années plus tard).

Toute vaccination reste un choix de société fondé sur une double raison, scientifique et politique. Il ne s'agit pas d'une décision globale. Chaque vaccin a son histoire propre, des indications et des risques différents. Pourtant, les interrogations récentes sur le vaccin contre l'hépatite B ont déclenché une remise en cause générale de la vaccination de masse. Il en est ainsi chaque fois qu'un vaccin est incriminé. Un accident singulier suffirait-il à remettre en question l'engagement de la société dans l'immunisation collective ? Un peu d'histoire illustre ces revirements.

Au sens strict, la vaccination désigne l'inoculation de la vaccine, une maladie due à un virus proche de celui de la variole, qui infecte la vache. La première utilisation systématique de la vaccine est

due à Edward Jenner, en 1796 : ce médecin britannique avait remarqué que les vachères ayant contracté une maladie bénigne de la vache, qui se traduisait par quelques boutons, acquéraient une protection contre la variole. Il eut alors l'idée d'inoculer la vaccine pour rendre l'homme résistant à la variole. Il préleva le liquide vaccinal des pustules pour l'injecter à un sujet indemne de maladie, qui eut à son tour des pustules, dont le contenu fut ensuite injecté à d'autres personnes. La vaccine était transmise de bras à bras, cultivée sur le vivant. Ainsi, une maladie anodine, la vaccine, protégeait contre une maladie grave, la variole.

C'est Louis Pasteur qui choisit, en 1881, d'élargir le sens courant du terme «vaccine», en l'utilisant pour désigner tout procédé fondé sur des germes pathogènes atténués à des fins préventives. Après avoir montré que l'administration de micro-organismes pathogènes pour les animaux et pour l'homme peut protéger ces derniers, il formule un vaste projet d'atténuation des germes.

Aujourd'hui, la vaccination incarne les espoirs en la médecine moderne : l'objectif d'éradication des maladies infectieuses, formulé par Pasteur, de façon visionnaire, a été adopté par l'Organisation mondiale de la santé. Toutefois, les transformations permanentes du calendrier de vaccination et sa variabilité d'un pays à l'autre attestent du caractère évolutif de ce programme. L'histoire du «système vaccinal», surtout en France, illustre l'adhésion globale aux vaccins de la population générale et des médecins. Réfléchir sur l'histoire des sociétés et de leurs vaccins, c'est replacer l'adhésion quasi mystique à un système par un débat scientifique et politique. Dans chaque pays, la politique vaccinale s'efforce de concilier la volonté de l'État d'assurer l'ordre sanitaire, le progrès des

recherches scientifiques et la liberté de chacun : elle se situe aux confins de la raison d'état, de la raison scientifique et de la raison individuelle.

LA LUTTE CONTRE LA VARIOLE

Si Jenner et Pasteur sont les pères européens de la vaccination, des pratiques d'immunisation plus anciennes sont attestées dans plusieurs parties du monde. En Afrique, des voyageurs de la fin du ^{xix}^e siècle ont rapporté des pratiques anciennes de prévention des maladies. En Ouganda, au ^{xix}^e siècle, de jeunes enfants étaient exposés à la syphilis endémique, une forme de syphilis à transmission orale, pour les protéger, quand ils parvenaient à l'âge adulte, contre la syphilis vénérienne, plus dangereuse. Ce procédé rappelle la syphilisation expérimentée en France sous Napoléon III : le médecin français Auzias-Turenne avait proposé la syphilisation générale de la population par inoculation de chancres syphilitiques, en particulier aux enfants, pour les protéger à l'adolescence. L'idée fut abandonnée devant la preuve que la maladie ne conférait pas de véritable immunité (on peut avoir plusieurs fois la syphilis). Toutefois, de cet échec, Pasteur a retenu le concept d'une exposition programmée dès l'enfance à une maladie inévitable.

La variolisation demeure le prototype de la tradition préventive. Deux variantes sont attestées en Chine. Selon la plus ancienne, on introduit du broyat de pustules dans le nez des personnes «variolisées» : le patient «prise» de la poudre de variole. Dans le meilleur des cas, au prix de quelques boutons, il est effectivement protégé contre la maladie. Cette méthode convenait aux lettrés confucéens qui, en revanche, se défiaient d'une autre méthode signalée, plus tard, dans les

textes, l'inoculation ou introduction de pus de varioleux par une aiguille sous la peau.

C'est peut-être la première intervention officielle des femmes dans l'histoire de la médecine chinoise : exclues des filières d'enseignement, elles ont probablement exercé la médecine et surtout l'obstétrique sous les Ming (du XII^e au XVII^e siècle). Les vieilles femmes se mêlant de médecine sont des stéréotypes comiques de la littérature confucéenne : elles se déplacent seules et pénètrent hardiment dans les maisons ; elles brandissent volontiers une aiguille et, imitant les acupuncteurs, piquent au hasard des points du corps. Elles perçaient même les pustules des varioleux pour évacuer le pus et hâter la guérison. Ce faisant, elles ont pu charger leurs aiguilles de pus contaminant et, en piquant ultérieurement des sujets sains, provoquer une floraison de pustules, dont elles ont découvert empiriquement la vertu préventive. Ainsi serait née l'inoculation.

Tandis que la méthode par voie nasale est restée limitée à la Chine et aux pays sous influence chinoise, tels la Corée et le Japon, la deuxième méthode a fait le tour du monde. Elle s'est répandue dans l'empire ottoman, peut-être par la route de la soie et, en Europe, grâce à une aristocrate anglaise, Lady Mary Montagu, qui avait séjourné à Constantinople et qui, de retour à Londres, a milité en faveur de cette mesure originale de protection.

DU VIET-NÂM À L'ÉGYPTE

L'inoculation de la variole et celle de la vaccine ont parfois été pratiquées simultanément. Au royaume d'Annam, par exemple, l'empereur Minh-Mang, de la dynastie des Nguyen, entend parler de la vaccine ; il envoie son médecin personnel, le Français Despiau, à Macao, pour apprendre la technique. Despiau revient en bateau avec deux enfants orphelins à qui il a inoculé la vaccine, pour qu'ils servent de réservoir vivant. Dès son arrivée, en 1824, il vaccine les enfants de l'empereur. Or, peu de temps auparavant, sous l'effet des modes chinoises imposées par Gia-Long, le prédécesseur de Minh-Mang, l'inoculation de la variole avait été introduite au Viet-Nâm. Au début de la colonisation par la France, les deux pratiques s'y trouvent en compétition.

En Égypte, quand, au début du XIX^e siècle, le pacha Mohammed Ali s'émancipe de la tutelle ottomane et veut créer un état moderne, il envisage, dès 1806, d'introduire la vaccine. Après un premier échec, il embauche, en 1824, Antoine Clot, chirurgien de Marseille, pour créer une école de médecine et lancer un programme vaccinal. Il décrète même

la vaccination contre la variole obligatoire en 1837, longtemps avant la France, qui ne la votera qu'en 1902.

Il fallait être un pacha despotique pour espérer imposer du jour au lendemain une telle mesure à toute une population. Mohammed Ali s'appuie, à défaut de médecins, sur le réseau des barbiers-chirurgiens des campagnes et rend ses administrateurs personnellement responsables de la bonne marche des opérations. La population de son côté la perçoit comme une des multiples corvées qui s'abattent sur elle. La cicatrice vaccinale lui semble être un marquage policier, analogue au tatouage de l'ancre qui permet l'identification des déserteurs chez les marins. Le contexte est donc peu favorable pour un développement socialement harmonieux de la vaccine. Malgré les nombreuses punitions, la campagne vaccinale en Égypte ne pouvait avoir l'efficacité souhaitée.

Dans le reste du monde, se joue une partie tout aussi difficile. En Angleterre,

au pays de Jenner, la loi instaurant l'obligation de la vaccination contre la variole et un système d'amendes et d'emprisonnement en cas de désobéissance ont déclenché des manifestations si violentes et si durement réprimées que la loi finit par être abrogée au milieu du XIX^e siècle.

LES RÉSISTANCES

La résistance à la vaccination est, en fait, résistance à l'administration et à l'État. Elle s'exacerbe encore quand l'autorité est étrangère. Dans les colonies françaises, certains hygiénistes pensaient que, dans ces terrains « vierges », ils auraient la tâche facile. En fait, en Algérie par exemple, où la vaccine est introduite de façon énergique et précoce, les populations manifestent une opposition immédiate. Les médecins coloniaux hésitent entre persuasion et contrainte. Certains préconisent de laisser le choix aux villageois de se faire vacciner ou non : quand une épidémie surviendra, elle décimera les non-vaccinés, ce qui



En Chine, pour lutter contre la variole, on introduisait dans le nez des personnes à protéger du broyat de pustules de varioleux. La méthode avait une efficacité aléatoire.

devrait convaincre les survivants de l'intérêt de la vaccination...

En Algérie, on pratiquait, de longue date, une variolisation populaire, entre le pouce et l'index, et non au bras comme à Constantinople. Les médecins utilisaient plusieurs arguments. Religieux : on a le droit de lutter contre la maladie, car le Prophète a dit qu'à toute maladie, il y a un remède. Politique : la vaccine, transmise de bras à bras, d'une personne à l'autre, est l'image du mélange des sangs, symbole d'un métissage des corps et des cultures. Mais, dès 1853, la répugnance des Arabes à recevoir un liquide dont ils ne comprennent pas la nature, «la goutte de

sang du roumi ou de l'infidèle» est reconnue officiellement.

Plus qu'une résistance au progrès, la résistance populaire est une résistance à la contrainte, voire à la brutalité avec laquelle sont parfois menées les campagnes. Les indigènes opposent la «variole de Dieu», qui désigne une variole légère envoyée par le Ciel pour protéger les enfants, et la «vaccine du gouvernement», assimilable aux impôts, à la conscription, ou à toute autre tracasserie administrative. En Algérie, la résistance prend naissance dans une culture de tribus jalouses de leur liberté. Les villageois, quant à eux, expriment leurs doutes sur l'origine du zèle administratif. Ils comprennent mal

que l'administration soit si soucieuse de leur santé, alors qu'en hiver, elle prélève de lourds impôts et fait régner la famine.

DE LA RÉSISTANCE À LA RÉVOLTE

Autre épisode de résistance populaire, celui que les Brésiliens appellent la Guerre du vaccin, *Revolta da vacina*. En 1904, la loi décrétant l'obligation de la vaccine suscite une révolte à Rio de Janeiro. De jeunes élèves de l'École polytechnique font le coup de poing sur les barricades, au nom de la liberté et des Droits de l'homme, au côté des miséreux qui, pour se battre, utilisent la *capoeira*, le sport de combat des anciens esclaves. On dénombre une vingtaine de morts, plusieurs centaines de blessés, et plus d'un millier de prisonniers. Expédiés dans l'île du Cobra, les prisonniers meurent rapidement des fièvres locales.

À l'évidence, la résistance populaire est alors résistance aux transformations urbaines menées rondement, et qui menacent les petits métiers des anciens quartiers. Cette résistance révèle aussi la préférence donnée par le peuple brésilien à certains rituels contre la variole, incluant des danses en l'honneur de fétiches, proches de ceux du Dahomey, d'où vient la majorité des esclaves de la région. La résistance à la vaccination est aussi parfois tout simplement réaction devant l'inefficacité ou le danger du produit. Loin d'être un refus de la modernité, il s'agit alors de la réaction à une expérience négative.

Le recours à la vache comme source de vaccin a permis d'abandonner la méthode de bras à bras, qui présentait l'inconvénient de transmettre d'autres infections, telle la syphilis. De surcroît, les familles étaient hostiles à l'exploitation de leurs enfants comme réservoir de vaccin : la «traite» de leurs pustules ne risquait-elle pas de les affaiblir ? Les enfants des «croisières de la vaccine», qui partirent d'Espagne vers le Nouveau Monde, étaient, le plus souvent, des orphelins.

Plus tard, l'utilisation de la vache comme réservoir de vaccine suscita une nouvelle crainte : celle de l'animalisation. Des caricaturistes représentaient les vaccinés avec des cornes sur la tête, exprimant les fantasmes liés à la transgression de la barrière d'espèce.

La vaccination contre la variole exploite un virus naturellement bénin. Ce n'est pas le cas dans la plupart des autres maladies infectieuses, où l'agent pathogène doit être atténué avant d'être administré. Le choix entre vaccin vivant et vaccin tué divisa la communauté médicale. Lorsqu'entre 1908 et 1921, le



La résistance face aux campagnes vaccinales s'est manifestée très tôt et parfois de façon violente. Dans les pays colonisés, par exemple au Maroc, on considérait la vaccination comme une contrainte administrative, au même titre que le prélèvement des impôts.



Dans certains pays, notamment en Angleterre, on craignait que l'injection de la vaccine ne transforme l'homme en animal.

pastorien Albert Calmette prépare le BCG à partir d'une souche de bacille bovin tuberculeux, atténuée par plus de 200 «repiquages» en milieu artificiel, il parie sur l'immunisation au moyen de bacilles vivants atténués, mais ses adversaires redoutent que les vaccinés ne deviennent, à leur tour, des réservoirs de germes, les micro-organismes atténués risquant de retrouver leur virulence dans l'organisme humain.

En 1928, plus de 70 enfants meurent, à Lübeck, après avoir été vaccinés par le BCG. Au procès qui suit ces décès, les juges concluent à une «erreur» : les enfants auraient reçu des bacilles tuberculeux au lieu de souches atténuées. Ce verdict semblait éliminer l'hypothèse d'un retour spontané des souches de BCG à la virulence.

Quand l'État de Lübeck avait promulgué la vaccination contre la tuberculose, la bourgeoisie ne s'était guère pressée d'obtempérer. Pour amorcer le mouvement, et sans dire qu'il s'agissait d'un vaccin, les médecins avaient proposé un petit pécule pour motiver les parents : les enfants morts de Lübeck étaient des pauvres. Depuis, les pays anglo-saxons et surtout les États-Unis sont restés méfiants à l'égard du BCG, pour des raisons où se mêlent le désir de chaque nation de faire ses propres choix scientifiques, la défiance face aux statistiques et aux réactions de l'organisme soumis au BCG, et le rêve d'une utopie sociale qui, à elle seule, viendrait à bout de la tuberculose.

L'histoire sociale de la vaccination a comporté une vaste expérimentation humaine. Elle a eu ses héros comme Joseph Meister, vacciné par Pasteur contre la rage en 1885, un enfant venu d'Alsace sous domination allemande, et adopté comme héros national. Le mythe national français a été transposé dans d'autres pays, par exemple au Mexique. En 1887, le président Porfirio Diaz, positiviste convaincu, envoie son médecin personnel, Eduardo Liceaga, au laboratoire de Pasteur. Liceaga rapporte à Mexico des lapins inoculés par la rage. Après quelques expériences, a lieu la grande première, la vaccination contre la rage de l'homologue de Joseph Meister, le jeune berger Isidoro Delgadillo. Un grand tableau immortalise la scène, illustrant la naissance du Mexique moderne.

Mais, à côté de ces héros nationaux, combien d'anonymes ! En 1903, l'Institut Pasteur envoie une mission à Rio de Janeiro pour en finir avec la fièvre jaune. À l'arrivée, Émile Roux qui guide l'expédition déplore que le gouvernement brésilien ne permette pas les expérimentations humaines. Après



Le berger Isidoro Delgadillo est le premier enfant mexicain vacciné contre la rage. Il devient un héros national. Eduardo Liceaga, le médecin qui l'a vacciné, avait appris la méthode à Paris, auprès de Pasteur.

négociation, le gouvernement donne l'autorisation attendue. Ces «hommes de bonne volonté», que souhaitait Roux, sont des immigrants fraîchement débarqués, très vulnérables à la fièvre jaune et... rémunérés. Parmi les Européens venus chercher fortune, se trouvent un Portugais, un Allemand et un Italien. Ils débarquent à Rio ; une semaine plus tard, ils sont au laboratoire ; huit jours après, ils sont morts. Le «vaccin» administré, un sérum de jaunes atténué par chauffage, leur a peut-être transmis le microbe invisible de la fièvre jaune.

SCIENCE ET CROYANCE

La vaccinologie puise aux connaissances et aux méthodes les plus fraîchement conçues. En même temps, elle fait appel à des formes sociales ancestrales, à la solidarité devant le danger, à la fusion des destins individuels face à une menace commune. Pourtant, malgré le progrès des connaissances, il subsiste bien des inconnues dans les mécanismes de constitution de l'immunité de l'individu et du groupe. Après des siècles de variolisation, après avoir célébré le deuxième centenaire de la vaccination jennérienne, force nous est de reconnaître les inconnues scientifiques sous-jacentes à une mesure qui a, de façon récurrente, emprunté la rigueur de la loi.

Il existe enfin, au-delà des raisons scientifiques qui entrent dans l'acceptation d'un vaccin, un supplément de croyance. Cette participation émotionnelle explique les réactions du public qui oscille parfois entre un attachement fanatique et un rejet radical, et les réactions des médecins eux-mêmes. Quand le

pouvoir politique prononce un moratoire, comme dans le cas du vaccin contre l'hépatite, la croyance bascule. Si un vaccin se révèle dangereux ou inefficace, tout l'édifice de la vaccination est remis en question. Une enquête sociologique, faite il y a 20 ans, a montré les conséquences inattendues de l'abandon du vaccin antivariolique : au lieu de mesurer le succès que représentait l'éradication de cette maladie mortelle, une proportion notable de la population a commencé à douter de la nécessité de continuer à pratiquer les autres vaccinations.

La vaccinologie doit s'inquiéter des «lois de l'acceptabilité», c'est-à-dire des conditions du dialogue entre sociétés et gouvernements, d'une part, entre sociétés et scientifiques, d'autre part. Dans la notion d'acceptabilité vaccinale entrent toutes sortes de composantes, au nom desquelles une société décide qu'une vaccination est impérative, vivement recommandée, souhaitable ou superflue. La vaccination, qui tire son efficacité de l'implication de la collectivité et de la constitution d'une immunité de groupe, illustre le conflit toujours latent entre les intérêts de l'individu et ceux de la société. Elle prend l'individu en tenaille entre sa revendication d'autonomie et le respect d'autrui. Elle illustre la tension persistante entre le droit à la santé et le devoir de protéger la collectivité, entre ce que Michel Foucault appelait «le souci de soi» et «la gouvernementalité de la vie».

Anne Marie MOULIN, médecin et historienne des sciences (CNRS), dirige le département Sociétés et Santé à l'Institut de recherche pour le développement, l'IRD.



Les œufs de 100 ans

HERVÉ THIS

Expériences avec des acides et des bases.

Pour préserver les œufs, on les plaçait jadis dans le sable, la sciure, ou la cire, par exemple. Certains peuples d'Orient ont même mis au point des recettes qui tiraient avantage du vieillissement au lieu d'en pallier les effets : les œufs en conserve, également nommés «œufs centenaires» ou «œufs vieux de 1 000 ans», symbolisent les liens avec le passé, ainsi que la longévité. Que valent ces recettes, au point de vue chimique ? Quelques expériences révèlent le comportement inattendu des œufs en milieu acide ou basique.

L'art chinois de conserver les œufs se perd dans la nuit des temps. Initialement on immergeait les œufs dans des sucres extraits d'un arbre local. Puis on découvrit qu'en plaçant les œufs dans un mélange de cendres et de terre, au frais et à l'obscurité, on obtenait le même résultat culinaire, mais en seulement 10 à 12 semaines.

Pourquoi ces pratiques ? Peut-on en imaginer d'autres ? Notons d'abord que la recette des œufs de 100 ans varie selon les régions de Chine. Certains les préparent plutôt en plaçant des œufs de cane dans un emplâtre qui contient des ingrédients variés : chaux, salpêtre, bicarbonate de sodium, boue, herbes odorantes, thé, paille de riz... On laisse reposer au moins trois mois, et l'on dit que la saveur se bonifie progressivement.

Il est étonnant que certains de ces ingrédients soient également utilisés dans des régions françaises : même des civilisations récentes comme la nôtre font usage de la chaux ou des cendres, lesquelles contiennent de la potasse. Ainsi les recettes de conservation forment deux classes : celles qui abritent seulement les œufs, et celles qui les mettent au contact d'un composé basique. Quel est l'effet des bases ? Et celui des acides ? Après tout, une recette française conseille aussi de placer des œufs de caille dans du vinaigre.

Expérimentons en plaçant un œuf entier, dans sa coquille, dans un grand récipient transparent. Quand on recouvre de vinaigre d'alcool blanc, des bulles se dégagent bientôt : l'acide acétique du

vinaigre attaque-t-il le carbonate de calcium ? Une bougie allumée, dans le récipient, finit par s'éteindre : c'est l'indication que l'acide dégage du dioxyde de carbone, qui, plus dense que l'air, s'accumule dans le récipient, chassant l'air (on peut faire plus technique en recueillant le gaz dans de l'eau de chaux, qui se trouble). Puis, après une demi-journée environ, une mince peau rouge se détache. Voilà pourquoi les œufs ont une coquille rosée : le blanc du carbonate et le rouge de cette peau font la couleur finale.

Continuons d'observer : après une ou deux journées de lent dégagement gazeux, l'œuf semble grossir. Est-ce seulement une impression ? La suite des événements montrera que le grossissement est réel : le volume final peut être plus du double du volume initial (voir la photographie ci-dessus). La coquille, elle, a été complètement dissoute, mais le contenu de l'œuf n'est pas répandu dans le vinaigre, car l'acidité coagule le blanc : des expériences avec plusieurs œufs qu'on sacrifie à des temps différents montrent que cette coagulation, d'abord limitée à une mince couche externe, concerne une épaisseur de blanc croissante, et s'étend même jusqu'au jaune. À la réflexion, l'effet n'est pas complètement imprévisible, car on le retrouve quand on verse du vinaigre sur du blanc d'œuf, dans un bol : la couche superficielle du blanc coagule notamment parce que les ions H^+ apportés par l'acide évitent l'ionisation des groupes acides des protéines, tandis qu'ils provoquent l'ionisation des groupes basiques, qui se chargent ainsi positivement (les bases ont l'effet inverse) ; les répulsions électriques entre les groupes chargés des protéines déplient alors ces dernières, qui se lient par des forces nommées pont disulfure, entre des atomes de soufre. Le réseau de protéines ainsi formé piège l'eau : c'est cela la coagulation.

Si la dissolution de la coquille et la coagulation du blanc s'expliquent simplement, pourquoi la dilatation ? Le phénomène d'osmose serait-il à l'origine du gonflement ? Les molécules d'eau

tendent à passer des zones où elles sont le plus concentrées, vers les zones où elles le sont moins. Or, si la concentration en eau est voisine de 95 pour cent dans le vinaigre, elle n'atteint que 90 pour cent dans le blanc d'œuf. De surcroît, alors que l'acide acétique migre vers l'intérieur du blanc (on le vérifie en mesurant l'acidité du blanc d'un œuf qui a attendu pendant plusieurs semaines, dans le vinaigre), les protéines qui sont dissoutes dans l'eau des blancs sont des molécules trop grosses pour traverser la membrane coagulée. Au total, c'est l'eau du vinaigre qui entre pour réduire la concentration en eau.

Pour corroborer cette hypothèse, il suffit de laisser des œufs dans une solution d'acide acétique à une concentration supérieure à dix pour cent : le même phénomène de dissolution de coquille a lieu, mais, cette fois, l'œuf est finalement d'une taille médiocre, parce que l'osmose est réduite. Et, puisque nous y sommes à acidifier des œufs, que donnerait un œuf dans une solution concentrée d'acide chlorhydrique ? On obtient finalement le même petit œuf qu'avec une solution d'acide acétique, mais la coagulation est bien plus rapide et nette.

Je vous invite à faire les expériences : bien d'autres surprises attendent celui qui sait observer. Par exemple, quand la coquille est dissoute et que le blanc est encore translucide, on voit le jaune flotter dans le blanc.

Et les bases ? Un blanc d'œuf additionné de soude caustique a commencé par coaguler, alors qu'une réaction chimique engendrait un gaz sulfuré, nauséabond. Puis l'œuf est redevenu clair. Manifestement la soude a dissocié les protéines, après avoir provoqué leur précipitation. Dans la cendre ou dans la chaux, à des pH inférieurs, attendons... 100 ans.

Prochain rendez-vous France Info et Pour la Science le 30 octobre 1999, avec la chronique Info Sciences de Marie-Odile Monchicourt.