



Unabomber

ANNE EISENBERG

Il a combattu la technique, mais c'est grâce à l'Internet que ses idées continueront peut-être à être véhiculées.

« C'est un bien triste jour », déclarait, le 22 janvier 1998, un des adeptes de Theodore Kaczynski : ce dernier, qui avait naguère pris le pseudonyme d'Unabomber, venait d'accepter de plaider coupable pour avoir envoyé des bombes, qui ont tué trois personnes et blessé plusieurs autres. L'activiste avait envoyé par la poste des bombes qui explosaient quand le destinataire ouvrait le paquet. En 1980, le président de la Compagnie *United Airlines* fut blessé chez lui, à Chicago ; en 1982, un professeur fut blessé à l'Université de Berkeley ; en 1993, un généticien de l'Université de San Francisco reçut un colis piégé chez lui, etc. Pourtant, ses partisans regrettaient cette décision qui les empêcheraient d'assister à un procès où T. Kaczynski aurait présenté ses arguments, où il aurait attaqué la science et les scientifiques, la technique et les technocrates.

De nombreux Américains étaient également de cet avis, car, sur le réseau Internet, les idées politiques de T. Kaczynski ont reçu un écho favorable. Il fait circuler un manifeste de 35 000 mots, intitulé *La société industrielle et son avenir*, où il appelait à une révolution contre le système industriel, affirmant qu'il était un désastre pour la race humaine. Les écrits d'Unabomber suscitaient de l'intérêt et des discussions passionnées, surtout parmi les anarchistes, les adversaires de la technique, les écologistes les plus radicaux et tous ceux pour qui le temps des idées anti-industrielles est arrivé.

D'autres trouvèrent les idées de T. Kaczynski sinon intéressantes, du moins cohérentes. Selon James Wilson, professeur de sciences politiques de l'Université de Los Angeles, rien dans le manifeste ne laisse transparaître les propos d'un fou. Le langage y est clair et précis : les arguments sont développés avec prudence, dénués de propos irrationnels. Outre ses appels à une révolution (mal définie), son texte ressemble à la dissertation qu'un très bon élève aurait pu rédiger. Selon J. Wilson, il n'est pas fou, car son texte n'est pas très éloigné de ceux des philosophes qui se sont inté-

ressés à la politique, tels Jean-Jacques Rousseau ou Karl Marx.

Toutefois, cette opinion n'est pas partagée par tous, et différents commentateurs ont souvent qualifié les écrits de T. Kaczynski d'élucubrations et de divagations incohérentes et décousues. Ces qualificatifs ont progressivement étayé la thèse de la folie.



Theodore Kaczynski, à Berkeley, en 1968.

D'autres poseurs de bombes, notamment Ramzi Yousef et Timothy McVeigh, n'ont pas été qualifiés de fous. Quand R. Yousef a été condamné à la prison à vie pour avoir conçu l'attentat contre le *World Trade Center*, il déclara qu'il était fier de ce qu'il avait fait, et personne ne le prit pour un fou. Diabolique, oui, mais pas fou. On n'a pas dit non plus de T. Kaczynski qu'il avait été influencé, comme T. McVeigh responsable de l'attentat d'Oklahoma City.

L'étiquette qui fut collée à T. Kaczynski résulte sans doute d'une idée que le public se fait plus ou moins consciemment des scientifiques : sales, les yeux hébétés, ébouriffés, une caricature du savant fou. T. Kaczynski est un scientifique déchu, façonné par la technique, mais se battant contre elle. Dans son manifeste, il écrivait : la science est aveugle et ne se

préoccupe pas du bonheur de l'homme ; elle n'obéit qu'aux aspirations des scientifiques et des politiciens, et aux instances qui fournissent l'argent de la recherche.

Quand T. Kaczynski, ancien étudiant d'Harvard des années 1960 et ancien mathématicien, se présenta dans la salle du prétoire, il apparut comme une réminiscence importune, aussi anachronique que ces soldats japonais qui, après la Seconde Guerre mondiale, ont préféré se terroriser à se rendre. On avait l'impression qu'il continuait à défendre des idées surannées, celles qui, dans les années 1960, étaient véhiculées par les adversaires du système politique en place.

Le manifeste d'Unabomber prônait la violence, ce qui, 30 ans plus tôt, serait peut-être passé inaperçu, mais qui pouvait être choquant aujourd'hui : « Pour que notre message ait quelque chance d'être entendu du public, nous devons faire des victimes. » Bien que la génération des années 1960 fut en faveur de la paix, certains pacifistes considéraient la violence comme un acte politique parfois inévitable. L'Internet, qui favorise les discussions planétaires, ressuscite l'époque troublée des années 1960 où circulaient des dizaines de manifestes âprement débattus et, parfois, sources de violences.

Les débats politiques ne sont plus guère en vogue aujourd'hui. La vie privée et les actions en bourse semblent être les seules préoccupations de nos contemporains. Les discussions politiques ne font plus recette et les manifestes politiques à la manière de celui de T. Kaczynski ont quasiment disparu.

La campagne violente d'Unabomber contre la technique et les technocrates est terminée. Le jugement de l'affaire devrait être rendu le 15 mai. Il sera vraisemblablement condamné à la prison à vie, sans libération anticipée possible. Peut-être survivra-t-il sur l'Internet où les fantômes de ses protestations continueront à être véhiculés par cette technique de pointe qu'il a si violemment combattue.

Anne EISENBERG est journaliste scientifique à New York.



Une fraude en embryologie

MICHAEL RICHARDSON

Pour «prouver» que les embryons précoces de toutes les espèces de vertébrés se ressemblent, Haeckel a falsifié ses dessins.

Les espèces différent-elles parce que leurs modes de développement embryonnaire ne sont pas identiques ? Au XIX^e siècle, pour tenter de répondre à cette question, les embryologistes comparaient l'aspect des embryons de vertébrés au même stade de développement. Puis, cette facette de l'embryologie, dite comparée, est tombée dans l'oubli. Aujourd'hui, la question resurgit, car les biologistes moléculaires ont montré que le développement embryonnaire de nombreuses espèces est commandé par les mêmes gènes. Jonathan Slack et ses collègues de l'Université de Bath ont émis l'hypothèse que la similitude des gènes du développement justifierait les conceptions des biologistes de la fin du XIX^e siècle sur l'embryogenèse et l'évolution : ils pensaient que l'embryogenèse est un condensé de l'évolution, que tous les embryons passent par un stade précoce identique, le stade phylotypique, sur lequel l'évolution n'aurait aucune prise, et que les différences interspécifiques apparaissent ultérieurement.

Toutefois, à y regarder de plus près, on s'aperçoit que le stade phylotypique – un concept qui semble pourtant évident aux biologistes – ne correspond pas à un stade du développement bien précis, et l'on s'interroge : le stade phylotypique existe-t-il ? En fait, cette notion est issue des travaux que le biologiste allemand Ernst Haeckel a réalisés à la fin du XIX^e siècle et au début du XX^e. Hélas, il a modifié la réalité pour l'adapter à sa thèse et a falsifié ses dessins pour tenter de prouver que tous les

embryons précoces se ressemblent au stade phylotypique.

De son vivant, Haeckel fut aussi célèbre que Charles Darwin. Il tenta d'unifier embryologie et évolution en une théorie audacieuse sur l'origine de la vie, selon laquelle, les animaux évolueraient quand apparaissent de nouveaux stades du développement embryonnaire, qui s'ajouteraient aux stades de développement de l'ancêtre commun. Puis, cette théorie a été abandonnée, ternissant la gloire passée de son auteur.

Haeckel aimait dessiner et, au cours d'un voyage en Sicile, il y trouva la lumière si délicate qu'il fut même tenté d'abandonner la science pour se consacrer à la peinture. Ses illustrations étaient souvent de qualité, notamment lorsqu'il dessinait des méduses et autres animaux marins. Ses dessins d'embryons sont parmi les plus connus de l'embryologie et ils illustrent, aujourd'hui encore, certains ouvrages de biologie moléculaire, de biologie du développement et de biologie de l'évolution. Il les

a lui-même publiés dans plusieurs livres, les complétant progressivement, ajoutant de nouvelles espèces ou de nouvelles étapes de développement. Pourquoi ces dessins ont-ils eu tant d'influence sur les biologistes ? Comment a-t-on découvert qu'ils sont faux ?

L'EMBRYOLOGIE AU XIX^e SIÈCLE

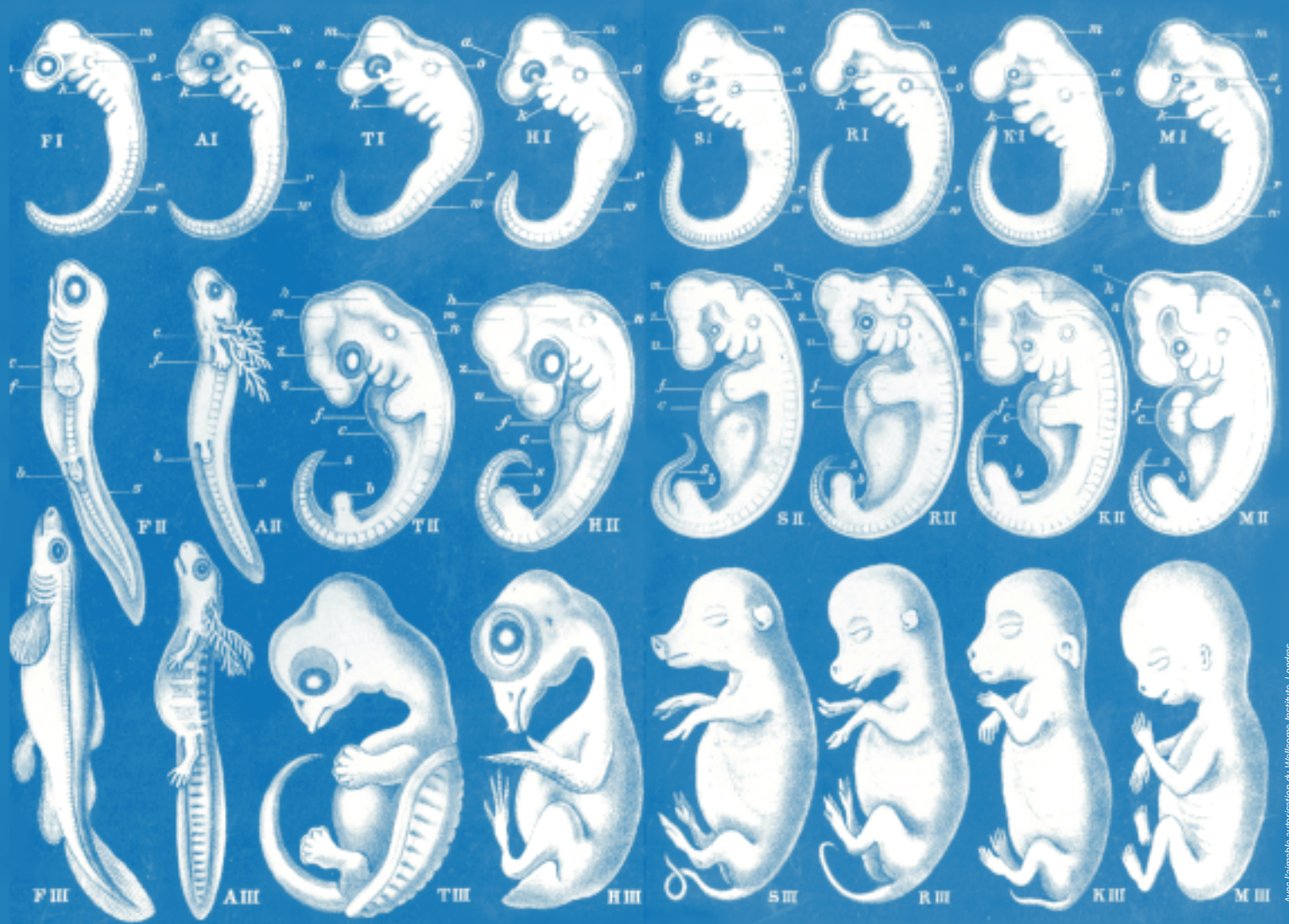
Charles Darwin considérait que l'embryologie apportait plusieurs preuves à sa théorie de l'évolution. En 1828, l'embryologiste Karl von Baer montra combien les embryons des différentes espèces de vertébrés se ressemblent. Au XIX^e siècle, cette idée était l'une des plus choquantes de la théorie de l'évolution, car elle ramenait l'homme au rang de l'animal, le considérant comme un mammifère parmi les autres. Pourtant, il est écrit dans la Bible que Dieu créa l'homme à son image.

Comment les évolutionnistes pouvaient-ils alors prétendre que l'homme et le singe partageaient un ancêtre commun ? Pour valider la théorie



J.-L. Charnet

1. Les méduses dessinées par Ernst Haeckel ont fait sa renommée.



Avec l'aimable autorisation du Wellcome Institute, Londres

2. Les dessins d'embryons d'Haeckel ont longtemps servi de références dans les ouvrages de biologie et d'embryologie. Ils montrent plusieurs espèces à un stade de développement embryonnaire précoce (en haut), puis à deux stades ultérieurs (au milieu et en bas). Haeckel voulait mon-

trer (et pour ce faire a falsifié la première ligne) que toutes les espèces passent par le même stade embryonnaire précoce. Il a représenté une espèce par colonne : de gauche à droite, le poisson, la salamandre, la tortue, le poulet, le porc, la vache, le lapin, l'homme.

de l'évolution, Haeckel fonda toute son argumentation sur l'embryogenèse... n'hésitant pas à forcer le trait, pour illustrer ses convictions.

Dans son ouvrage, publié en 1874, *Anthropogénie ou L'évolution de l'homme*, Haeckel utilise l'anatomie, l'anthropologie, la paléontologie et, surtout, l'embryologie pour étayer sa théorie de l'évolution. L'ouvrage est illustré de plusieurs dessins d'embryons réalisés par un artiste d'après les instructions d'Haeckel (voir la figure 2). Ils représentent huit animaux à trois stades de leur développement embryonnaire. Chaque espèce occupe une colonne et les lignes correspondent à des stades de développement identiques (en haut le jeune embryon au stade phylotypique, au milieu l'embryon plus âgé, et en bas le fœtus ou même le jeune, après la naissance).

Le message d'Haeckel était clair : les hommes et les animaux se développent à partir d'embryons quasi iden-

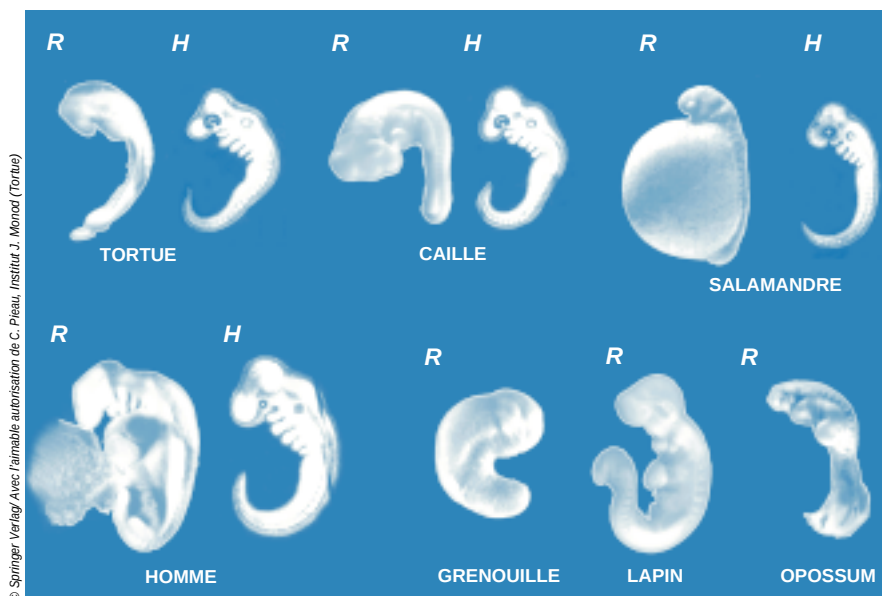
tiques, donc ils ont la même histoire évolutive. Aujourd'hui, cette thèse est contestée. Les embryologistes ne considèrent plus que les dessins d'Haeckel donnent des informations sur l'évolution des espèces, tout au plus montrent-ils que les embryons précoces d'humains et d'animaux se ressemblent beaucoup, et que les traits spécifiques des différentes espèces s'accroissent avec le développement.

LE RÉEXAMEN DES EMBRYONS

Ainsi, l'embryon de poisson ressemble de plus en plus à un poisson quand ses nageoires et ses branchies apparaissent. Cette différenciation progressive de l'aspect des différentes espèces se nomme divergence. Toutefois les dessins d'Haeckel véhiculent un message encore bien plus controversé : les embryons précoces n'ont pas évolué.

L'hypothèse du stade embryonnaire conservatif d'Haeckel est tout à fait compatible avec le conservatisme génétique du développement, aujourd'hui établi. Les gènes nommés *homeobox* sont des gènes essentiels du développement : en activant ou en inhibant d'autres gènes, ils agissent comme des interrupteurs du développement. Les gènes *homeobox* de la drosophile sont très proches de ceux des vers, de la souris, du poisson et de l'homme, etc.

Néanmoins, les embryons que nous présente Haeckel se ressemblent-ils à ce point ? N'y a-t-il vraiment pas de différences entre un embryon de poisson et un embryon humain ? Pour le savoir, nous avons récemment comparé les dessins d'Haeckel avec des embryons réels. Nous avons examiné les embryons de nombreux vertébrés, notamment de poissons, de reptiles, d'oiseaux et de mammifères. Nous avons sélectionné des embryons qui étaient au même stade



© Springer Verlag Avec l'aimable autorisation de C. Pieau, Institut J. Monod (Toruë)

3. Des embryons précoces d'espèces différentes ont été photographiés au même stade de développement. On a placé ces embryons «réels» (R) à côté des dessins correspondants d'Haeckel (H). Les embryons réels sont notablement plus variés que n'avait voulu le faire croire Haeckel : ils n'ont ni la même taille ni la même forme.

de développement que les embryons les plus précoces d'Haeckel. Nous avons découvert avec stupéfaction que la nature n'imité pas l'art, et que les embryons, présumés identiques, diffèrent.

D'abord, les embryons à un stade identique de développement n'ont pas la même taille. Ce résultat contredit les données fournies par certains livres de référence encore en usage, où les embryons de vertébrés ont la même taille au même stade de développement. Or, dans notre étude, le plus petit de nos embryons (un poisson) mesurait moins d'un millimètre, tandis qu'au même stade d'autres embryons sont dix fois plus gros. Ainsi, la taille des embryons est une cible de la sélection naturelle. De surcroît, nous avons observé une variété étonnante de la forme de ces embryons (voir la figure 3).

En 1995, j'ai montré que les organes se développent à des moments différents selon les espèces. Ainsi, chez les embryons marsupiaux, les membres antérieurs apparaissent bien plus tôt que chez les mammifères placentaires, la souris par exemple. Les marsupiaux ont besoin très tôt de leurs membres antérieurs, car le nouveau-né doit se frayer un chemin jusqu'à la poche d'incubation de sa mère. À cause de ces membres antérieurs précoces, les marsupiaux n'ont pas le même aspect que les autres embryons de vertébrés.

Ainsi, au cours de l'évolution, la chronologie des événements du développement embryonnaire a changé. Les poissons-zèbres illustrent ce propos : la plupart des embryons de vertébrés ont des fentes branchiales sur les côtés du

cou. Chez le poisson zèbre, ces fentes apparaissent tardivement ; le cœur aussi apparaît plus tard que chez les animaux à sang chaud.

Haeckel a donné une vision fautive du développement embryonnaire, mais sa supercherie va plus loin. Les dessins d'Haeckel contiennent tant d'erreurs qu'il ne s'est certainement pas contenté de reproduire de vrais embryons. Par exemple, tous les embryons qu'il a dessinés sur la ligne supérieure de la planche reproduite sur la figure 2 sont dépourvus de membres et de nageoires, tandis que ces structures sont bel et bien présentes sur les embryons au stade dessiné. Les embryons précoces ne sont pas les seuls erronés : le poisson le plus âgé a quatre branchies, au lieu de cinq en réalité, il a le museau d'un mammifère et surtout, il a les nageoires d'un poisson d'une autre espèce. C'est un poisson-puzzle dont les pièces proviennent d'espèces différentes.

LA RECONSTRUCTION DES CHAÎNONS MANQUANTS

Nos travaux ont montré que les dessins d'Haeckel n'étaient ni précis ni corrects. Nous ne sommes pas les premiers à porter un jugement critique sur le travail d'Haeckel : il fut attaqué par plusieurs embryologistes qui mirent en doute sa démarche scientifique. Les condamnations vinrent aussi des créationnistes, qui accusaient les représentations d'Haeckel d'être incompatibles avec la création divine. Accusé d'avoir falsifié ses dessins, Haeckel se défen-

dit dans plusieurs journaux : «Un petit nombre (six à huit pour cent) de mes dessins d'embryons sont des faux, [...], c'est-à-dire ceux pour lesquels le matériel disponible est si incomplet et si insuffisant que j'ai été contraint de compléter et de reconstruire les chaînons manquants...»

Une telle confiance jette quelque doute sur l'ensemble des dessins : lesquels correspondent à la réalité ? Lesquels sont invention ? Pourquoi les dessins d'Haeckel ont-ils continué à être reproduits dans de nombreux ouvrages de référence en embryologie, publiés au xx^e siècle ? Parce que de moins en moins de biologistes parlent allemand, que les rares germanophones n'ont pas lu les confessions d'Haeckel, et que l'embryologie comparative a été progressivement négligée au profit de l'embryologie expérimentale et de la génétique.

Quels enseignements peut-on tirer de cette mésaventure ? Tout d'abord que toutes les espèces n'ont pas le même développement embryonnaire. Certes, tous les vertébrés ont hérité, de leur ancêtre commun, le même scénario de développement embryonnaire, mais ce scénario a évolué. Les embryons identiques d'Haeckel n'ont existé que dans les livres, et personne n'observera jamais ces archétypes qui représentent tous les embryons de vertébrés en général, mais aucune espèce en particulier.

Notre étude a révélé une variété notable des embryons précoces, et nous pensons que tous les mécanismes du développement embryonnaire ne sont pas nécessairement identiques pour toutes les espèces : contrairement à ce que pensait Haeckel, la sélection ne semble pas avoir eu pour seules cibles les animaux adultes ; les mécanismes évolutifs agissent aussi sur les embryons.

Michael RICHARDSON est professeur d'anatomie et de biologie du développement à la faculté de Médecine de l'Hôpital Saint-George, à Londres.

L. SZYFMAN, *Les prétendues falsifications d'Ernst Haeckel et son triomphe sur ses diffamateurs*, in *Bull. Biol.*, vol. 113, pp. 375-406, 1979.

M. RICHARDSON, *Heterochrony and the Phylotypic Period*, in *Dev. Biol.*, vol. 172, pp. 412-421, 1995.

E. PENNISI, *Haeckel's Embryos : Fraud Rediscovered*, in *Science*, vol. 277, pp. 1435, 1997.

M. RICHARDSON et al., *There is no Highly Conserved Embryonic Stage in the Vertebrates : Implications for Current Theories of Evolution and Development*, in *Anat. Embryol.*, vol. 196, pp. 91-106, 1997.



J.-J. Charnet

La recette et le principe

HERVÉ THIS

L'invention de nouvelles recettes.

Nous cuisinons comme au Moyen Âge : nous nous contentons d'exécuter mécaniquement des recettes rebattues. À l'heure où l'humanité envoie des sondes sur Mars ! Nous verrons, à propos des cuissons, comment la réflexion et la rationalité engendrent la créativité.

Certaines cuissons sont « pures » : elles ne font appel qu'à un seul phénomène physique. Les plus anciennes sont celles où la chaleur est apportée par conduction ; seul change le fluide qui transporte la chaleur.

Le premier type est la mise en contact des pièces à cuire avec un solide chaud : sur des pierres chauffées dans la braise, sur une plaque de fonte chauffées par un feu quelconque, dans une croûte de sel, dans un moule chauffé par un feu ou dans un four (cuisson des crêpes, des flans, etc.).

La chaleur, d'autre part, peut être apportée par un liquide chaud. Si ce liquide est de l'eau bouillante, la cuisson donne un « bouilli » ; si c'est de l'eau ou une sauce frémissantes, on obtient les pochages, les fricassées, les blanquettes, les matelotes, les salpicons. Et si le liquide chauffant est un corps gras, la cuisson est une friture, un poêlage ou un sauté.

On peut aussi chauffer par l'intermédiaire d'air. S'il est sec, à une température supérieure à 100 °C, c'est le rôtissage au four ; s'il est sec et à moins de 100 °C, c'est le séchage ou le fumage ; par l'in-

termédiaire d'air humide, c'est l'étuvage, la cuisson à la vapeur, la cuisson en papillotes, la cuisson en croûte.

La cuisine classique française sait également apporter la chaleur sans contact, par des rayonnements infrarouges : c'est le rôtissage à l'ancienne (dans le vrai rôtissage, le rôti doit être placé devant le foyer, et non au-dessus). Un laser et, plus généralement, des ondes visibles de haute énergie pourraient être utilisées pour effectuer la même opération, mais l'effet serait analogue.

Notons enfin que la science a récemment (à l'aune de l'histoire de la cuisine) innové avec la cuisson aux micro-ondes : cette fois, la chaleur est directement transférée dans l'aliment. Et, pour terminer, certains peuples utilisent un acide pour cuire : c'est la méthode des poissons à la tahitienne.

La cuisine classique superpose ou enchaîne parfois plusieurs de ces types purs : par exemple, les grillades résultent parfois d'un chauffage par rayonnement et d'un chauffage par l'intermédiaire d'un fluide sec ; et les braisés anciens s'obtenaient par un brunissage extérieur des viandes, dans un four chaud, puis par cuisson dans un liquide frémissant.

D'autres enchaînements sont-ils possibles ? Reprenons les méthodes de Dmitri Mendeleïev, qui, pour comprendre le désordre des éléments chimiques, avait construit un tableau, où il classait les élé-

ments par ordre de masse atomique, tout en regroupant par colonnes les éléments aux propriétés chimiques analogues. Ici, nous proposons de construire un tableau dont les entrées, en ligne, comme en colonne, sont les types purs de cuisson. À l'intersection d'une ligne et d'une colonne, on indique le type de cuisson qui résulte d'abord de la cuisson indiquée en ligne, puis de la cuisson qui identifie la colonne.

Certaines cases de ce tableau correspondent à des opérations connues. Par exemple, la case 92 (acidité, puis cuisson dans un liquide frémissant) correspond à la cuisson classique du sanglier. La case 27 (cuisson à l'eau bouillante, puis friture) correspond à certaines recettes de pommes de terre frites.

Toutefois d'autres cases renvoient à des procédés inconnus. Ne pourrait-on inventer de nouvelles méthodes de cuisson qui correspondraient à ces cases ? Dans certains cas, le procédé suggéré par l'application mécanique de la méthode semble sans intérêt : pourquoi cuirait-on deux fois de suite par contact avec un solide (case 1) ? Les cases diagonales, toutefois, ne sont pas inutiles : la case 67 (deux fritures) correspond à la cuisson des frites à deux bains. Alléons des procédés sont à inventer. La case 63, par exemple, correspond à une friture, puis à une cuisson à l'eau bouillante. Dans un tel cas, la friture engendrerait une couche de surface asséchée, et dure, mais aussi des arômes spécifiques ; certes, la cuisson ultérieure dans de l'eau bouillante détruirait le croustillant, mais elle aurait pour intérêt de répartir les molécules aromatiques créées lors de la première opération. Le goût serait ainsi bien différent de celui que l'on obtiendrait lors d'un braisage.

Ce n'est là qu'un exemple. Les cases sont nombreuses, tout comme les possibilités nouvelles, et l'on attend que des chefs inspirés explorent la voie ainsi ouverte.

Prochain rendez-vous France Info et Pour la Science le 27 mai 1998, avec la chronique Info Sciences de Marie-Odile Monchicourt.

	EAU FRÉMISSANTE	EAU BOUILLANTE	AIR SEC TIÈDE	AIR SEC CHAUD	AIR HUMIDE	HUILE	INFRAROUGES	MICRO-ONDES	ACIDITÉ	
SOLIDE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EAU FRÉMISSANTE	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
EAU BOUILLANTE	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
AIR SEC TIÈDE	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
AIR SEC CHAUD	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
AIR HUMIDE	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
HUILE	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
INFRAROUGES	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
MICRO-ONDES	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
ACIDITÉ	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100