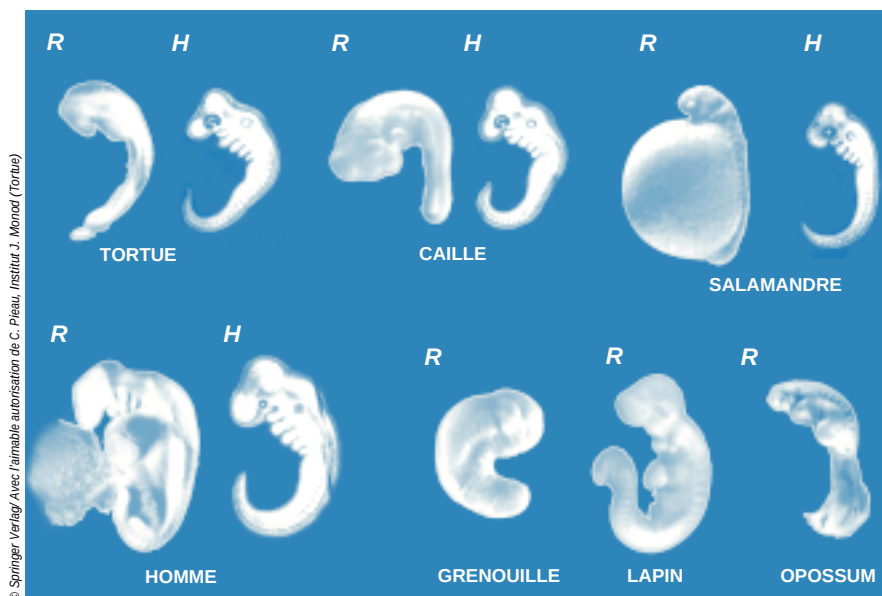




© Springer Verlag Avec l'aimable autorisation de C. Pieau, Institut J. Monod (Toruë)

**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 CHAÎNS 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 chaîns 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.*

**N**ous 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.

**L**a 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 |

