

# La reproduction et le développement embryonnaire : les travaux de quelques savants lyonnais de la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle au milieu du XX<sup>ème</sup>.

Jean-Marie Exbrayat<sup>1</sup>

## I. Introduction

La reproduction et le développement embryonnaire animent les débats depuis longtemps : fécondation *in vitro* d'abord chez l'animal puis chez l'être humain, procréation médicalement assistée, FIVETE, cellules-souches embryonnaires et à l'inverse, contraception, interruption volontaire de grossesse et avortement sans compter transgénèse végétale et animale... Ces questions présentent des intérêts d'ordre médical, vétérinaire, agricole, économique et ne sont pas sans soulever des questions éthiques jusqu'à déchaîner les passions.

Les méthodes modernes d'intervention sur la reproduction et le développement sont héritières des descriptions du développement de nombreux organismes réalisées au cours des siècles. Mais une description sans explications laisse un arrière-goût d'insatisfaction. Comment un organisme peut-il se construire à partir d'un œuf ? Depuis l'Antiquité, on a tenté d'expliquer comment se déroulait le développement. Au début, il s'agissait de spéculations impliquant des principes puisés dans les traditions religieuses et philosophiques. Ce n'est qu'à partir du XVII<sup>ème</sup> siècle que l'embryologie a été traitée de manière scientifique, c'est-à-dire par l'observation, la description, la comparaison. L'évolution des outils a permis d'observer les embryons de manière de plus en plus fine mais il faut attendre la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle et le début du XX<sup>ème</sup> pour que des travaux réellement expérimentaux permettent d'expliquer les mécanismes du développement. A cette époque, les sciences explosent littéralement, éliminant certaines théories, certains paradigmes pourtant bien établis et mettant en place des principes nouveaux, auxquels les chercheurs d'aujourd'hui se réfèrent. Par exemple, la théorie de la génération spontanée datant de l'Antiquité était définitivement éliminée par Louis Pasteur en 1862 et la théorie de l'évolution allait devenir un paradigme incontournable après les travaux de Jean-Baptiste Lamarck (1809) puis de Charles Darwin avec la parution de *l'Origine des espèces* (1859). Plusieurs savants lyonnais travaillant sur les questions de reproduction et développement ont marqué cette époque<sup>2</sup>.

Dans l'exposé qui va suivre, après quelques éléments historiques des études en embryologie, nous irons à la rencontre de quelques-uns de ces savants lyonnais qui ont fait avancer, de près ou de loin, la connaissance du développement embryonnaire. Cet exposé se limitera volontairement à une période allant de la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle au milieu du XX<sup>ème</sup>. Les savants dont il sera question nous ont tous quittés et il ne sera pas question des savants contemporains, nombreux, dont la liste serait certainement erronée. Certains de ces savants auront vécu leur carrière intégralement à Lyon, d'autres, n'y auront séjourné que temporairement.

Le choix de cet exposé a été motivé par l'ouvrage *Embryologie et Evolution (1880-1950) – Histoire générale et figures lyonnaises*, dirigé par Michel Morange et Olivier Perru, publié par la librairie philosophique Vrin Paris en 2008<sup>3</sup>, consécutivement au colloque « Histoire de l'embryologie et de l'évolution », qui s'est déroulé le 22 mars 2007 » à l'Université Lyon 3.

---

<sup>1</sup> Conférence publique donnée le 23 novembre 2022 dans le cadre de la Société d'Histoire d'Ecully. Ecully, Rhône.

<sup>2</sup> Exbrayat, J.-M., 2012. Les changements de paradigme en sciences de la vie ou comment obtenir des résultats justes avec des idées et des expériences fausses. *Rev. Fr. Histotechnol.*, **25** (1) : 23-40.

<sup>3</sup> Une partie de l'exposé est basée sur l'ouvrage « Embryologie et Evolution (1880-1950) – Histoire générale et figures lyonnaises, dirigé par Michel Morange et Olivier Perru, publié par la librairie philosophique Vrin Paris en 2008

## II. Quelques aspects de l'histoire de l'embryologie<sup>4</sup>

### 3.1. Les questions de la reproduction et du développement.

Pour les Anciens Grecs, il est évident que les caractères des êtres vivants sont issus de leurs géniteurs. La formation des individus est issue de la fusion des *spermata* ou spermatozoïdes (germes), qui sont des particules invisibles qui proviennent de toutes les parties du corps, aussi bien chez les mâles que les femelles. Ces *spermata* qui ne sont d'ailleurs pas limités aux êtres vivants persisteront jusqu'à la fin des temps : il s'agit de la théorie de la panspermie. Pour Anaxagore (-499 à -426), le mâle produit la semence et la femelle produit la couche sur laquelle l'embryon est cultivé. Hippocrate (-460 à -377) considère que les spermatozoïdes mâles et femelles sont actifs s'ils coagulent ensemble. Aristote (-384 à -322) émet successivement deux conceptions de la formation de l'embryon qui s'opposeront pendant plusieurs siècles :

- la préformation : dans ce cas, un adulte miniature est contenu en entier dans l'œuf et le développement est une croissance progressive ; si au stade de deux cellules, l'une d'entre elles est détruite, on obtiendra un héli-embryon qui correspondra à un côté.

- l'épigenèse : dans ce cas, l'embryon est une structure organisée qui se forme progressivement à partir de l'œuf, structure amorphe ; si au stade de deux cellules, l'une d'entre elles est détruite, l'autre donnera un embryon complet.

Par la suite, des expérimentations se sont avérées favorables à l'une ou à l'autre des théories et qu'il n'y a finalement pas tellement d'opposition entre les deux.

3.2. A la fin du Moyen-Âge, Albrecht von Bollstädt, dit Albert-le-Grand (1193 ou 1206-1280), surnommé le « Docteur universel » et Frédéric II de Hohenstaufen (1194-1250) observent indépendamment des embryons dont ils expliquent la formation en faisant intervenir les *spermata*.

3.3. A la Renaissance, les théories de l'épigenèse et de la préformation se précisent. Des découvertes fondamentales sont réalisées : Fallope (1523-1562) observe les oviductes des mammifères, Aranzi (1530-1589) montre que le placenta sépare les circulations sanguines fœtales et maternelles. Déjà, Jacob Rueff (1500-1558) publie des planches expliquant le développement humain par préformation.

3.4. Le XVII<sup>ème</sup> siècle, le « Grand Siècle », le « siècle d'accumulation des données », va être marqué par l'invention du microscope vers 1665. Les théories de l'épigenèse et de la préformation sont compliquées par les thèses de l'animalculisme et de l'ovisme. La panspermie a toujours ses partisans. L'idée maîtresse est que la nature est une mécanique dont Dieu est le mécanicien. Harvey (1578-1657) partisan de la théorie de l'épigenèse émet le principe *omne vivum ex ova* (tout être vivant provient d'un œuf).

Deux nouvelles théories vont apparaître consécutivement à l'invention du microscope : l'animalculisme et l'ovisme.

L'animalculisme ou vermisme. Grâce au microscope, Van Leeuwenhoek (1632-1723) découvre en 1677 des « animalcules » (ou des « vers », que l'on appellera « homoncule » dans le cas de l'espèce humaine) dans le sperme. Il est persuadé que ce sont des animaux complets qui pénètrent dans l'œuf. Hartsoecker (1656-1725) dessine des spermatozoïdes contenant un enfant préformé dont les spermatozoïdes contiennent aussi un enfant préformé, etc. D'autres observateurs ont d'ailleurs aperçu un petit homme s'échapper des spermatozoïdes. Gautier d'Agotz (1717-1785) observe des *homonculi*

---

<sup>4</sup> Exbrayat, J.-M., 2018. *Quelques aspects de l'histoire des sciences du vivant*. IIEE, Lyon ; Vrin, Paris.

dans les spermatozoïdes humains, un petit cheval dans du sperme de cheval... Des calculs sont réalisés pour établir le nombre d'individus emboîtés.

*L'ovisme.* Pour d'autres tels que Van Horn (1621-1670) ou De Graaf (1641-1673), les ovaires sont morphologiquement comparables aux testicules et, en plus, ils produisent des œufs, puis des embryons. Est-ce l'œuf ou l'animalcule qui est préformé ? Pour Vallisneri (1661-1730), trop d'animalcules meurent, il y a donc gaspillage dans l'animalculisme, ce qui est contraire au dessein de Dieu. L'idée la plus acceptable est donc l'ovisme. L'œuf, petit et invisible, est situé dans un follicule ovarien : un « insecte spermatique » pénètre dans le follicule et irrite l'œuf qui se détache, quitte le follicule, passe dans les trompes de Fallope pour se fixer à l'utérus. L'individu est préformé dans l'œuf.

**3.5. Au XVIIIème siècle,** le « Siècle des Lumières », le « siècle d'interprétation des données », Spallanzani (1729-1799) apporte la preuve de la fécondation. Travaillant sur des grenouilles et des crapauds, il provoque la fécondation des œufs de ces batraciens avec le liquide trouvé dans des caleçons dont il avait revêtu les mâles (il s'est inspiré d'une expérience déjà réalisée par Réaumur, 1683-1757 mais qui n'avait pas abouti). L'œuf fécondé donne un têtard complet. Le contact entre le sperme et l'œuf conduit au développement. Mais le début de l'embryon est-il dû au mâle ou à la femelle ? Y a-t-il animalculisme ou ovisme ? La question reste posée. Wolff (1733-1794) émet pour la première fois la théorie des feuillet embryonnaires. Les embryons sont constitués de plusieurs feuillet qui se replient, se soudent, etc. pour former l'embryon. On distingue ainsi trois feuillet emboîtés en pelures d'oignon : l'ectoderme externe à l'origine du tégument (épiderme) et du système nerveux, l'endoderme, interne à l'origine du tube digestif et d'une partie de l'appareil respiratoire et le mésoderme, intermédiaire, à l'origine de tout le reste : tissu conjonctif avec cartilage et os, muscle mais aussi reins et gonades.

### **3.6. Le XIXème siècle et le début du XXème.**

Au XIXème siècle, les résultats et théories scientifique vont foisonner : théorie cellulaire avec Schleiden et Schwann (1839) puis Virchow (1858), découverte de l'œuf de mammifère par Von Baer (1866), la loi de la récapitulation de Haeckel (1860), transformisme avec Lamarck, théorie de l'évolution de Darwin, génétique avec les lois de Mendel, Hugo de Vries et Cuénot. C'est aussi le siècle de la microbiologie avec Pasteur, de la physiologie avec Claude Bernard, et bien d'autres encore. Pour ce qui nous intéresse, c'est le siècle de l'embryologie causale ou expérimentale.

A la fin du XIXème siècle, se développe l'embryologie causale qui a pour but de comprendre les mécanismes du développement embryonnaire. De grands noms de la science peuvent être associés à ces études : Reichert, His, Roux, Driesch, Boveri, Loeb, Spemann.

Wilhelm Roux (1850-1924) utilise une méthode qui consiste à étudier un organe isolé au cours du développement en faisant l'hypothèse que les résultats peuvent être transposés directement à l'organisme. Une autre idée est que l'effet produit par des perturbations expérimentales fournit des explications sur le fonctionnement normal. De nouvelles techniques vont voir le jour, notamment les cultures d'organes puis de cellules. En 1894, Wilhelm Roux parvient à maintenir une plaque neurale d'amphibien dans une goutte de lymph, puis Harrison en 1907 met au point de manière reproductible des cultures de tissu. Ces méthodes se perfectionneront, jusqu'à devenir des outils indispensables et classiques de nos jours.

Inspiré par les travaux de Chabry (1855-1894) menés vers 1887 (dont nous allons parler), Driesch découvre la régulation en 1891 grâce à une expérience qui montre que, si on sépare les cellules d'un embryon à deux cellules, chacune d'entre elle produit une larve normale de taille réduite. La conclusion est que chaque blastomère (cellule embryonnaire) contient tous les « déterminants » (molécules supposées mais non démontrées à l'époque par manque de technique adéquate) nécessaires à la formation d'un embryon complet. Cette expérience met aussi en évidence le phénomène de régulation du développement : production de deux embryons au lieu d'un seul. Par la suite, Sven Hörstadius (1939) démontrera la présence de substances « morphogènes » dans l'œuf d'oursin.

Spemann (1869-1941) et Mangold (1898-1924), en greffant un fragment d'embryon sur un autre embryon, vont découvrir qu'un tissu embryonnaire va exercer une influence sur un autre tissu pour former un organe bien particulier. On l'appellera « l'organisateur de Spemann ». Par la suite, Nieuwkoop découvrira un autre organisateur, le centre de Nieuwkoop, qui agit sur l'organisateur de Spemann.

C'est à partir de ce moment que plusieurs savants qui ont séjourné à Lyon pendant plus ou moins longtemps vont apporter leur pierre à l'édifice du savoir embryologique et qui sont à la base de ce qui est possible aujourd'hui. Plusieurs mettront en lien leurs découvertes avec la théorie de la transformation des espèces. Partons maintenant à la rencontre de Laurent Chabry (1855-1894), Eugène Bataillon (1864-1953), Raphaël Dubois (1849-1929), Léon Guignard (1852-1928), Maurice Caullery (1858-1958), René Koehler (1860-1931) et Michel Delsol (1922-2012).

### III. Les travaux de quelques savants lyonnais

#### 3.1. Les travaux de Chabry (1855-1894) sur le tout début du développement<sup>56</sup>

Laurent Marie Chabry est né le 19 février 1855 à Roanne et décédé le 23 novembre 1894 à Riorges (Loire). En 1876, il séjourne à St Pétersbourg pendant plusieurs mois pour perfectionner sa connaissance de la langue russe, ce qui lui permet de traduire des ouvrages scientifiques. A son retour en France, il s'engage dans le collectivisme socialiste auprès de son ami Jules Bazile dit Jules Guesde (1845-1822). Il est l'un des organisateurs du congrès international socialiste qui se tient malgré l'interdiction à Paris en 1878 pendant l'Exposition Universelle. Chabry sera alors emprisonné pendant 15 jours et devra payer une amende. Chabry devient docteur en médecine en 1881 après la soutenance d'une thèse intitulée *Contribution à l'étude du mouvement des côtes et du sternum*.

Il va alors s'intéresser à la morphogénie (morphogénèse) expérimentale, une toute nouvelle discipline scientifique. Au début des années 1880, il rencontre Georges Pouchet (1833-1894) alors professeur d'anatomie au Muséum de Paris, qui cherche à comprendre comment les générations de cellules issues de la cellule-œuf sont organisées pour conduire aux structures embryonnaires et comment une cellule unique peut conduire à des êtres aussi différents que la baleine ou l'Homme. Chabry suit les cours d'histologie de Pouchet et de Charles Robin (1828-1885) qui dirigent par ailleurs le laboratoire d'histologie zoologique de l'Ecole pratique des Hautes Etudes (EPHE) et le laboratoire maritime de Concarneau du Collège de France. Pouchet propose à Chabry de préparer un doctorat ès Sciences en étudiant le devenir des blastomères de l'œuf d'ascidie.

Les ascidies qui sont des animaux fixés, retournés en forme de U, intermédiaires entre les invertébrés et les vertébrés, appartiennent à l'embranchement des Tuniciens ; contrairement aux invertébrés, les embryons d'ascidies possèdent une corde dorsale, caractéristique des vertébrés où elle intervient dans la formation des vertèbres ; chez l'ascidie, elle finit par régresser.

Pour mener à bien son étude, Chabry, alors préparateur à l'EPHE, va travailler à la station maritime de Concarneau dont il deviendra rapidement l'un des directeurs. Très astucieux, il invente un micromanipulateur qui permet de coincer les œufs minuscules dans un tube de verre actionné par une manivelle, ce qui permet de les observer au microscope dans tous les sens. Il s'intéresse aux nombreux embryons anormaux, ce qui l'amène à chercher ce que devient chaque blastomère. Pour cela, il place dans son tube une microaiguille qui lui permet de supprimer un blastomère lorsque l'embryon est au

---

<sup>5</sup> Fischer, J.-L., 2008. La rencontre de Chabry et de Bataillon à Lyon (1888) autour de l'embryologie expérimentale. In Morange, M., Perru, O. *Embryologie et évolution (1880-1950) – Histoire générale et figures lyonnaises*. IIEE, Lyon ; Vrin, Paris.

<sup>6</sup> Fischer, J.-L., 1997. Georges Pouchet (1833-1894) : le mouvement, la forme et la vie. in : C. Blanckaert et al. (eds), *Le Muséum au premier siècle de son histoire* : 363-373. Muséum national d'Histoire naturelle, Archives. Paris ISBN 2-85653-516-X.

stade de deux blastomères. Le blastomère restant se divise et finit par donner un « hémi-embryon ». Nous avons vu que cela pourrait être une preuve de préformation. En 1888, Roux réalise une expérience similaire sur des embryons d'amphibiens avec le même résultat<sup>7</sup>. Nous avons vu également que Driesch (1867-1941), opérant de même chez les oursins obtiendra quant à lui un embryon complet, un peu plus petit que la taille normale. Tout ceci est bien compliqué. Finalement, on conclura à un mélange d'épigenèse et de préformation. Chabry soutiendra sa thèse ès-sciences naturelles devant la faculté des sciences de Paris en 1887, avec un mémoire intitulé *Embryologie normale et tératologique des Ascidies*. Il obtiendra un poste de maître de conférences à la Faculté de science de Lyon qu'il occupera entre 1888 et 1890 dans le service de zoologie du professeur Henri Sicard (1837-1894). Il rencontrera alors Eugène Bataillon, son cadet, suppléant maître de conférences de zoologie dans le même service. Ses nouveaux travaux seront alors consacrés au vol des oiseaux et des insectes. Il se lancera ensuite dans la prothèse dentaire puis entrera à l'institut Pasteur où il étudiera la tuberculose dont il mourra.

Les travaux de Chabry sont le point de départ d'une science du blastomère. Ces travaux fondamentaux préfigurent les procréations médicalement assistées. Il sera aussi à l'origine de la passion d'Eugène Bataillon pour l'étude du développement embryonnaire.

### 3.2. Eugène Bataillon (1864-1953) et la parthénogenèse expérimentale<sup>8,9,10</sup>

Jean-Eugène Bataillon est né le 22 octobre 1864 à Annoire (Jura). Il est le second fils d'une famille de six enfants et le seul à poursuivre des études secondaires au petit séminaire de Vaux-sur-Poligny où il est excellent élève. Ne souhaitant pas devenir prêtre, il retourne dans sa famille où il étudie en candidat libre pour obtenir la première partie du baccalauréat ès Lettres en 1882 à Dijon ; il obtient ensuite un poste de surveillant d'internat au collège d'Arbois et il est reçu bachelier ès Lettres en 1883. Il devient alors aspirant répétiteur à Belfort. Après avoir commencé des études de philosophie, passionné par les travaux de Claude Bernard, il décide d'étudier les sciences naturelles et devient bachelier ès Sciences en 1884. Ayant obtenu un poste de répétiteur au Petit Lycée de Lyon (l'actuel lycée Jean Perrin), il obtient en 1887 une licence ès sciences naturelles à la faculté des sciences de Lyon. Eugène Bataillon est alors recruté comme préparateur à cette même Faculté des sciences où il rencontre Laurent Chabry qui lui enseigne « les innombrables tours de main dont il avait le secret ». En 1889, grâce à Chabry, il se rend à Concarneau pour un premier contact avec la faune marine. En 1890, il se marie avec Marie-Henriette Wahl, fille d'un conseiller de la préfecture d'Alger. Il soutient en 1891 sa thèse de doctorat intitulée *Recherches anatomiques et expérimentales sur les métamorphoses des batraciens*<sup>11</sup>. Eugène Bataillon commence aussi quelques études de médecine qu'il interrompt, supportant difficilement les salles d'opération.

Grâce à Louis Pasteur, il obtient en 1892 un poste de suppléant maître de conférences à Lyon. Son enseignement est très apprécié par les étudiants, tant et si bien qu'il devient chargé de cours de zoologie et physiologie à l'université de Dijon dès la rentrée de septembre 1892, puis professeur-adjoint et enfin professeur titulaire de la nouvelle chaire de biologie générale. Il est doyen de la faculté des sciences de Dijon entre 1907 et 1918, date à laquelle il est nommé à Strasbourg comme professeur et administrateur de la faculté des sciences. Il devient correspondant de l'Académie des Sciences en 1917. Entre 1922 et 1924, il est Recteur de l'Académie de Clermont-Ferrand. Il est enfin nommé professeur de zoologie et

<sup>7</sup> Denis, H., 1996. Déterminants et polarité embryonnaire. *Médecine/sciences*, **12** : 1281-1292.

<sup>8</sup> Fischer, J.-L., 2008. La rencontre de Chabry et de Bataillon à Lyon (1888) autour de l'embryologie expérimentale. In Morange, M., Perru, O. *Embryologie et évolution (1880-1950) – Histoire générale et figures lyonnaises*. IIEE, Lyon ; Vrin, Paris.

<sup>9</sup> Courrier, R., 1954. Notice sur la vie et les travaux de Eugène Bataillon, membre non résidant de l'Académie. *Institut*, **25** : 1-45.

<sup>10</sup> Eugène Bataillon (22-10-1864 : 1-11-1953). Académie des Sciences et Lettres de Montpellier. [https://www.ac-sciences-lettres-montpellier.fr/academie/membres/biographie/805\\_Bataillon-Eug%C3%A8ne](https://www.ac-sciences-lettres-montpellier.fr/academie/membres/biographie/805_Bataillon-Eug%C3%A8ne)

<sup>11</sup> Parue dans les *Annales de l'Université de Lyon*. 1891.

anatomie comparée à l'université de Montpellier et directeur de la station biologique de Sète entre 1924 et 1935, date de son départ à la retraite.

Les premières publications de Bataillon parues aux *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris* en 1888 portent sur la description du développement embryonnaire de l'axolotl, un amphibien néoténique, c'est-à-dire dont l'adulte conserve une anatomie larvaire qui n'a pas accompli sa métamorphose. Quelques mots sur la néoténie et sur l'axolotl.

Certaines espèces sont caractérisées par un état larvaire prolongé de manière temporaire ou définitive, la néoténie. Linné, en 1766, décrit *Siren lacertina*, la Sirène, un amphibien Urodèle que l'on trouve dans les marais des états du sud des Etats-Unis et *Proteus anguinus*, le protége, espèce cavernicole découverte en Slovénie. Linné considère cet animal comme la larve d'un amphibien mais il ne sait pas lequel. Par la suite, Cuvier (1811) dans *Le Règne animal*, donne d'excellents dessins en couleur de plusieurs espèces néoténiques : *Amphiuma tridactylum* (Cuvier, 1811), *Menobranchus lateralis* (Harder), *Proteus anguinus*, *Siren lacertina* et l'axolotl, aujourd'hui connu sous le nom d'*Ambystoma mexicanus*. Arrêtons-nous un instant sur ce dernier qui peut être considérée comme le point de départ de l'intérêt des scientifiques pour le phénomène de néoténie.

L'axolotl a été ramené pour la première fois en France par Alexandre de Humbolt au retour de son voyage en Amérique du Sud et centrale, entre 1799 et 1804<sup>12</sup>. D'autres axolotls sont ensuite ramenés de l'expédition du Mexique du Second Empire entre 1861 et 1867. A l'époque, on pensait qu'il s'agissait de la larve d'une espèce inconnue. Par la suite, des exemplaires ramenés au Muséum d'Histoire naturelle de Paris vont pondre des œufs comme les autres amphibiens. Cet animal était donc un adulte qui avait conservé des caractères larvaires, notamment des branchies externes permettant la respiration aquatique. Certains descendants s'étaient métamorphosés en prenant l'aspect d'une Salamandre du genre *Amblystoma* (*Ambystoma*). Ces animaux pouvaient donc se reproduire à l'état larvaire dans certaines circonstances. Ce phénomène reçut le nom de « néoténie » (νεος : jeune – τετι : se prolonger). A la naissance, la salamandre *Ambystoma* (*Amblystoma*) *mexicanum* du sud des Etats-Unis et du Mexique est une larve équipée d'une paire de branchies flottantes et d'une large queue. Vers 6 à 7 mois, elle se métamorphose en adulte. Cependant, dans des régions montagneuses ou en élevage, cet animal acquiert la maturité sexuelle mais ne se métamorphose pas<sup>13</sup>.

Après ces premiers travaux, Bataillon décrit la dégénérescence des organes et l'évolution de la respiration du têtard qui se transforme, passant d'une respiration branchiale aquatique à une respiration pulmonaire terrestre. Finalement, il conclut que la métamorphose se caractérise par un ensemble de phénomènes respiratoires. Voulant élargir ses vues, il montre ensuite que le ver à soie qui possède aussi une phase de métamorphose, subit des phénomènes respiratoires. Ses conclusions s'élargissent ensuite au développement complet de l'œuf de grenouille et de vairon.

Intéressé par l'importance de la pression osmotique chez les plantes, Bataillon s'intéresse ensuite au rôle de la pression osmotique dans le développement embryonnaire en pratiquant plusieurs expériences chez l'ascaris du cheval et la lamproie où il montre qu'un seul blastomère, dans certaines conditions, peut être à l'origine d'un embryon complet à lui tout seul.

Bataillon s'intéresse aussi au développement de l'œuf sans fécondation, c'est-à-dire la parthénogenèse expérimentale découverte par Jacques Loeb (1859-1924). Il travaillera à cette question jusqu'en 1910, sur les amphibiens puis les échinodermes en même temps qu'il tentera de féconder l'ovule d'une espèce par le spermatozoïde d'une autre, par exemple l'ovule de crapaud par le sperme de triton, provoquant ainsi le démarrage d'un développement qui cesse rapidement. Il finit par provoquer le développement d'un œuf de grenouille (*Rana fusca*) en piquant l'œuf avec une pointe de verre. Ses recherches vont

<sup>12</sup> Gayet, M., 2006. *Alexandre de Humboldt - Le dernier savant universel*. Vuibert, Paris.

<sup>13</sup> Voir aussi Delsol, M., 1952. Action du thiouracile sur les larves de Batraciens. Néoténie expérimentale. Rôle de l'hypophyse dans ce phénomène. *Arch. Biol.* **63** : 279-392.

ensuite ralentir jusqu'à ce qu'il soit déchargé des lourdes charges d'administrateur de la faculté des sciences de Strasbourg puis de recteur de l'académie de Clermont-Ferrand. Une fois nommé à Montpellier, il établit des comparaisons entre le développement des amphibiens et celui des échinodermes (oursins).

Pour conclure, parmi ses nombreuses recherches, Bataillon a étudié le développement de plusieurs amphibiens, il a montré que, au cours de certaines étapes de la vie, les déchets métaboliques ne sont plus éliminés et engendrent une crise qui peut se manifester, selon les espèces, par une métamorphose ou une diapause (arrêt temporaire du développement) et il élargit même ses vues à la sénescence. Il a expliqué le phénomène de parthénogenèse expérimentale.

Ses travaux ont eu des répercussions sociologiques. Dans les premières années du XX<sup>ème</sup> siècle, certains groupes féministes voyaient dans la pratique de la parthénogenèse expérimentale une fécondation artificielle possible chez la femme sans intervention de l'homme. Un spécialiste de la parthénogenèse expérimentale, Yves Delage (1854-1920) considérait que les expérimentations effectuées sur les invertébrés et vertébrés inférieurs ne pourraient pas être pratiqués chez la femme pour le moment mais qu'il serait un jour possible d'extraire l'œuf de l'ovaire maternel, de le traiter par des réactifs et le greffer dans l'utérus, sachant qu'une telle opération dépassait les possibilités expérimentales de l'époque. Depuis le temps, ces difficultés ont été franchies et, en 2006, une parthénogenèse *in vitro* d'ovule humain a été réalisés dans le cadre d'études sur les cellules-souches<sup>14</sup>, ces dernières qui font aujourd'hui l'objet de nombreuses recherches (notamment à Lyon). Très récemment, un laboratoire britannique est parvenu à faire se développer un embryon artificiel (embryoïde) de souris à partir de cellules-souches obtenues à partir de cellules adultes de souris<sup>1516</sup>. Les travaux de parthénogenèse expérimentale se sont poursuivis.

### **3. Les travaux de Raphaël Dubois (1849-1929) sur la bioluminescence et son développement<sup>1718</sup>**

La bioluminescence, c'est-à-dire l'émission de lumière par des organismes vivants, est connue depuis l'Antiquité. Au XIX<sup>ème</sup> siècle, plusieurs scientifiques conduisent des études cherchant à découvrir le mécanisme de ce phénomène qui sera finalement expliqué par le physiologiste lyonnais Raphaël Dubois (1849-1929).

Né au Mans le 20 juin 1849, Raphaël Horace Dubois suit des études de médecine aux facultés de Tours puis de Paris. Il devient pharmacien de première classe en 1875 et docteur en médecine en 1876. En 1882, il devient préparateur à l'EPHE dans le laboratoire de Paul Bert (1833-1886) et sous-directeur du laboratoire d'optique physiologique de l'EPHE en 1883. Raphaël Dubois soutient en 1886 une thèse de doctorat ès sciences intitulée *Les Élatérides lumineuses - Contribution à l'étude de la production de lumière par les êtres vivants* avant d'être nommé professeur de Physiologie générale et comparée à la faculté des sciences de Lyon (1887). Il est le fondateur de l'Institut de biologie marine Michel Pacha de Tamaris-sur-Mer (1891) et du Laboratoire maritime de biologie de Sfax en Tunisie (1901). Il prend sa retraite en 1920 et décède le 22 janvier 1929 à Tamaris.

---

<sup>14</sup> Futura Sciences : <https://www.futura-sciences.com/sciences/actualites/recherche-scientifiques-britanniques-creent-embryons-humains-sperme-7154/>

<sup>15</sup> Tarazi, S., 2022. Post-Gastrulation Synthetic Embryos Generated Ex Utero from Mouse Naïve ESCs. Cell. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2022.07.028s>

<sup>16</sup> The conversation : <https://theconversation.com/premier-embryon-synthetique-au-monde-une-prouesse-riche-en-promesses-et-en-questions-188418?>

<sup>17</sup> Bange, C., 2008. Raphaël Dubois et l'apparition de la fonction photogénique au cours du développement. In Morange, M., Perru, O. *Embryologie et évolution (1880-1950) – Histoire générale et figures lyonnaises*. IIEE, Lyon ; Vrin, Paris, pp. 48-71.

<sup>18</sup> Jaussaud, P. 2015. Raphaël Dubois et la bioluminescence. Halshs-01199388 <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01199388>

Les études de Dubois concernent plusieurs domaines tels que l'hibernation, la production de perles par les mollusques, l'anesthésiologie. Ses importants travaux portant sur la bioluminescence sont exposés dans ses *Leçons de Physiologie générale et comparée* (1898). Dubois répertorie de nombreuses espèces émettant de la lumière : Bactéries, Champignons, Insectes, Cœlentérés, Mollusques, Poissons, etc. Il décrit de manière plus particulière le Pyrophore des Antilles (*Pyrophorus noctilucus*), un Coléoptère qui possède deux « lanternes » thoraciques d'un vert fluorescent et une zone abdominale orangée. Il étudie aussi la Pholade dactyle (*Pholas dactylus*), un Mollusque Bivalve, qui sécrète un abondant mucus lumineux, qu'il attribue à des bactéries photogènes symbiotiques.

Dubois étudie la structure microscopique et le développement embryonnaire des organes photogènes des animaux lumineux. Il montre l'origine ectodermique de ces organes, que ce soit au niveau du tégument (épiderme) comme chez les méduses ou à partir de glandes à sécrétion interne comme chez des Insectes, Mollusques ou Poissons, ou externe comme chez des Myriapodes, Mollusques, Crustacés. Il localise la bioluminescence dans des vésicules intra cellulaires qu'il appelle « vacuolides » assimilées plus tard aux mitochondries (les organites qui assurent entre autres la respiration cellulaire). Dubois démontre en 1887 que l'émission de lumière est le résultat d'une réaction entre une protéine, la luciférine et une enzyme, la luciférase. Il comprend comment la bioluminescence est transmise aux générations suivantes.

Il existe aujourd'hui de nombreuses applications de la bioluminescence, notamment dans le contrôle alimentaire, la médecine, la recherche<sup>19</sup>

#### **4. Les travaux de Léon Guignard (1852-1928) en embryologie végétale**

Léon Guignard naît le 13 avril 1852 à Mont-sous-Vaudrey (Jura) et décède à Paris en 1928. Brillant écolier, il est remarqué par le curé de la paroisse qui lui apprend le latin et lui permet d'accéder en classe de 5e au pensionnat des orphelins à Dole. Après avoir obtenu son baccalauréat en 1870 à Besançon, Léon Guignard poursuit ses études à l'École de pharmacie de Paris. Il devint pharmacien supérieur (1<sup>ère</sup> classe) en 1882 avec un mémoire intitulé *Recherches sur le sac embryonnaire des phanérogames angiospermes*. Simultanément, inscrit en Sorbonne, il devient aussi Docteur ès sciences en 1882 après la soutenance de sa thèse intitulée *Recherches d'embryogénie végétale comparée*.

Il sera nommé professeur de botanique à la Faculté des Sciences de Lyon en 1883 où il dirigera également le serres du Parc de la Tête d'Or. En 1887, Il sera nommé professeur de biologie générale à l'École de pharmacie de Paris où il enseignera jusqu'en 1927 et qu'il dirigera entre 1900 et 1910. Il entrera à l'Institut le 11 février 1895 dont il deviendra président en 1919. Il sera membre de l'Académie nationale de médecine, membre associé de l'Académie nationale de pharmacie.

Guignard s'est d'abord attaché à découvrir la structure de la cellule végétale en interprétant les mécanismes cellulaires. Il montrait ainsi que la cellule végétale, moins étudiée que la cellule animale, se comportait de la même manière que cette dernière, avec une évolution tout à fait semblable. Le noyau de la cellule végétale contenait également des chromosomes dont il montrait le dédoublement au moment de la division cellulaire (1889). Guignard a aussi étudié de manière approfondie la fécondation chez les végétaux, ce qui était mal connu à l'époque, avec l'idée générale que les animaux et les végétaux répondaient à un plan commun dans leur organisation et leur développement. Chez les plantes, comme chez les animaux, la fécondation est due à la fusion d'un gamète mâle, l'anthérozoïde (équivalent du spermatozoïde des animaux) et de l'oosphère (équivalent de l'ovule). Guignard a décrit ces éléments chez de nombreux végétaux. Il a ensuite examiné comment était constitué l'œuf et comment se réalisait le développement embryonnaire. Chez les plantes à fleur (phanérogames), les grains de pollen fournis par les étamines produisent en germant sur le style, un tube pollinique contenant deux anthérozoïdes qui atteindra l'ovule différencié en oosphère et sac embryonnaire ; le noyau de l'un des anthérozoïdes

---

<sup>19</sup> La bioluminescence dans notre quotidien <https://la-bioluminescence-dans-notre-quotidien-23.websself.net/les-applications-de-la-bioluminescence-chez-lhomme>. Consulté le 09/08/22

s'unira à l'oosphère pour donner un œuf qui se développera en embryon, le noyau du second fusionnera avec le noyau du sac embryonnaire pour former l'albumen, la réserve. Notons que cette découverte de Guignard après 1895 a été aussi faite indépendamment par le Russe Navachine. En 1882, Guignard publie un traité d'embryologie végétale.

Les travaux de Léon Guignard ont ainsi permis de comprendre le développement des plantes à fleur avec des répercussions en agriculture et horticulture.

### 5. Maurice Caullery (1858-1958)<sup>2021</sup>

Maurice Jules Gaston Corneille Caullery est né le 5 septembre 1868 à Bergues (Nord) et mort le 13 juillet 1958 à Paris. Il commence ses études au Quesnoy puis à Douai. Il obtient sa licence en mathématiques, en physique et en histoire naturelle. En 1897, il réussit à la fois à l'examen d'entrée de l'École polytechnique et à l'École normale supérieure. Reçu premier à l'ENS, il choisit cet établissement où il suit les cours de zoologie d'Alfred Giard (1846-1908) qui le convainc de s'orienter vers la zoologie. Il se lie d'amitié avec un autre étudiant, Félix Mesnil (1868-1938). Les deux amis deviennent agrégés en sciences naturelles en 1891 et reçoivent une bourse de voyage pour visiter les laboratoires de biologie en Allemagne (Heidelberg, Munich, Iéna, Berlin), à Prague, Amsterdam, Utrecht, Gand, Liège où ils rencontreront les grands noms des sciences naturelles de l'époque.

Rentré à Paris, Maurice Caullery rejoint Alfred Giard qui venait d'obtenir la chaire consacrée à l'évolution des êtres organisés. Mesnil rejoint l'Institut Pasteur et l'équipe d'Élie Metchnikoff (1845-1916) qui a découvert les défenses immunitaires. Caullery prépare sa thèse, *Contributions à l'étude des Ascidies composées*, qu'il soutient en 1895. En 1896, il obtient un poste de maître de conférences à Lyon, où il restera jusqu'en 1901, avant de devenir maître de conférences à Marseille. En 1903, il rejoint le laboratoire d'évolution à Paris comme maître de conférences. Il séjourne à la station de biologie marine de Naples en 1904. En 1907, il est nommé professeur adjoint, puis professeur succédant à Alfred Giard en 1909 à la tête de la chaire d'évolution des êtres organisés et à la direction du laboratoire de zoologie marine de Wimereux. Il se retire en 1939 et il est remplacé par Pierre-Paul Grassé (1895-1985).

Maurice Caullery s'intéresse à de nombreux aspects de la biologie : reproduction, hérédité, régénération, embryologie, parasitisme, symbiose chez de nombreux groupes zoologiques. Il voyage beaucoup et représente la zoologie française lors des manifestations scientifiques internationales.

Caullery et Mesnil ont toujours travaillé ensemble, récoltant un matériel biologique abondant et varié. Sans négliger les espèces rares, ils s'attachaient plutôt à celles dont la structure, le développement ou les caractères écologiques mettaient en évidence quelque nouvel aspect d'un problème biologique relevant spécialement de la théorie de l'évolution, par exemple la métamorphose des individus sédentaires en mâles et en femelles sexuellement mûrs et nageurs chez un ver polychète marin (*Dodecaceria concharum* Oerst), qu'ils ont comparé à celle des Insectes. Cette même espèce de ver montrait en outre une forme vivipare et parthénogénétique. Il s'intéresse aux spirorbes, vers polychètes dissymétriques enfermés dans un tube spiral également dissymétrique synthétisé au cours du développement. Caullery concluait que la dissymétrie de l'animal était la conséquence de la forme du tube. Il s'agissait finalement d'une explication en lien avec la théorie de Lamarck : on pouvait dire que le ver avait l'habitude de s'entourer d'un tube spiral dans lequel ses mouvements dissymétriques impliquaient une déformation du corps, déformation qui se transmettait de génération en génération.

<sup>20</sup> Fauret-Fremier, E., 1969. Notice sur la vie et les travaux de Maurice Caullery (1868-1958), membre de la section de zoologie. *Institut* **1960** (14) : 31-52.

<sup>21</sup> Loison, L., 2008. La question de l'hérédité de l'acquis dans la conception transformiste de Maurice Caullery. Premières réflexions sur la spécificité de la pensée néolamarckienne française. In Morange, M., Perru, O. Embryologie et évolution (1880-1950) – Histoire générale et figures lyonnaises. IIEE, Lyon ; Vrin, Paris, pp. 99-127.

Caullery a étudié le cycle de vie de la Grégarine *Gonospora longissima*, un protiste (animal unicellulaire) qui évolue parallèlement à son hôte, l'annélide polychète *Dodecaceria*. Restant à l'état végétatif chez les jeunes vers, la Grégarine forme des spores au cours de la métamorphose de l'Annélide et les expulse en même temps que les produits génitaux du ver. Ils ont aussi étudié expérimentalement le cycle sexuel de *Rhopalura ophiocomae*, un parasite des ophiures (échinodermes) et ont montré l'alternance des générations sexuées et asexuées, en les récupérant lorsqu'ils sortent de leur hôte.

Tout au long de sa carrière, Maurice Caullery est resté un lamarckien convaincu, ne pouvant comprendre l'évolution que par la transmission des caractères acquis, ce qui est une caractéristique de la science française dont plusieurs savants n'ont pas été acquis par les idées darwiniennes.

#### **8. René Koehler (1860-1931) et les travaux sur les échinodermes, modèles d'études de l'embryologie, aspects tératologiques<sup>2223</sup>**

Jean Baptiste François René Kœhler est né le 7 mars 1860 à Saint-Dié et mort le 19 avril 1931 à Lyon. Après avoir obtenu la licence de sciences naturelles en 1879 à la Faculté des sciences de Nancy où il devient préparateur de zoologie, il prépare à la fois une thèse de médecine intitulée *Recherches physiologiques sur l'action du poison chez les invertébrés* qu'il soutient à Nancy en 1883 et d'une thèse de doctorat ès Sciences naturelles intitulée *Recherches sur les Échinides des côtes de Provence* qu'il soutiendra à Paris également en 1883. La majorité de ce travail a été réalisé à la station biologique d'Endoume près de Marseille. Pendant les vacances, il est médecin à bord de paquebots. En 1889, René Koehler deviendra assistant et chargé de cours complémentaire à la faculté des sciences de Lyon où il sera nommé professeur de zoologie en 1894, jusqu'à sa retraite en 1930. Il sera assesseur du doyen en 1921. Spécialiste des échinodermes, il a aussi travaillé sur d'autres groupes zoologiques tels que les isopodes.

En septembre 1890, il épouse Jeanne Claudine Odette Lumière, sœur d'Auguste et Louis Lumière. Membre du conseil d'administration des Usines Lumière, administrateur délégué de la Société des produits chimiques Lumière, il dirige, parallèlement à ses activités de professeur, le laboratoire de chimie de l'usine de plaques photographiques.

Ses travaux ont porté entre autres sur l'hybridation de plusieurs espèces d'échinodermes récoltés sur les côtes de Provence. Il a ainsi tenté de féconder des œufs du genre *Spatangus* avec des spermatozoïdes d'un oursin commun et réciproquement. Dans tous les cas, il obtenait un début de développement avec des stades blastula, morula, parfois gastrula et même pluteus. A partir de ce stade, le développement restait stationnaire ou évoluait en formes monstrueuses qui finissaient par dégénérer. Koehler pensait cependant que, élevés dans des conditions adéquates mais inconnues, ces embryons pourraient poursuivre leur développement. Il soulignait que, dans la nature, on ne rencontrait pas de formes hybrides ce qui était certainement lié au fait que les oursins ne vivent pas tous dans la même zone et que les périodes d'émission des gamètes sont décalées, ce qui interdit la fécondation interspécifique. Il semblait possible que l'espèce *Echinoderma cordatum* récoltés à Syra, une île des Cyclades, dont les caractères paraissaient intermédiaires entre le type *Echinoderma cordatum* et *E. flavescens* soit le résultat d'une hybridation entre les deux espèces.

Koehler montre que le développement de la forme hybride se réalise selon un processus intermédiaire entre les deux espèces. La forme de l'hybride est plus proche de l'espèce qui a donné les œufs que de celle qui a donné les spermatozoïdes. La fécondation d'un œuf d'une espèce par les spermatozoïdes

<sup>22</sup> Koehler, R. 1883. Recherches sur les Échinides des côtes de Provence. *Annales du Musée d'Histoire Naturelle de Marseille. – Zoologie*. Mémoire No. 3.

<sup>23</sup> d'Hondt, J.-L., Carpine-Lancre, J., 2016. Une page majeure de la zoologie lyonnaise : René Kœhler (1860-1931) et la campagne océanographique du Caudan (1895). *Bull. mens. Soc. Linn. Lyon*, 85 (3-4) :83-92.

d'une autre donne un hybride, mais l'œuf de la deuxième espèce n'est pas toujours fécondé par les spermatozoïdes de la première.

Outre ces travaux, il publie en 1893 un ouvrage sur l'usage de la photographie en sciences naturelles. Grâce au soutien financier des frères Lumière, il organise les campagnes de dragage du *Caudan* dans le golfe de Gascogne. Le prince Albert de Monaco lui confie l'étude des spécimens collectés lors des voyages des navires *Princesse Alice*, *Hirondelle* et *Investigator*. Il étudie aussi ceux des campagnes océanographiques dirigées par Jean Charcot sur le *Français* et le *Pourquoi Pas*. Il rassemble une collection de 830 flacons conservée à l'Université Claude Bernard de Lyon, et constitue une bibliothèque consacrée à la biologie marine. Il se consacre aux collections du Musée de Monaco et de plusieurs musées d'histoire naturelle (Paris, Calcutta et Washington).

### 9. Les travaux de Michel Delsol (1922-2012) sur la néoténie et l'évolution<sup>24</sup>

Michel Delsol est né le 5 août 1922 à Montignac (Dordogne), où il passera sa jeunesse. Après des études à l'Université de Toulouse, sur les conseils d'Albert Vandel (1894-1980), il rencontrera Pierre-Paul Grassé (1895-1985) et préparera une thèse de Doctorat d'État ès Sciences Naturelles qu'il soutiendra en Sorbonne en 1952 sous le titre *Action du thiouracile sur les larves de Batraciens – Néoténie expérimentale, rôle de l'hypophyse dans ce phénomène*<sup>25</sup>. Alors assistant en Sorbonne, il quitte toutefois Paris pour rejoindre les facultés catholiques de Lyon où se déroulera sa carrière.

Dès son arrivée à Lyon, d'abord maître de conférences puis rapidement nommé professeur, Michel Delsol développait dans le cadre du Laboratoire de Biologie Générale une thématique portant sur la métamorphose. En 1966, il devenait en outre Directeur d'Études à l'École Pratique des Hautes Études. Il s'intéressait aussi aux cycles de reproduction des animaux. À partir de 1979, il développa une nouvelle thématique de recherches, l'étude des Amphibiens Apodes (aujourd'hui Gymnophiones), confiant ces études à votre serviteur. Il développait aussi une réflexion sur la théorie synthétique de l'évolution.

Nous parlerons ici de ses travaux sur la métamorphose des amphibiens et sur la néoténie. Aucune explication du déterminisme de la métamorphose n'avait été apportée avant 1912 avant les travaux de Gudernatsch (1881-1962) publiés en 1912<sup>26</sup> qui montraient que des têtards nourris avec de la glande thyroïde se métamorphosaient plus rapidement que la normale. Inversement, une extirpation des thyroïdes et des hypophyses de têtards provoquait l'arrêt de la métamorphose et l'obtention de têtards géants, mais les méthodes utilisées étaient difficiles, leur précision limitée et l'on n'était jamais totalement certain d'avoir bien enlevé toutes les glandes ou de ne pas avoir ôté un autre organe. Vers 1940, des substances antithyroïdiennes étaient découvertes.

C'est à cette période que Michel Delsol commence sa thèse. La finalité de son travail était d'abord d'évaluer avec précision l'action des antithyroïdiens sur la métamorphose « d'en faire une étude mesurable ». La thèse portait également pour la première fois sur les aspects physiologiques et endocriniens du phénomène de néoténie.

L'animal étudié choisi était le crapaud *Discoglossus pictus* avec quelques autres espèces. Une table de développement du discoglosse qui n'existait pas encore était établie. Le thiouracile était choisi comme anti-

<sup>24</sup> Exbrayat, J.-M., 2008. Des expériences de néoténie expérimentale à l'évolution biologique (1945-1954) : les travaux de Michel Delsol. . In Morange, M., Perru, O. *Embryologie et évolution (1880-1950) – Histoire générale et figures lyonnaises*. IIEE, Lyon ; Vrin, Paris, pp. 73-98.

Exbrayat, J.-M. 2013. *In memoriam* Michel Delsol (1922-2012). *Bull. Soc. Herp. Fr.* **147** : 391-403.

Exbrayat, J.-M., 2013. Hommage à Michel Delsol (1922-2012). *Bull. Soc. zool. Fr.* **145**(2) : 119-133.

<sup>25</sup> Delsol, M., 1952. Action du thiouracile sur les larves de Batraciens. Néoténie expérimentale. Rôle de l'hypophyse dans ce phénomène. *Arch. Biol.* **63** : 279-392.

<sup>26</sup> Gudernatsch, J.F., 1912. Feeding experiments on tadpoles. I The influence of specific organs given as food on growth and differentiation. A contribution to the knowledge of organs with internal secretion. *Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen.* **35** : 457-483.

thyroïdien. Les expériences montraient que l'évolution du têtard était d'abord indépendante de la thyroïde, puis cette dernière commençait à agir en accumulant la thyroxine. Si la métamorphose était arrêtée (par le thiouracile), les têtards devenaient géants. Et c'est à ce moment que « l'hypothèse d'une réaction hypophysaire » vint à l'esprit de Michel Delsol.

Les travaux de Delsol allaient ainsi continuer par l'étude de la néoténie mise en parallèle avec le gigantisme des larves. Il proposait d'étudier les larves géantes obtenues lors des expériences précédentes en considérant l'appareil génital. Il observait des différences flagrantes entre les têtards normaux et les têtards géants à la métamorphose bloquée chez qui la formation des gonades se poursuivait, montrant ainsi que leur développement était indépendant de celui de l'animal. La suite du travail concernait les rapports entre hypophyse et thyroïde. Etaient examinés la sécrétion d'hormone thyroïdienne dans l'hypophyse de *Rana esculenta* (1956), celle de l'hormone antidiurétique hypophysaire chez *Alytes obstetricans* au cours de la métamorphose (1957) et les causes de la néoténie chez l'axolotl. La néoténie était un mécanisme tissulaire, les tissus de l'axolotl réagissant mal à la thyroxine (1957).

Depuis cette époque, suite à ces résultats, de nouveaux travaux concernant la métamorphose des amphibiens ont vu le jour. Les relations entre hypophyse et thyroïde au cours du développement ont été décryptées, l'expression de divers gènes maintenant connus a été comprise. Par la suite, l'influence des facteurs externes environnementaux (pollution, réchauffement) a été comprise.

#### IV. Conclusions

Quelques autres savants lyonnais de l'époque choisie tels que Louis Lortet (1836-1909) qui avait étudié l'incubation buccale chez des poissons de Moyen-Orient, ou encore Felix Le Dantec auraient pu être cités mais leurs travaux s'éloignaient quelque peu du sujet proposé. Les travaux des savants de l'époque choisie ont contribué à développer les connaissances, à ouvrir de nouvelles voies de recherche qui, avec l'évolution des outillages mais aussi des concepts sont directement ou indirectement à la base d'applications dans différents domaines, mais aussi permettent de comprendre les effets des facteurs environnementaux tels que la pollution (de divers ordres) ou le réchauffement climatique. Les répercussions sont également d'ordre sociologiques avec les interventions directes sur la reproduction ou le développement, dépassant la seule science par les réflexions éthiques qu'elles suscitent et les passions qu'elles déchaînent.

#### Références

- Bange, C., 2008. Raphaël Dubois et l'apparition de la fonction photogénique au cours du développement. In Morange, M., Perru, O. *Embryologie et évolution (1880-1950) – Histoire générale et figures lyonnaises*. IIEE, Lyon ; Vrin, Paris, pp. 48-71.
- Courrier, R., 1954. Notice sur la vie et les travaux de Eugène Bataillon, membre non résidant de l'Académie. *Institut*, **25** : 1-45.
- Delsol, M., 1952. Action du thiouracile sur les larves de Batraciens. Néoténie expérimentale. Rôle de l'hypophyse dans ce phénomène. *Arch. Biol.* **63** : 279-392.
- Denis, H., 1996. Déterminants et polarité embryonnaire. *Médecine/sciences*, **12** : 1281-1292.
- Exbrayat, J.-M., 2008. Des expériences de néoténie expérimentale à l'évolution biologique (1945-1954) : les travaux de Michel Delsol. In Morange, M., Perru, O. *Embryologie et évolution (1880-1950) – Histoire générale et figures lyonnaises*. IIEE, Lyon ; Vrin, Paris, pp. 73-98.
- Exbrayat, J.-M., 2012. Les changements de paradigme en sciences de la vie ou comment obtenir des résultats justes avec des idées et des expériences fausses. *Rev. Fr. Histotechnol.*, **25** (1) : 23-40.
- Exbrayat, J.-M. 2013. *In memoriam* Michel Delsol (1922-2012). *Bull. Soc. Herp. Fr.* **147** : 391-403.

- Exbrayat, J.-M., 2013. Hommage à Michel Dlsol (1922-2012). *Bull. Soc. zool. Fr.* **145** (2) : 119-133.
- Exbrayat, J.-M., 2018. *Quelques aspects de l'histoire des sciences du vivant*. IIEE, Lyon ; Vrin, Paris.
- Fauret-Fremier, E., 1969. Notice sur la vie et les travaux de Maurice Caullery (1868-1958), membre de la section de zoologie. *Institut* **1960** (14) : 31-52.
- Fischer, J.-L., 1997. Georges Pouchet (1833-1894) : le mouvement, la forme et la vie. *In* : Blanckaert, C. et al. *Le Muséum au premier siècle de son histoire* : 363-373. Muséum national d'Histoire naturelle, Archives. Paris ISBN 2-85653-516-X.
- Fischer, J.-L., 2008. La rencontre de Chabry et de Bataillon à Lyon (1888) autour de l'embryologie expérimentale. *In* Morange, M., Perru, O. *Embryologie et évolution (1880-1950) – Histoire générale et figures lyonnaises*. IIEE, Lyon ; Vrin, Paris.
- Gayet, M., 2006. *Alexandre de Humboldt - Le dernier savant universel*. Vuibert, Paris.
- Gudernatsch, J.F., 1912. Feeding experiments on tadpoles. I The influence of specific organs given as food on growth and differentiation. A contribution to the knowledge of organs with internal secretion. *Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen.* **35** : 457-483.
- d'Hondt, J.-L., Carpine-Lancre, J., 2016. Une page majeure de la zoologie lyonnaise : René Kœhler (1860-1931) et la campagne océanographique du Caudan (1895). *Bull. mens. Soc. Linn. Lyon*, **85** (3-4) : 83-92.
- Jaussaud, P. 2015. *Raphaël Dubois et la bioluminescence*. Halshs-01199388 <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01199388>
- Koehler, R. 1883. Recherches sur les Échinides des côtes de Provence. *Annales du Musée d'Histoire Naturelle de Marseille. – Zoologie*. Mémoire N° 3.
- Loison, L., 2008. La question de l'hérédité de l'acquis dans la conception transformiste de Maurice Caullery. Premières réflexions sur la spécificité de la pensée néolamarckienne française. *In* Morange, M., Perru, O. *Embryologie et évolution (1880-1950) – Histoire générale et figures lyonnaises*. IIEE, Lyon ; Vrin, Paris, pp. 99-127.
- Morange, M., Perru, O. (sous la direction de). 2008. *Embryologie et Evolution (1880-1950) – Histoire générale et figures lyonnaises*, IIEE, Lyon, Vrin, Paris.
- Tarazi, S., 2022. Post-gastrulation synthetic embryos generated ex utero from mouse naïve ESCs. *Cell*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2022.07.028s>

### Sites Web

- Eugène Bataillon (22-10-1864 : 1-11-1953). Académie des Sciences et Lettres de Montpellier. [https://www.ac-sciences-lettres-montpellier.fr/academie/membres/biographie/805\\_Bataillon-Eug%C3%A8ne](https://www.ac-sciences-lettres-montpellier.fr/academie/membres/biographie/805_Bataillon-Eug%C3%A8ne)
- Futura Sciences. <https://www.futura-sciences.com/sciences/actualites/recherche-scientifiques-britanniques-creent-embryons-humains-sperme-7154/>
- La bioluminescence dans notre quotidien. <https://la-bioluminescence-dans-notre-quotidien-23.websself.net/les-applications-de-la-bioluminescence-chez-lhomme>
- The conversation. <https://theconversation.com/premier-embryon-synthetique-au-monde-une-prouesse-riche-en-promesses-et-en-questions-188418?>