

Artemia salina :

Un matériel, des possibilités

1. Extrait du site internet de Youenn Penlaë : pour aller plus loin en matière de nutrition

Artemia salina

Arthropoda Antennata Crustacea Branchiopoda

Crustacé Phyllopode, sous classe des Branchiopodes, ordre des Anostracés

par Youenn Penlaë

Sommaire

[Description](#)

[L'Artémia une nourriture très riche en protéines](#)

[Mode de vie, conditions de reproduction](#)

[Le cyste \(œuf\) de l'Artémia](#)

[Le phytoplancton, nourriture de l'Artémia](#)

[Nourritures de substitution pour l'Artémia](#)

[Applications de l'Artémia](#)

[Applications futures possibles](#)

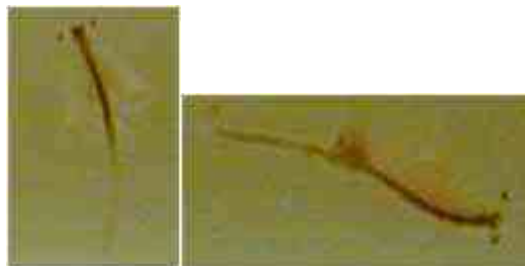
[Recherches](#)

[Recherches actuelles de l'auteur](#)

[Procédé pour l'élevage d'Artémia \(pour professionnels\).](#)

[Élevage de l'artémia \(aquariophilie\)](#)

[Demande kit d'élevage Artemia](#)



Artémies juvéniles, mâle adulte, femelle adulte

Dans les meilleures conditions de milieu et de nourriture, le stade adulte est obtenu en seulement 6 jours.

Articles nouveaux

[Préparation eau de mer](#) - 20.06.04

[Caculette densité/salinité eau de mer](#) - 29.01.05

[Huîtres d'expérimentation, l'artemia biodétecteur](#) - 05.09.04

CONTACT

Description

L'Artemia est une fascinante créature capable de s'adapter aux milieux de salinité les plus variables. C'est ainsi que par sélection, il semble possible d'acclimater de nouvelles espèces à des eaux presque douces (toutefois alcalines).

L'artémia salina est un petit crustacé vivant dans les lacs salés, les lagunes, les salines comme par exemple à [Guérande](#) en Bretagne du sud. La biomasse qu'il occupe peut atteindre 4g par m³. Son taux de conversion nourriture / augmentation de poids est compris entre 76% et 80%.

La majorité sexuelle est normalement atteinte en 10 à 20 jours dans la nature. Dans des conditions particulières d'élevage en laboratoire dans un biotope identique à la composition des mers très anciennes (l'Artemia était représentée lors de l'oligocène de l'ère tertiaire) et en le faisant baigner dans une eau saturée de phytoplancton ([chlamydomonas](#) donnant eau verte aussi foncée que de l'encre) d'une température de 28 à 31 °C avec de plus ajout de certaines vitamines et aussi certaines matières organiques d'algues benthiques, la maturité sexuelle peut être obtenue en 5 à 7 jours seulement. L'éclairage intense doit être permanent afin que le milieu soit correctement oxygéné par la photosynthèse du phytoplancton. La taille atteinte est alors de 10 à 12 mm. Sous ces conditions optimisées, la productivité obtenue est de l'ordre de 500g de poids frais / 1000l / jour. Pour une culture en bassin de 15 cm de hauteur, la productivité reste la même au m² à condition que le milieu se maintienne saturé de phytoplancton d'espèces à forte teneur en protéines (60%).

[En savoir un peu plus](#)

L'artémia une nourriture très riche en protéines

Selon mon expérience personnelle, le goût de l'artémia bouilli est voisin de celui de la crevette ordinaire. En Lybie, on mangeait des artémies et les Indiens d'Amérique du sud en mangeaient aussi associées à des galettes de maïs enrichies de Spirulines (*Spirulina Platensis*). Ils avaient ainsi une nourriture bien équilibrée en glucides et protéines animales et végétales.

Composition de l'artémia adulte :

Protéines 62,78 %

FAT, éther extract 6,51 %
Calories / g 5,896

Mode de vie et conditions de reproduction

La maturité sexuelle, après éclosion et selon condition du milieu est observée au bout de 6 à 20 jours. Espérance de vie dans la nature : 5 à 7 mois

Temps d'incubation des œufs : 24 h à 72 h selon qualité des œufs séchés ([cystes](#)). Tous les cystes d'éclosent pas en même temps. L'embryon reste encore attaché à son œuf 5 à 6 heures. Anhydrobiose - Œufs en diapause, flottant à la surface de l'eau sont rejetés sur les berges où ils subissent une dessiccation poussée. Cette dessiccation est nécessaire pour interrompre la diapause.

Le nauplii est attiré par la lumière mais contrairement à ce qui est dit, l'artémia adulte n'est pas attiré par la lumière. Il aurait même tendance à s'accumuler dans les zones sombres. L'artémia nage sur le dos mais sa nage peut être inversée si la source de lumière vient du bas. Il nage aussi sur le ventre au fond afin de remuer les micro-particules organiques sédimentées et les bactéries qu'il filtre. Ses branchiopodes qui lui servent de nageoires et de branchies ont aussi pour fonction d'agglomérer les particules trop fines comme les bactéries avant de les faire migrer vers sa bouche.

La température du milieu peut dépasser 35 °c mais la survie des artémias n'est assurée que si le phytoplancton est abondant et fortement éclairé (production d'oxygène naissant dû à la photosynthèse).

Le mâle s'accroche à la femelle en permanence. C'est celle-ci qui tire celui-ci en une nage rapide et désordonnée. Il arrive que deux mâles se mettent sur la même femelle.

Si le milieu est moins favorable (trop forte ou faible salinité, température trop élevée ou trop faible, changement de saison, pollution, manque de nourriture etc..) les femelles pondent des cystes qui devront subir une dessiccation osmotique pour pouvoir éclore parfois plusieurs années plus tard.

Lorsque le milieu est favorable les femelles sont ovovivipares. On ne connaît pas les conditions exactes du déclenchement de l'ovoviviparité. Les femelles peuvent avoir une fécondité de l'ordre de 50 nauplii par jour. Si, par exemple, la salinité du milieu augmente suite à un assèchement progressif (c'est notamment le cas dans les marais salants, les femelles produisent à nouveau des œufs). D'autres expérimentations indiqueraient que des œufs durables apparaissent même si le milieu est favorable et ceci au bout de la troisième génération. Par contre, dans un milieu reconstitué s'approchant des mers anciennes de l'ère tertiaire (eaux clonées de gisements de pétrole) la diapause n'apparaît pas sans qu'on sache pourquoi. Il est possible que c'est non seulement le niveau de salinité ou un autre facteur physico-chimique tel que la variation de la composition des sels du milieu qui déclenchent la diapause. Des essais dans un milieu original ont été conduits jusqu'à la 14 ième génération sans qu'apparaisse ce phénomène (1974, Youenn PENLAË).

Le phytoplancton, nourriture de l'artémia

L'élevage intensif des artémias ne peut se faire dans de bonnes conditions de salubrité, de bonne croissance, de non toxicité qu'en nourrissant *Artémia* avec sa nourriture naturelle [la plus adaptée](#). C'est à dire du phytoplancton vivant. Le phytoplancton est constitué d'algues microscopiques. Certaines espèces de ces micro-algues sont favorables, d'autres ne le sont pas, d'autres encore peuvent être toxiques.



Prototype de nutribioréacteur système D pour la fabrication des engrais organiques destinés à la culture du phytoplancton.

Autres nourritures possibles pour l'artémia

D'autres nourritures peuvent être utilisées pour l'élevage. Pratiquement toutes les particules alimentaires peuvent être utilisées à condition que la taille de ces particules soient au dessous de 50 microns. Toutefois il y a risque de pollution bactérienne et donc de forte mortalité. Le milieu doit être très aéré et carbonaté afin de tamponner le pH (7,8 à 9,5). Si le pH descend en dessous de 7,5, c'est le signe d'une forte fermentation bactérienne. Les artémias ne résistent pas à ce pH et surtout au manque d'oxygène.

- *Levure de bière* ou de boulanger : la croissance des artémies est très lente. A forte concentration d'artémies, la mortalité est élevée.
- *Lait en poudre* : les larves atteignent rapidement la taille de 1 mm puis la croissance cesse. Le milieu dégage une forte odeur de fromage pour ne pas dire plus ... En réalité les artémias ne se nourrissent pas directement du lait dissout mais des bactéries issues de la fermentation.
- *Algues benthiques rouges* telles que *Palmaria sp* et *Porphira umbilicalis* donnent de bon résultats selon mes essais, soit 12 jours pour atteindre le stade adulte.
- *Algues benthiques vertes* telle que *Ulva sp* donnent un résultat moyen, soit deux semaines pour atteindre le stade adulte.
- *Sang* : je n'ai jamais essayé. Reste théoriquement possible.
- *Phytoplancton marin en poudre* : son utilisation est délicate. Ne permet pas à lui seul un élevage intensif pour des non-professionnels.
- *Phytoplancton liquide* (non à base de Spiruline) : vendu dans les boutiques d'aquariophilie. Résultat décevant.
- *Phytoplancton séché à froid* constitué de 70 % de spirulines fragmentées et de 30 % de phytoplancton originaire de l'océan pacifique à Hawaii. [Ce produit](#) permet un élevage de bon rendement et de qualité s'il est associé au [phytoplancton BZH](#). L'état adulte est obtenu en 8 jours.
- *Spiruline séchée*: certaines [productions de spirulines](#) d'Amérique du sud et d'Afrique (car non pures) posent problème de toxicité pour Artémia. Les spirulines produites à [Hawaii](#), ne sont

pas toxiques et donnent d'excellents résultats. L'apport au bac d'élevage doit être bien dosé sous peine d'une fermentation bactérienne qui peut être mortelle pour les artémias par privation d'oxygène.

- *Spiruline marine vivante* (production du laboratoire de Genève). Les résultats ne sont bons que jusqu'au début du stade adulte. Ensuite, peuvent intervenir de [curieux phénomènes](#) capables de détruire à 90 % toute la population adulte.



Jusqu'à 32 essais simultanés peuvent être pilotés dans le laboratoire de Genève pour évaluer l'innocuité de différents produits alimentaires. Ici c'est la poudre de Spiruline de Hawaii qui est testée. L'artémia est très sensible à la moindre trace d'élément toxique (métaux lourds, dioxine, pesticides). L'artémia est idéal pour des tests préliminaires économiques et simples de tous les produits de l'agriculture biologique.

Applications de l'Artémia :

Aquaculture, aquariophilie, études des innocuités (voir ci-dessus) et [agents toxiques](#), isolation de souche de phytoplancton de taille supérieure à 30 microns, alimentation humaine chez de très rares peuplades.

Applications futures possibles :

Alimentation humaine, lutte contre la malnutrition.

Nourriture associée aux spirulines pour futures bases spatiales (en 2030?) notamment sur la planète Mars qui dispose des ressources nécessaires en eau et sels minéraux pour ces cultures sous dômes transparents. Recyclage de l'air par les spirulines, absorption du gaz carbonique, production d'oxygène.

Note 1 :

Le 9 octobre 1997 Artémia Salina a fait son premier vol dans l'espace à bord de la capsule Photo lancée depuis le cosmodrome de Plessetsk à 650 km de Moscou dans le cadre d'expériences de biologie spatiale.

Recherches :

Sélection d'espèces. Études des mutations, une nouvelle génération pouvant être obtenue en 6 à 7 jours (expérience de l'auteur).

Il serait notamment intéressant de sélectionner des espèces plus grosses et/ou s'adaptant à l'eau presque douce. Des essais ont été conduits dans de l'eau à 2g /l de salinité mais la mortalité était voisine de 80%. Toutefois le stade adulte a été atteint malgré tout. Il n'a pas été observé de reproduction. Un espoir demeure de sélectionner par de très nombreux essais une nouvelle espèce d'eau douce.

De rares fois, en milieu optimisé, quelques artémias femelles atteignant 18 mm à 20 mm de long ont été observées. Toutefois cette taille n'est atteinte qu'au bout d'une croissance de plusieurs mois. Il n'a pas été possible d'arriver à stabiliser une génération d'artémias de cette taille faute de suffisamment d'individus obtenus pour arriver à fixer le facteur génétique mutant.

Une recherche intéressante serait l'étude de l'Artemia pour comparer les gènes des espèces Artémia spécifiquement parthénogénétiques à celles des espèces se reproduisant en mode sexué. L'application serait de déterminer le facteur génétique de la parthénogenèse chez Artemia à des fins d'extrapolation sur le [clonage parthénogénétique](#) à usage thérapeutique. Toutefois je doute qu'il y ait des espèces [exclusivement parthénogénétiques](#) car l'hybridation est possible entre espèces parthénogénétiques et celles bisexuées (Mes essais conduits en 1974 et reconfirmés en 2004 suite à une discussion avec un naturaliste expert en crustacés branchiopodes).

Recherches actuelles de l'auteur :

- Mise au point de la culture d'une nouvelle souche de cyanobactérie en eau de mer naturelle dans le cadre du développement durable et de la lutte contre la malnutrition infantine dans les pays en cours d'émergence.
- Ostréculture : procédé de culture de la navicule bleue (Halea-ostrearia), culture réputée comme très difficile.
- Mise au point d'un distillateur solaire d'eau de mer destiné à une production artisanale pour les pays chauds en bordure de mer, d'eau saumâtre ou insalubre et dont les ressources en eau potable sont rares. En effet le dessalement de l'eau de mer et celui des eaux saumâtres constitue depuis plusieurs décennies la solution à la pénurie d'eau dans de nombreuses parties du monde. Cependant, le coût de dessalement à base de combustibles fossiles ou du nucléaire demeure encore trop élevé et ne peut être supporté par les pays en voie d'émergence. Seul le distillateur solaire utilisé à échelle non-industrielle, sans technologie sophistiquée pourrait être simplement et rapidement mis en œuvre pour les besoins en eau potable de villages ou de familles.

Ces recherches sont financées par l'ONG Bretagne Solidarité Internationale basée à Genève, capitale des actions humanitaires, des droits de la personne et des peuples opprimés.

En tant que Breton, je remercie la Suisse de m'accueillir, pays ouvert, respectueux autrement qu'en paroles des communautés culturelles (En Suisse, il y a quatre langues officielles). La Suisse est vraiment ma patrie d'adoption et tout particulièrement la [Genève internationale](#) faite de 38 % d'étrangers et qui conserve pourtant sa fascinante identité.

Les peuples des montagnes et de la mer sont faits pour s'entendre, se comprendre et réussir

ensemble pour le bien de l'humanité.

[RETOUR](#)

| [Accueil](#) | [Invention](#) | [Phyto-HWI](#) | [Décapsulation](#) | [Fossile](#) | [Nourriture](#) | [Cystes](#) | [Bibliographie](#) | [Élevage](#) | [Demande kit élevage](#) | [Contact](#)
| [spirulina artemia](#) | [Eau de mer](#) | [Bromacil toxicité](#) | [huître artemia](#) | [Eaux faiblement minéralisées](#)

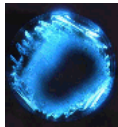
Copyright © 2003 Youenn Penlaë

Page modifiée le 03.03.05

2. Extrait vidéo élevage d'Artemia salina pour aquariophilie avec quelques astuces.

http://www.aquariomania.net/L-elevage-des-artemias_a334.html?PHPSESSID=b8335ee3f950fe2b938f92a1593ee4c5

3. Extrait site Didier Pol : extensions en matière d'évolution et de classification



Biologie amusante



Nouvelle série inédite

Février 2002

Vers la grande synthèse : la théorie de l'évolution

De l'Antiquité jusqu'au dix-huitième siècle, pour le public comme pour les naturalistes, la Terre et le monde vivant n'avaient pas d'histoire. En effet, la plupart des dogmes religieux, notamment hindouiste, juif et chrétien, désireux de dater la création du monde, imposaient à leurs fidèles le mythe d'une création de la planète et de ses êtres vivants vieille de quelques milliers d'années tout au plus.

On dispose aujourd'hui de preuves scientifiques démontrant que [la vie a une longue histoire](#), de quelque 3,8 milliards d'années, et que tous les êtres vivants dérivent d'une origine commune. Mais cette idée a mis longtemps à s'imposer et elle est encore combattue par les « créationnistes », intégristes religieux qui entretiennent la confusion entre deux aspects différents de la pensée humaine, la religion, fondée sur la croyance, et la science fondée sur la démonstration rationnelle. Particulièrement influents aux États-Unis, où ils ont réussi à faire interdire l'enseignement de l'évolution dans plusieurs états, ces combattants d'arrière garde sont heureusement beaucoup moins influents en France.

Une première classification des êtres vivants, établie par Carl von Linné (1707-1778), naturaliste et médecin suédois, introduisit l'utilisation d'une nomenclature binominale latine (un nom de genre et un nom d'espèce, par exemple *Canis lupus* pour le loup) dont le principe a été conservé jusqu'à aujourd'hui. Cette classification proposait pour la première fois un inventaire descriptif des espèces connues exploitant leurs similitudes, essentiellement anatomiques, pour caractériser des sous ensembles de différents niveaux (espèce, genre, famille, etc.).

Georges Cuvier (1769-1832) fut le premier à inclure les formes fossiles dans la classification. Alors précepteur en Normandie, il étudiait des animaux marins négligés par Linné comme les mollusques et les échinodermes. Ayant envoyé ses dessins de dissections à Étienne Geoffroy Saint Hilaire (1772-1844), ce dernier le recruta immédiatement comme professeur de zoologie. Geoffroy Saint Hilaire, membre de l'Académie des sciences, était lui même professeur de zoologie au Muséum d'histoire naturelle où il créa la ménagerie. Il affirmait, alors que la [théorie cellulaire](#) n'avait pas encore été formulée, qu'il existe une profonde unité de construction du monde vivant et que tous les êtres vivants peuvent être considérés comme des variations d'un plan unique. De son côté, Cuvier développa les idées originales de Félix Vicq d'Azir (1748-1794), véritable fondateur de l'anatomie comparée. Il montra, en particulier, qu'il existe des corrélations fonctionnelles entre les différents organes concourant à une même fonction. Ainsi, chez un carnivore, on trouve des griffes, des dents et une bonne vision. Il étudia systématiquement les fossiles et devint capable d'imaginer le squelette entier à partir de l'examen d'un seul os. Il proposa de classer le règne animal en quatre

grands groupes, Vertébrés, Articulés, Mollusques et Radiaires, base des classifications ultérieures. Cuvier écrivit de nombreux ouvrages et collectionna tous les honneurs successivement sous Napoléon Ier, Louis XVIII et Louis Philippe. Il fut élu à l'Académie des sciences en 1795 et nommé secrétaire perpétuel en 1803. Il fut également inspecteur général de l'éducation nationale, chancelier de l'Université, baron, grand officier de la Légion d'honneur, pair de France et membre de l'Académie française. Cuvier refusait toute idée d'évolution et soutenait une théorie selon laquelle des catastrophes détruisent périodiquement le monde vivant qui est ensuite recréé par Dieu. Il attaqua publiquement les idées évolutionnistes naissantes, tenta de ridiculiser les thèses de Geoffroy Saint Hilaire et de Lamarck et devint un véritable dictateur de la biologie grâce à ses fonctions publiques.

Dès la fin du dix-huitième siècle, le grand père de Charles Darwin et de Francis Galton, Erasmus Darwin (1731-1802), inventeur éclectique, poète et botaniste, avait formulé une théorie de l'évolution en trois volumes. Sous une forme poétique il affirmait que tous les êtres vivants descendent d'un ancêtre commun très simple, sorte de filament vivant doué d'irritabilité. Son livre *Zoonomia ou les lois de la vie organique*, publié en 1796, fut mis à l'index par l'église catholique. Jean Baptiste de Monet, chevalier de Lamarck (1744-1829), se destinait d'abord à être prêtre mais à la mort de son père il choisit d'entrer dans l'armée. Il la quitta avec le grade de lieutenant à la suite d'un accident et devint écrivain à gages tout en se consacrant à l'histoire naturelle. Il publia en 1778 *La flore française* où il introduisait l'usage de clés dichotomiques pour identifier les plantes. Il fut nommé professeur au muséum à cinquante ans et l'année suivante, élu à l'Académie des sciences. Il publia de nombreux ouvrages, notamment *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres* et *Recherches sur l'organisation des êtres vivants*, un ouvrage paru en 1803 dans lequel il prétendait que des caractères acquis peuvent devenir héréditaires. Lamarck est considéré comme le père de l'évolutionnisme car dans sa *Philosophie zoologique* parue en 1809, (année de la naissance de Charles Darwin !) il proposait pour la première fois une théorie d'après laquelle les différentes formes vivantes dérivent les une des autres. Il pensait que tous les êtres vivants pouvaient être classés sur un même arbre généalogique allant des plus simples aux plus complexes, ce que l'on appelle aujourd'hui *arbre phylogénétique*. Il prétendait également que les formes et les particularités des animaux s'étaient modifiés au cours des temps en raison de l'usage ou du non usage des organes, (les taupes sont devenues aveugles en raison de leur vie souterraine, les girafes ont un long cou à force de manger les feuilles des arbres, etc.).

Bien que ses idées sur l'hérédité des caractères acquis et sur les conséquences de l'usage et du non usage d'un organe se soient révélées erronées, on sait aujourd'hui que tous les êtres vivants ont néanmoins une origine commune. L'unité du vivant tant au niveau biochimique, le matériel génétique est constitué d'ADN chez tous les êtres vivants, qu'au niveau cellulaire, tous les êtres vivants sont constitués de cellules, en témoigne. Il faudra cependant l'apport de la génétique puis de la [biologie moléculaire](#) pour comprendre les mécanismes de l'évolution. Devenu aveugle à force d'utiliser le [microscope](#), Lamarck abandonna l'enseignement en 1825 et dut vendre ses collections pour survivre. Il mourut dans la misère.

Le saut conceptuel entre le fixisme d'un Cuvier et le transformisme d'un Lamarck s'est produit au dix neuvième siècle en même temps que le développement de nouvelles disciplines scientifiques comme l'anatomie comparée, l'embryologie, la paléontologie et la géologie. À cette époque, les savants pouvaient être aussi poètes comme on l'a vu pour Erasmus Darwin. Ainsi, le grand poète allemand, Goethe (1749-1832), ne dédaignait pas non plus l'activité scientifique et il eut une influence considérable, notamment sur les idées de Geoffroy Saint Hilaire. Il fonda la morphologie et donna leur impulsion aux premières recherches en embryologie.

À la même époque, en particulier sous l'impulsion de Charles Lyell (1797-1875), la géologie prit son essor et montra qu'il fallait dater les roches en millions d'années. Lyell souligna les incohérences tant de l'interprétation biblique que de la théorie des catastrophes de Cuvier pour expliquer l'histoire de la Terre et fonda l'actualisme, interprétation des phénomènes géologiques passés à la lumière des mêmes causes (causes actuelles) qui expliquent les phénomènes géologiques

contemporains. Il publia à partir de 1830 *Principes de géologie*, son cours au Collège royal de Londres, qui fit immédiatement autorité et eut une grande influence sur Darwin. Ce dernier affirma à propos de son propre ouvrage, *L'origine des espèces* : « Il me semble que la moitié de mon livre sort du cerveau de Lyell ». Dans ses *Principes de géologie*, Lyell démontrait notamment que la Terre a une origine datée de plusieurs centaines de millions d'années et qu'elle s'est formée progressivement. Il montrait aussi que le déluge est un mythe mais qu'il y a eu, en revanche, une période glaciaire.

Dès 1800, le géologue Charpentier affirmait déjà que les Alpes suisses avaient été sculptées par des glaciers disparus depuis longtemps. Le naturaliste suisse Louis Agassiz (1807-1873), professeur d'histoire naturelle à Neuchâtel, le démontra en 1846 au bout de huit années de travail sur le terrain. Il affirma en outre que la glace avait même recouvert toute l'Europe du Nord. Agassiz était un élève de Cuvier dont il avait répertorié les collections de poissons et il avait acquis lui aussi la capacité de déduire un squelette complet de l'examen raisonné d'un seul os. Il en fit la démonstration en public, devant un parterre de savants anglais. Il essaya d'adapter la théorie des catastrophes de Cuvier en prétendant que chaque nouvelle création repartait de l'état précédent de façon à améliorer progressivement les créatures. Il partit enseigner la géologie et la zoologie à l'université de Cambridge aux États-Unis en 1846.

Malgré leur opposition à l'idée d'évolution, Cuvier, Agassiz mais aussi Richard Owen (1804-1892), le « Cuvier anglais », apportèrent, à leur corps défendant, de l'eau au moulin de l'évolution. Owen reprit notamment les notions fondamentales d'homologie et d'analogie établies par Geoffroy Saint Hilaire : des organes assurant la même fonction comme les ailes des oiseaux et celles des insectes sont analogues s'ils n'ont pas la même origine embryonnaire tandis que des organes pouvant assurer des fonctions différentes mais ayant la même origine embryonnaire comme les membres antérieurs des vertébrés, qu'il s'agisse de patte, d'aile, de bras ou de palette natatoire, sont homologues. Ces homologies interprétées initialement comme une simple origine embryologique commune révèlent en fait une origine commune, donc une parenté évolutive.

Si Geoffroy Saint Hilaire et Étienne Serres (1786-1868) avaient déjà remarqué que tous les embryons de vertébrés passent par des stades rappelant l'organisation adulte des poissons ou des reptiles (les embryons de mammifères présentent en particulier des poches branchiales à un moment de leur développement), c'est Karl von Baer (1792-1876) qui devait fonder l'embryologie comparée. Il montra que les caractères les plus généraux, par exemple ceux communs à l'embranchement comme la corde dorsale chez les vertébrés, se mettent en place avant les caractères plus spécifiques, ceux de la classe, de l'ordre, de la famille, etc. Ernst Haeckel (1834-1919), un des plus chauds défenseurs de la théorie de Darwin, devait en tirer ultérieurement une « loi biogénétique fondamentale » affirmant - à tort - que le développement embryonnaire récapitule l'évolution.

L'idée de sélection naturelle avait été formulée dès 1813 par trois médecins anglais, membres de la Royal Society, Wells, Prichard et Lawrence. Les travaux des deux premiers restèrent ignorés tandis que l'ouvrage de Lawrence, *Zoologie et histoire naturelle de l'homme*, dans lequel il affirmait que toutes les races humaines proviennent de mutations semblables à celles observées dans les élevages de lapins, fut déclaré contraire aux écritures et interdit de réédition. En 1831, l'année où Darwin entama son voyage d'études sur le Beagle, un botaniste écossais peu connu, Patrick Matthew, formula lui aussi une théorie de la sélection naturelle qui anticipait celle que Darwin devait développer dans *L'origine des espèces* près de trente ans plus tard. L'idée d'évolution s'imposait ainsi peu à peu dans le public. En 1844, *Vestiges de l'histoire naturelle de la création*, un livre condamné comme impie, fut un succès de librairie bien que publié anonymement et n'apportant rien de nouveau à l'appui de l'idée d'évolution. L'auteur était un amateur inconnu nommé Chambers.

Charles Darwin (1809-1882) proposa la première théorie de l'évolution vraiment documentée, reposant sur un mécanisme explicatif, la variation et la sélection naturelle. Après avoir navigué pendant cinq ans (1831-1836) comme naturaliste à bord du navire d'exploration Beagle en

Amérique du Sud et dans le Pacifique, rapporté une documentation considérable et publiés ses notes de voyage, il étudia diverses espèces britanniques, abeilles, fourmis, balanes, plantes ainsi que divers animaux domestiques, notamment les nombreuses variétés de pigeons, qui lui permirent de déduire certains principes de la sélection naturelle de l'observation de la sélection artificielle. Il travailla pendant plusieurs années à accumuler des arguments et, en 1844, il avait déjà rédigé deux essais pour expliquer sa théorie. En envoyant un de ces essais à son ami, le grand botaniste Joseph Hooker (1817-1911), il écrivait : « ...je suis presque convaincu que les espèces ne sont pas (c'est comme si j'avouais un crime) immuables. Je pense que j'ai découvert (c'est une présomption) le moyen simple par lequel les espèces deviennent remarquablement adaptées à des fins variées. » Tout en accumulant les arguments montrant que les espèces ont évolué au cours des temps géologiques, il hésitait cependant à publier sa théorie sachant qu'elle ferait grand bruit. En 1858, il reçut une lettre en provenance des îles Moluques adressée par un certain Alfred Russel Wallace (1823-1913).

Ce dernier, naturaliste et collectionneur de spécimens, a donné son nom à la « ligne de Wallace » qui sépare les faunes insulaires malaises et pacifiques. Dans sa lettre, Wallace présentait des idées sur la variation et la sélection naturelle identiques à celles que Darwin avait formulées dans ses notes à tel point qu'il put écrire à Lyell : « Si Wallace avait eu en main mon manuscrit, écrit en 1842, il n'aurait pas pu en donner un meilleur résumé ! ». Par souci d'équité, il fut décidé que Lyell et Hooker présenteraient simultanément les communications de Darwin et de Wallace devant la Société Linnéenne de Londres. Présentées le premier juillet 1858, elles eurent un impact immédiat sur le monde scientifique et Darwin se lança avec frénésie dans la rédaction d'une version destinée au grand public.

Dès sa parution, le 24 novembre 1859, les 1 250 exemplaires de la première édition de *The Origin of Species by Means of Natural Selection, or The Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life* (*L'origine des espèces par la sélection naturelle ou la préservation des races favorisées dans la lutte pour la vie*) furent épuisés en une journée mais plusieurs journaux se firent très critiques. Le problème passionnait le public et Richard Owen alla jusqu'à écrire des articles sous un faux nom en se réclamant du célèbre professeur Owen pour attaquer la théorie de l'évolution ! Les thèses de Darwin s'appuyaient non seulement sur ses multiples observations minutieuses faites au cours de son voyage sur le Beagle (par exemple les célèbres Pinsons des Galapagos présentant une grande variété d'espèces différentes peuplant des îles très proches), mais aussi sur la faune des îles britanniques et sur les résultats de la sélection artificielle chez les animaux domestiques. Sa théorie, tout comme celle de Wallace, s'appuyait sur le constat de la variabilité individuelle au sein des populations naturelles et sur la notion de sélection naturelle des mieux adaptés dans un milieu hostile aux ressources limitées. En outre, l'analyse faite par T.R. Malthus (1766-1834) de la limitation des populations par les ressources alimentaires avait fini de le convaincre de l'importance de la lutte pour l'existence.

Dès lors, de nombreux phénomènes biologiques incompris jusque là prenaient un nouveau sens à la lumière de l'évolution. On put établir, par exemple, une étroite parenté entre des organismes à première vue très différents dont on ne comprenait pas la place dans la classification, notamment des parasites dont la morphologie est souvent simplifiée, en examinant leurs stades embryonnaires ou larvaires. Ainsi, tous les crustacés présentent à un moment de leur développement une forme larvaire appelée nauplius. De même, tous les mollusques présentent une larve véligère. De même, l'existence d'organes rudimentaires ou atrophiés s'éclairait si on les considérait comme les vestiges d'organes fonctionnels chez un ancêtre.

Désormais, toutes les branches de la biologie apportèrent des arguments à la théorie de l'évolution, les nouvelles découvertes s'intégrant logiquement dans une conception historique et évolutive du monde vivant : l'anatomie comparée et la paléontologie, certes, mais aussi la biogéographie, l'éthologie, l'embryologie, la biologie cellulaire, la biochimie...

Toutefois, la théorie de l'évolution butait encore sur le problème de l'hérédité des caractères et, dans *L'origine des espèces* comme dans ses ouvrages suivants, Darwin ne réussit pas à résoudre ce

problème. Il semble qu'il n'ait pas eu connaissance des résultats de Grégor Mendel (1822-1884) publiés en 1866. Ce dernier, dans sa fameuse étude sur l'hérédité des pois, montrait que l'hérédité dépend d'éléments matériels transportés par les gamètes lors de la fécondation et qui se répartissent dans la descendance en obéissant à des lois statistiques. La redécouverte des lois de Mendel au début du vingtième siècle conduisit à l'élaboration de la théorie chromosomique de l'hérédité par Thomas Hunt Morgan (1866-1945). À la suite de ses travaux sur la mouche drosophile, aujourd'hui encore un des organismes modèles les plus utilisés par les biologistes, il montra que les déterminants des caractères héréditaires, les gènes, sont portés par les chromosomes du noyau cellulaire et que chaque individu ne reçoit que la moitié des gènes de ses parents. Il reçut le prix Nobel en 1933. Ces résultats ouvraient aussi la voie à une discipline nouvelle, la génétique des populations.

Dans son ouvrage *La théorie génétique de la sélection naturelle* publié en 1930, Ronald Fisher (1890-1962) réconciliait l'évolution darwinienne et la génétique en montrant que la sélection naturelle favorise d'autant plus le maintien de certains allèles (les différentes formes sous lesquelles existe un gène) dans une population qu'ils procurent un avantage plus important. S'appuyant largement sur les mathématiques pour rendre compte de la structure génétique des populations, Sewall Wright (1889-1988) identifia l'effet fondateur, effet d'échantillonnage lorsqu'une petite population se sépare d'un plus vaste ensemble, et la dérive génétique, modification de la répartition des allèles au cours du temps liée aux petites populations. Ils ouvraient ainsi la voie à une théorie synthétique de l'évolution formalisée pour la première fois par Julian Huxley (1887-1975) dans son livre *L'évolution, la synthèse moderne*. Julian Huxley était le petit-fils de Thomas Huxley (1825-1895), l'un des principaux soutiens de Darwin. Mais c'est Theodosius Dobzhansky (1900-1975), généticien américain d'origine russe, qui élaborait la véritable synthèse en considérant le problème de l'évolution à la fois du point de vue du généticien et du point de vue du systématicien, notamment dans *La génétique et l'origine des espèces* publié en 1937. Cette approche reste féconde aujourd'hui pour la systématique phylogénétique.

George Simpson (1902-1984) apporta à la théorie synthétique des arguments paléontologiques. Spécialiste de l'évolution des équidés, il fut amené à distinguer microévolution, macroévolution et mégaévolution pour rendre compte de l'apparition et de la divergence de nouveaux groupes aux différents niveaux de la classification (espèces, familles, classes, etc.). Il pensait toutefois qu'un processus unique et graduel permettait d'expliquer l'évolution à ces différents niveaux.

L'idée d'évolution n'est plus contestée aujourd'hui chez les biologistes mais ses modalités donnent encore lieu à controverse. Ainsi, la notion de sélection naturelle a dû être relativisée à la suite des travaux de Motoo Kimura (1924-1994) et de son école neutraliste montrant que certains gènes évoluent sans donner prise à la sélection et le gradualisme de Simpson a été remis en question par Niles Eldredge et Stephen Jay Gould en 1972 avec leur théorie des équilibres ponctués et la distinction des mécanismes affectant micro et macroévolution.

Quoiqu'il en soit, l'aphorisme de Dobzhansky selon lequel « *En biologie, rien n'a de sens si ce n'est à la lumière de l'évolution* » s'appuie désormais sur des bases solides et toutes les nouvelles connaissances apportées par la biologie moderne, notamment par la [biologie moléculaire](#), confirment sa pertinence. Ainsi, le séquençage des génomes et l'utilisation de l'informatique permettent désormais de comparer des milliers de biomolécules et d'établir solidement les relations de parenté sur des données moléculaires qui confirment le plus souvent les travaux historiques. En outre, l'identification des gènes du développement, communs à tous les grands groupes d'êtres vivants, permet d'approcher de plus en plus précisément les mécanismes macroévolutifs jusqu'ici inaccessibles aux biologistes.

La larve nauplius montre la parenté des crustacés

L'évolution implique que tous les êtres vivants ont une relation de parenté puisqu'ils dérivent tous d'un ancêtre commun. Pour établir le grand arbre généalogique reliant tous les organismes, passés et présents, il faut donc identifier ces parentés. Historiquement, ce sont les données de l'anatomie comparée, de l'embryologie comparée et de la paléontologie qui ont surtout été utilisées à cet effet même si on se tourne aujourd'hui vers l'analyse des données moléculaires qui peuvent être aisément comparées sur ordinateur.

Revenons sur un cas historique ayant permis d'établir les liens de parentés entre des animaux à première vue très dissemblables.

Considérons les balanes, des animaux marins vivant fixés sur les rochers, sur la coquille d'autres animaux, sur des bouts de bois dérivant en mer, voire sur la peau des baleines.

Les balanes sont recouvertes de plaques rappelant la coquille de certains mollusques.



Balanes sur une huître



Coquilles de patelles



Détail des balanes

Malgré cet élément trompeur de ressemblance avec les patelles, les balanes ne sont pas des mollusques mais des crustacés car elles possèdent l'organisation générale du corps des crustacés et surtout le même type de larve, le nauplius. Elles appartiennent à la classe des crustacés cirripèdes comme les anatifes qui vivent également fixées mais dont la forme du corps rappelle plutôt la moule.



Anatife
(quelques cm de long)

Plus épineux fut le cas de parasites comme la lernée ou la sacculine. La lernée est un parasite vermiforme qui se fixe aux branchies des poissons tandis que la sacculine est formée de filaments envahissant le corps des crabes à la manière d'un champignon parasite. La morphologie de ces animaux ne ressemble à celle d'aucun autre et leur place dans la classification resta longtemps mystérieuse. C'est seulement quand fut compris leur cycle de vie comportant un stade larvaire nauplius que ces animaux purent être identifiés comme des crustacés en dépit de leur morphologie si curieuse. En outre, leurs autres stades larvaires montrent que la lernée est un crustacé copépoïde tandis que la sacculine est un crustacé cirripède, c'est à dire appartenant à la même classe que les balanes et les anatifes.

Pour cette fois, il ne s'agit donc pas d'une expérience mais d'une observation, celle des larves nauplius, caractéristiques des crustacés. Pour cela, nous allons élever des artémies (*Artemia salina*), petits crustacés branchiopodes vivant dans les eaux très salées comme les marais salants. Après éclosion des œufs, il sera possible d'observer au microscope les larves nauplius caractéristiques de l'embranchement des crustacés et éventuellement de suivre leurs diverses transformations jusqu'à l'état adulte.

Matériel

Gros sel marin, un récipient large (plat hémisphérique ou cylindrique en pyrex de diamètre environ 20 cm ou grand cristalliseur), un compte gouttes, des œufs déshydratés d'artémies (en vente dans les magasins d'aquariophilie), de la levure de boulangerie, microscope, lame creuse ou verre de montre.

Comment procéder ?

Dissoudre 10 à 20 g de sel marin non iodé dans un litre d'eau du robinet disposée dans le récipient en agitant jusqu'à dissolution complète. Laisser reposer la solution pendant quelques jours pour

éliminer le chlore présent dans l'eau de conduite.

Agiter pour oxygéner le milieu avant de disperser une pincée d'œufs d'artémie à la surface de l'eau.

Pour nourrir les larves, mettre un peu de levure en suspension dans quelques mL d'eau, agiter pour faire disparaître d'éventuels grumeaux et, après éclosion, verser chaque jour quelques gouttes de la suspension dans le récipient des artémies. Conserver les levures au réfrigérateur dans l'intervalle.

Prélever un peu d'eau dans le récipient avec un compte gouttes et placer une goutte dans une lame creuse ou un verre de montre. Observer au microscope.

NB Pour récolter davantage de larves, éclairer latéralement le récipient avec une lampe de poche : les larves qui sont attirées par la lumière nagent vers la source lumineuse et on peut ainsi en prélever davantage avec le compte gouttes.

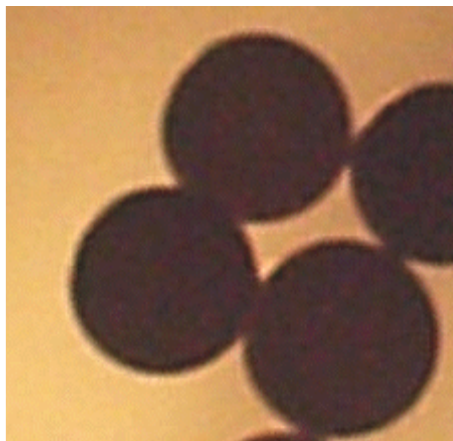
Résultats

Il est possible d'observer l'éclosion de l'œuf et différents stades larvaires, notamment la fameuse larve nauplius caractéristique des crustacés. C'est l'identification de cette dernière qui a permis, comme indiqué plus haut, de rattacher aux crustacés, non seulement les balanes et les anatifes, mais aussi les lernées et autres sacculines, formes à la morphologie dégradée par le parasitisme, et donc d'établir l'étroite parenté entre ces animaux d'aspect très différent.

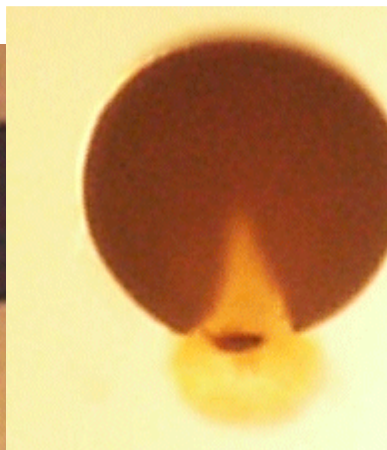
Si on ajoute quelques œufs tous les jours, on finit par obtenir tous les stades simultanément dans le récipient. On peut aussi cultiver les larves jusqu'à l'état adulte. L'observation des artémies adultes est très intéressante et leur élevage peu coûteux permet de mener des expériences simples.

Les images ci-dessous ont été obtenues au microscope avec un appareil photo numérique.

Certaines images peuvent être agrandies en cliquant dessus.



Oeufs (x 40 + zoom numérique)



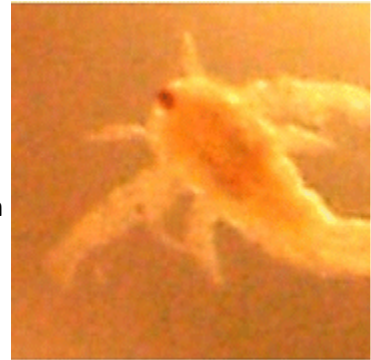
Éclosion de l'oeuf (x 100)
Noter l'oeil nauplien pigmenté.



Embryon (x 100)



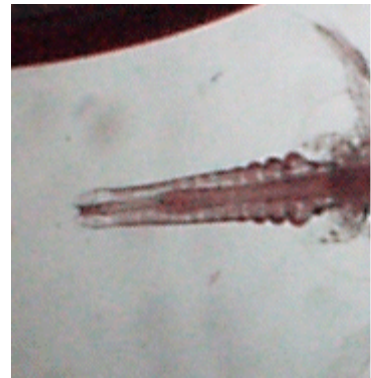
Larves nauplius (x 40)
Noter les trois paires
d'appendices et l'oeil nauplien



Larve nauplius (x 100)

Noter le tube digestif
(visible par transparence).

Formation de métamères en
arrière chez le metanauplius



Larve metanauplius (x 100)