

CHRISTIAN SARDET

PLANCTON

Aux origines du vivant



ulmer

SOMMAIRE

Introduction. Organismes à la dérive

Qu'est-ce que le plancton? p. 7
Le plancton et les hommes, p. 9
Les origines : une histoire mêlée de la planète et de la vie, p. 10
Explosions, extinctions et évolutions de la vie dans l'océan, p. 11
Histoire chronologique & Arbre de vie, p. 12
Domaine, règne, phylum, classe, ordre, famille, espèce, p. 14
Des organismes de toutes tailles, aux rôles et comportements variés, p. 16
De la collecte à l'identification et l'imagerie du plancton, p. 18

Plancton du monde

La rade de Villefranche-sur-Mer, France : Haut lieu d'étude du plancton, p. 22
Entre Équateur et Galapagos : *Tara Oceans*, p. 24
Caroline du Sud, États-Unis : Dans les marais, p. 26
La riche péninsule d'Izu et Shimoda, Japon : Plancton d'automne, p. 28

UN IMMENSE PEUPLE D'ÊTRES UNICELLULAIRES

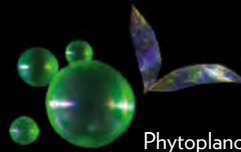
Aux origines de la vie



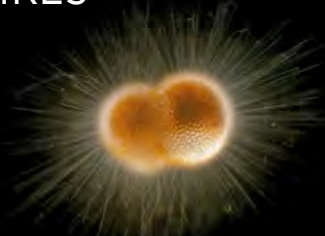
BACTÉRIES,
ARCHÉES ET VIRUS
Invisibles omniprésents, p. 32



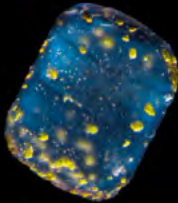
PROTISTES
Des êtres unicellulaires,
précurseurs des animaux
et des plantes, p. 38



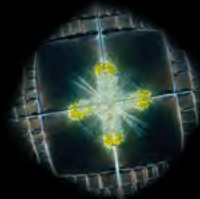
Phytoplancton,
p. 43



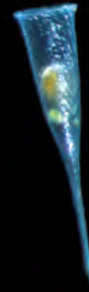
COCCOLITHOPHORES
ET FORAMINIFÈRES
Architectes du calcaire, p. 48



DIATOMÉES
ET DINOFLAGELLÉS
Maisons en silice
ou cellulose, p. 54



RADIOLAIRES, POLYCYSTINES
ET ACANTHAIRES
Végétaux et animaux
à la fois, p. 70



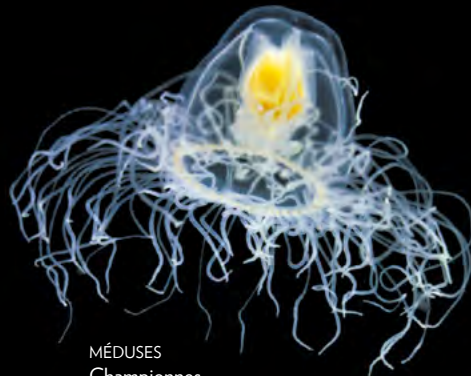
CILIÉS TINTINNIDES
ET CHOANOFLAGELLÉS
Motilité et multicellularité, p. 86

CNIDAIRES ET CTÉNOPHORES

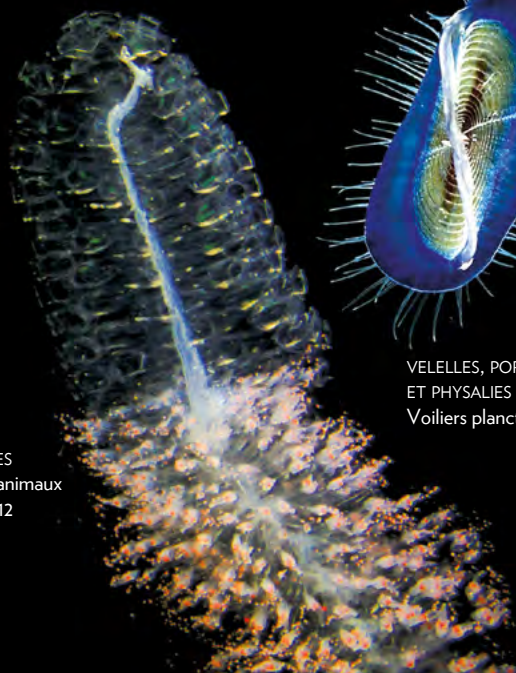
Formes ancestrales



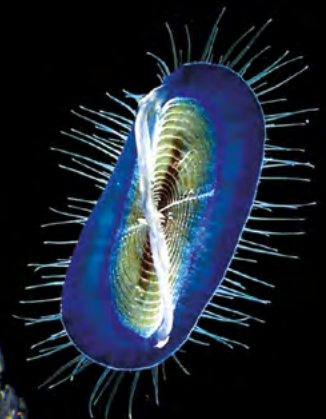
CTÉNOPHORES
Carnivores porteurs
de peignes, p. 94



MÉDUSES
Championnes
de l'adaptation, p. 102



SIPHONOPHORES
Les plus longs animaux
du monde, p. 112



VEELLES, PORPITES
ET PHYSALIES
Voiliers planctoniques, p. 122

MOLLUSQUES ET CRUSTACÉS

Rois de la diversité



LARVES DE CRUSTACÉS
Mues et métamorphoses,
p. 134



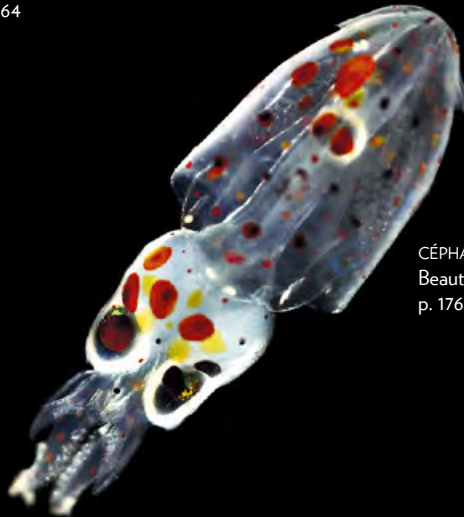
DES COPÉPODES
AUX AMPHIPODES
Variations sur le même
thème, p. 144



PHRONIMES
Monstres des
tonneaux, p. 154



PTÉROPODES ET HÉTÉROPODES
Des mollusques qui nagent
avec leurs pieds, p. 164



CÉPHALOPODES ET NUDIBRANCHES
Beauté colorée et camouflage,
p. 176

DES VERS AUX TÊTARDS

Un monde de flèches et de tubes



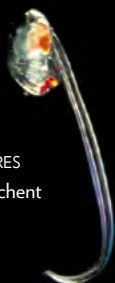
CHAETOGNATHES
Micro-crocodiles
des océans, p. 184



ANNÉLIDES POLYCHÊTES
Des vers dans la mer, p. 192



SALPES, DOLIOLES
ET PYROSOMES
Des gélatineux
évolués, p. 198



APPENDICULAIRES
Têtards qui pêchent
au filet, p. 204



Embryons et larves,
p. 208

Index, p. 212
Bibliographie, sites, p. 215
Crédits, p. 216



MANDALA DU PLANCTON

Le plancton est l'assemblage complexe d'un grand nombre d'organismes de différents genres et espèces. Plus de 200 organismes figurent dans ce mandala. Vous retrouverez la plupart d'entre eux dans les pages de ce livre. Dans la partie supérieure figurent les organismes les plus volumineux — méduses, siphonophores, cténophores, salpes — faisant partie du

zooplancton. Dans la partie centrale sont représentés des organismes zooplanctoniques dont les tailles varient de quelques millimètres à plusieurs centimètres — chaetognathes, annélides, mollusques planctoniques comme les ptéropodes, copépodes — ainsi que les plus grosses larves et juvéniles. Dans la partie inférieure de ce mandala nous avons rassemblé les organismes

qui sont microscopiques, mesurant moins d'un millimètre — des protistes constitués d'une seule cellule, des radiolaires ou foraminifères et des diatomées ou dinoflagellés du phytoplancton. Ce plancton microscopique contient également des organismes multicellulaires — des pontes, embryons et larves de céphalopodes et de poissons, de coquillages, crabes ou oursins.

LE PLANCTON ORGANISMES À LA DÉRIVE

Qu'est-ce que le plancton ?

Plancton vient de *planktos*, un mot signifiant errer ou dériver en grec ancien. Vaste communauté d'êtres vivants dérivant au gré des courants, l'écosystème planctonique est une ode aux origines et à la diversité de la vie dans les océans. Cette vie n'a cessé d'évoluer depuis plus de 3 milliards d'années. Aujourd'hui, les minuscules virus, les bactéries et toutes sortes d'êtres unicellulaires et multicellulaires jusqu'aux siphonophores, les plus longs animaux des océans, s'y côtoient. Avec eux, algues, pontes, embryons et larves, krill et méduses microscopiques ou géantes, voguent au gré des courants.

Près de 98 % de la biomasse des océans est constituée de l'invisible multitude des organismes du plancton, alors que ceux qui sont visibles, comme les céphalopodes, poissons ou mammifères marins, ne représentent pas plus de 2 % de la matière vivante ! Dans le plancton, les organismes qui dérivent leur vie entière avec les courants, comme les crustacés du krill et des animaux gélatineux, méduses et salpes, côtoient les veilles et physalies qui naviguent en surface poussés par les vents. Les êtres du plancton sont en interactions étroites et complexes. Parasitismes et symbioses sont la règle.

La diversité et l'abondance du plancton varient avec les courants, et avec la géographie des mers et des océans. Sa composition change aussi avec les saisons, les conditions climatiques et les pollutions. Les bactéries et archées (les êtres unicellulaires sans noyau) et les protistes (les êtres unicellulaires avec noyau) prolifèrent si les conditions de température, salinité et nutriments sont favorables. Certains protistes, notamment les diatomées, dinoflagellés et coccolithophores, ont la capacité de se diviser si vite qu'ils forment des efflorescences communément appelées « blooms ». Ces proliférations de



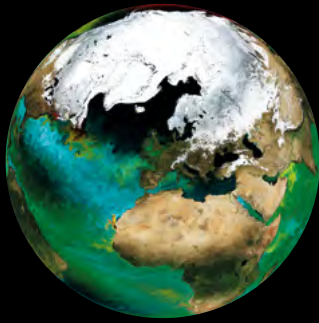
Une baleine se nourrit d'une efflorescence de plancton.

PHOTO WAYNE DAVIS. WWW.OCEANAERIALS.COM

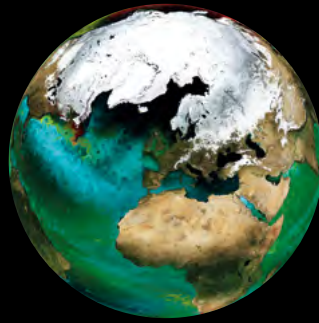
plancton microscopique sont susceptibles de dévaster les élevages aquacoles, d'initier la formation de nuages, ou de colorer et illuminer la mer. Tous les jours, des blooms sont photographiés par les satellites.

Les micro-organismes du plancton capables d'effectuer la photosynthèse (le phytoplancton) captent l'énergie du soleil et produisent de l'oxygène (O₂). Ils fabriquent de la matière organique à partir du gaz carbonique (CO₂) atmosphérique, de l'eau (H₂O) et de sels minéraux. Ce plancton végétal constitue la base de la chaîne alimentaire nourrissant d'autres êtres unicellulaires, tels les radiolaires ou les foraminifères qui sont des protistes animaux. Les protistes végétaux et animaux sont eux-mêmes de la nourriture pour le zooplancton constitué d'animaux et de leurs innombrables larves et juvéniles. Produits en grand nombre par les coraux, échinodermes, mollusques et crustacés qui peuplent les fonds marins et les côtes, les gamètes, les embryons, larves, juvéniles, et alevins des poissons font aussi partie du plancton.

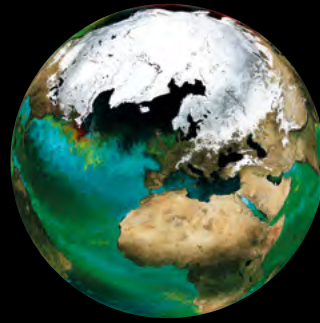
Dynamique du phytoplancton dans les océans



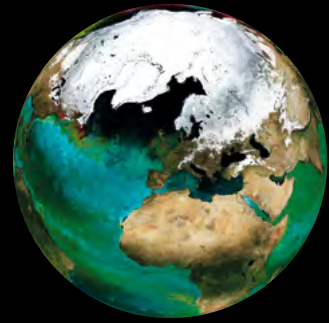
31 janvier 1994



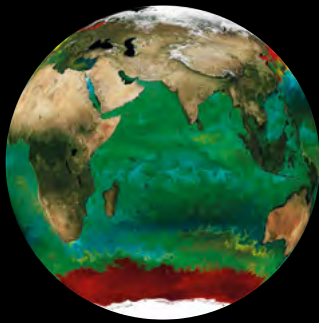
31 janvier 1996



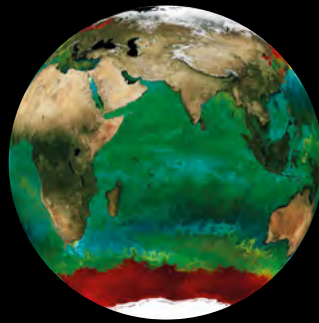
31 janvier 1998



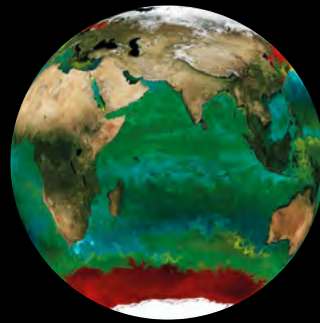
31 janvier 1999



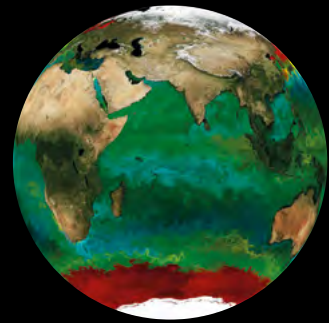
15 avril 1994



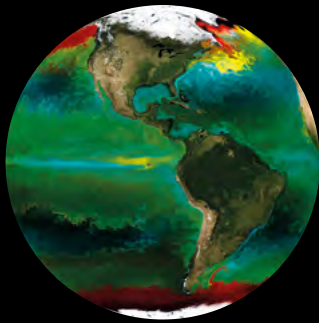
15 avril 1995



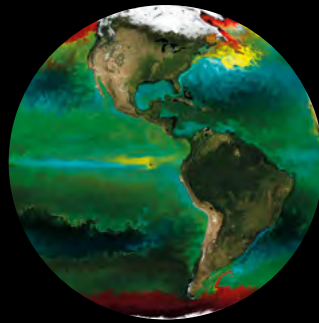
15 avril 1996



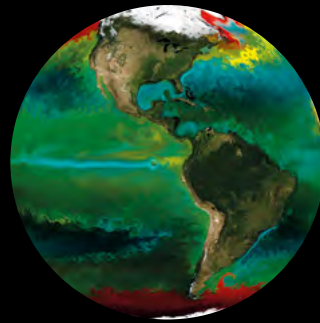
15 avril 1999



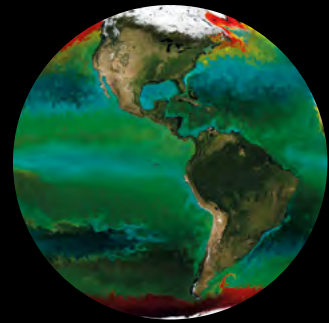
15 mai 1994



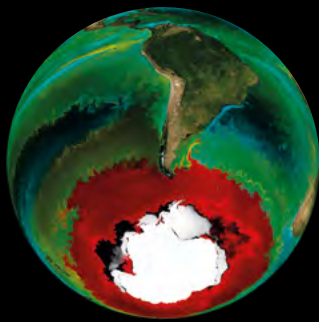
15 mai 1995



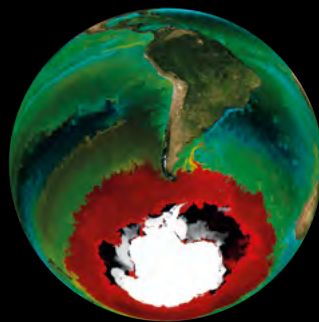
15 mai 1996



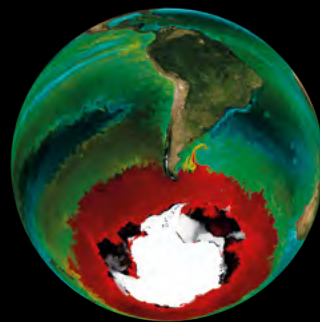
15 mai 1998



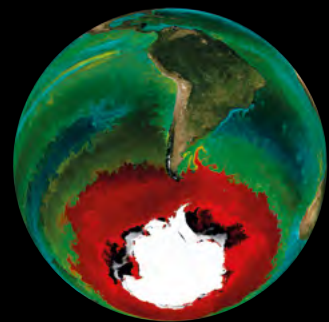
15 février 1994



15 février 1995



15 février 1996



15 février 1999

Basé sur la circulation des courants et la connaissance des principaux organismes microscopiques du phytoplancton, Mick Follows et ses collaborateurs du MIT à Cambridge (USA) ont simulé par ordinateur l'abondance et la distribution du phytoplancton dans les océans, et leurs variations de 1994 à 1998.

MICK FOLLOWS, OLIVER JAHN, ECCO2 AND DARWIN PROJECT, MIT

En rouge et jaune: les diatomées et autres organismes du phytoplancton de plus grande taille.

En vert et bleu cyan: les cyanobactéries *Prochlorococcus*, *Synechococcus* et autres organismes du phytoplancton de très petite taille.



Bloom « boues rouges » constitué de protistes, des dinoflagellés toxiques. Vue d'avion au large de l'Île Héron dans la grande barrière de corail australienne. PHOTO GARY BELL/OCEANWIDEIMAGES.COM

Chez la majorité des animaux marins, la reproduction est sexuée, le plus souvent sans accouplement. Les organismes pondent de grandes quantités d'ovocytes ou relâchent d'innombrables embryons dans la mer. La fécondation a souvent lieu en pleine eau et les développements sont rapides. Les larves éclosent, dérivent avec les courants et pour certaines se fixent. Les larves et juvéniles qui ne sont pas dévorés deviennent adultes, souvent après de multiples et surprenantes métamorphoses. Les larves et juvéniles du plancton renouvellent sans cesse le stock des habitants planctoniques des courants et des animaux peuplant les côtes et fonds marins. Lorsqu'elles arrivent à maturité, les larves de poissons et de céphalopodes rejoignent les adultes qui entrent et sortent librement des courants.

Le plancton et les hommes

Nous, les humains, sommes intimement liés au plancton. Chaque respiration est un cadeau du phytoplancton. Les bactéries photosynthétiques et les protistes végétaux produisent autant d'oxygène que toutes les forêts et plantes terrestres. Et depuis trois milliards d'années, le plancton végétal absorbe d'énormes quantités de gaz carbonique régulant, à travers le

cycle du carbone, la température, le climat, ainsi que la productivité et l'acidité des océans.

Le plancton est aussi notre grand pourvoyeur d'énergies fossiles. Les cadavres des organismes du plancton et leurs déjections sédimentent sous forme de particules floconneuses riches en bactéries. Cette tempête de neige marine incessante alimente les fonds marins depuis des milliers de millions d'années. Ces sédiments organiques accumulés, enfouis, compressés, métabolisés par les micro-organismes, finissent par produire une sorte de roche liquide et visqueuse à l'origine des nappes de pétrole et poches de gaz. L'homme puise dans cette ressource de carbone pour se chauffer, se déplacer et fabriquer une multitude d'objets. Chaque année nous consommons l'équivalent en pétrole d'un million d'années de plancton enfoui au fond des océans.

Les coques et squelettes de protistes (foraminifères, diatomées, coccolithophores...) déposés en d'épaisses couches de sédiments calcaires ou siliceux à travers les âges, ont été comprimés, formant les roches sédimentaires. Soulevées par les grands plissements de la croûte terrestre, les roches sédimentaires ont formé des montagnes. À la suite des érosions, ces coques et squelettes microscopiques se sont retrouvés dans les falaises et les déserts, et éventuellement dans les pierres de nos maisons et monuments.

Enfin, le plancton nous nourrit. Il constitue la base de la chaîne alimentaire où les plus gros mangent les plus petits depuis les micro-organismes jusqu'aux crevettes et poissons. Sans plancton... pas de poisson!



Stromatolithes dans la Baie des Requins en Australie. Ils constituent les traces fossiles des formes de vie les plus anciennes. PHOTO MARK BOYLE.

Les origines : une histoire mêlée de la planète et de la vie

4,6 À 3,5 MILLIARDS D'ANNÉES :

LA VIE DÉBUTE DANS L'OCÉAN PRIMORDIAL

Notre planète est née il y a environ 4,6 milliards d'années dans une atmosphère gazeuse et de gigantesques conflagrations de blocs de roches et de météorites glacées. La masse rocheuse en fusion s'est lentement refroidie. À la suite de la condensation d'une atmosphère chargée en vapeur d'eau et des pluies diluviennes, un océan primordial s'est formé. On peut se demander si la vie est née dans une marre boueuse comme le pensait Darwin, ou près des sources hydrothermales volcaniques des fosses océaniques. Peut-être même la vie est-elle venue de l'espace dans des blocs de glace qui ont refroidi et grossi l'océan naissant ? Nous le saurons peut-être un jour.

Quoi qu'il en soit, il y a quelque 3,5 milliards d'années, un plancton originel naissait dans l'océan primordial. Il était constitué de cellules primitives, ancêtres des bactéries et des archées, capables de vivre en milieu dépourvu d'oxygène. Tous ces micro-organismes tiraient leur énergie des métaux et des gaz, et de la chaleur qui se dégageait des entrailles de la planète. Ce processus se poursuit de nos jours au sein des sources chaudes hydrothermales. L'activité des micro-organismes commença alors à transformer la planète. Les premières roches stratifiées — les stromatolithes — témoignent de l'activité de bactéries

ancestrales. Datant de 3,5 milliards d'années, elles constituent les premières traces fossiles de vie. D'autres roches se déposent ensuite en couches épaisses. Elles sont dues à l'activité et à la minéralisation des films de cyanobactéries. Ces bactéries sont les championnes de la photosynthèse dite oxygénique, celle qui produit l'oxygène enrichissant l'atmosphère et les océans. Captant l'énergie lumineuse, la photosynthèse combine l'eau et le gaz carbonique en sucres et autres molécules organiques. Ainsi démarrait, dans l'océan primitif, la vie et la chaîne alimentaire planctonique.

3,5 À 2,4 MILLIARDS D'ANNÉES :

LA GRANDE OXYDATION DE LA « PLANÈTE ROUGE »

Précurseurs du phytoplancton, les cyanobactéries sont encore des acteurs majeurs de la photosynthèse dans les océans actuels. Pendant près d'un milliard d'années, elles ont produit une quantité considérable d'oxygène, modifiant la composition de l'atmosphère des origines, alors riche en azote, méthane et gaz carbonique. Source de matière vivante, ces micro-organismes ont proliféré et ont parfois été décimés par des explosions volcaniques et des chutes de météorites. L'activité cyclique des films bactériens photosynthétiques oxyde alors tout ce qui peut l'être sur la planète primitive. Le fer rouille et ses oxydes se déposent en de gigantesques strates rubanées au fond des océans. Il y a 2,4 milliards d'années, vue de l'espace, notre planète était sans doute aussi rouge que la planète Mars aujourd'hui. L'activité bactérienne modifie la composition de l'atmosphère primitive qui atteint 10 % de la concentration actuelle en oxygène. Une couche d'ozone s'élabore en surface, protégeant la vie des rayons ultraviolets. Parmi les bactéries

qui ne supportent pas l'oxygène, en particulier les bactéries et les archées qui vivent en milieux extrêmes dites « extrêmophiles », c'est alors une hécatombe. Elles se réfugient au fond des océans et dans des environnements extrêmes où elles ont continué à évoluer jusqu'à nos jours.

2,4 À 1,4 MILLIARDS D'ANNÉES : LA VIE TRANSFORME LA PLANÈTE EN « BOULE DE NEIGE » PUIS LA RÉCHAUFFE

Sous l'effet de la photosynthèse oxygénique, la planète connaît alors une période de glaciation quasi totale. L'oxygène, produit en grande quantité, commence à oxyder le méthane, abondant dans l'atmosphère primordiale. Puissant gaz à effet de serre, le méthane est transformé en CO₂. La diminution du méthane entraîne une glaciation de toute la planète en « planète boule de neige » pendant des dizaines de millions d'années. Puis le CO₂ augmente, y compris celui rejeté par les volcans. Avec le méthane produit par les archées au fond des océans, la planète peu à peu se réchauffe, mettant fin à la glaciation.

DEPUIS UN MILLIARD D'ANNÉES : L'AVÈNEMENT DES PROTISTES ET MÉTAZOAIRES

À travers les bouleversements planétaires des origines, les bactéries et archées ancestrales ont évolué en d'extraordinaires chimères. Elles ont donné naissance aux cellules (appelées cellules eucaryotes) qui séquestrent leur ADN dans un noyau et possèdent des organelles. En fait, ces organelles proviennent de l'évolution de bactéries et archées gobées par des congénères. Ainsi sont apparus les mitochondries et les chloroplastes. Ces premiers êtres unicellulaires possédant noyaux et organelles sont considérés comme les ancêtres des protistes, les premières cellules eucaryotes.

Depuis leur apparition dans l'océan primordial, les bactéries, les archées et les protistes n'ont cessé d'échanger des organelles, des gènes et des protéines, acquérant de nouvelles fonctions et voies métaboliques. Certains protistes ont abrité des algues symbiotiques, d'autres ont commencé à former des communautés de cellules à noyau. On pense qu'ainsi sont apparus dans l'océan, il y a près d'un milliard d'années, les premiers organismes multicellulaires à noyau, précurseurs des animaux et des plantes. Ne possédant pas de squelette minéral, ces premiers eucaryotes n'ont apparemment pas laissé de trace fossile.

ET LES VIRUS ?

Pour se reproduire, les virus exploitent les trois grands domaines de l'arbre du vivant (les bactéries, les archées, et les cellules eucaryotes), qui, contrairement aux virus, sont capables d'auto-reproduction. Les virus et les phages (on appelle ainsi les virus des bactéries) sont omniprésents dans les écosystèmes terrestres et aquatiques. Ils semblent réguler tous les cycles du vivant, et en particulier contrôler les proliférations spectaculaires des organismes du plancton. Il y a fort à parier qu'ils jouaient déjà ce rôle aux temps des origines. La découverte récente de virus géants — les girus, mimivirus ou mégavirus — eux-mêmes infectés par des virus, suggère qu'ils constituaient peut-être, à côté des bactéries, archées et eucaryotes, un quatrième domaine précurseur du vivant.

Explosions, extinctions et évolutions de la vie dans l'océan

DE 800 À 500 MILLIONS D'ANNÉES : LES PREMIERS ANIMAUX

Les animaux ancestraux apparus il y a probablement 700 à 800 millions d'années ont laissé peu de traces fossiles. Des biologistes analysent les caractères morphologiques et les gènes pour comprendre quand et comment, à partir de ces animaux primitifs, sont apparus les éponges, cténophores et cnidaires, dont les traces fossiles sont les plus anciennes de tous les animaux.

Les cnidaires comprennent les siphonophores et les méduses, de grands prédateurs gélatineux du plancton, et aussi des animaux fixés — coraux et anémones de mer. Tous ces animaux possèdent en commun des cellules urticantes appelées « cnidocytes » provenant du mot *cnide* signifiant ortie en grec. À eux seuls les cnidaires offrent toute la gamme des modes de vie et de diversité biologique : la sexualité, la symbiose, la vie en colonies, la régénération et même, selon certains, l'immortalité.

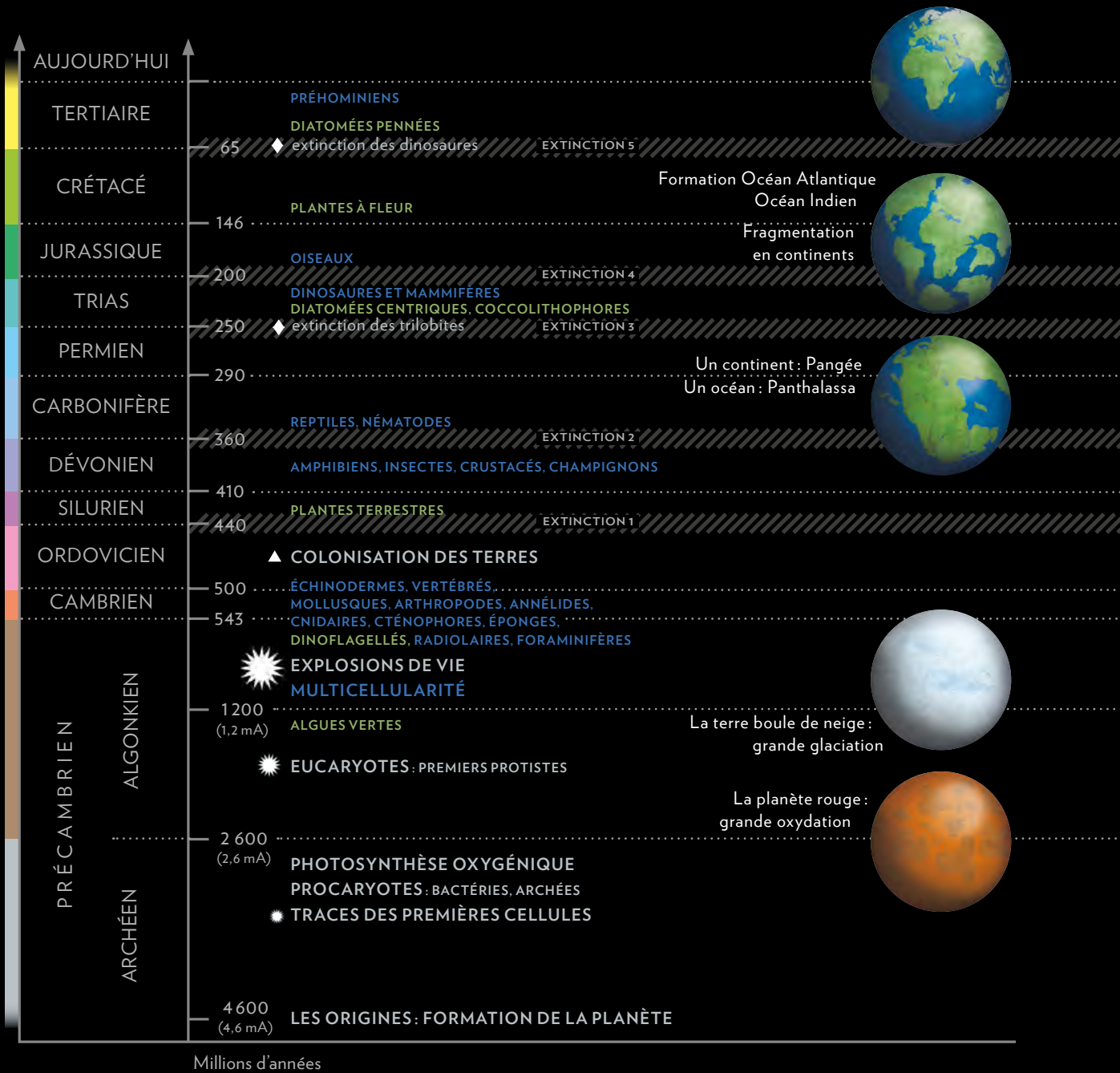
Malgré leur aspect fragile, les cnidaires sont avec les cténophores des champions de l'adaptation. Ils ont évolué et ont survécu sous différentes formes à 5 périodes majeures d'extinction. Dans un océan que les hommes dépeuplent actuellement de poissons et de mammifères, ces grands prédateurs gélatineux semblent en voie de prolifération.

DE 500 À 200 MILLIONS D'ANNÉES : DES EXTINCTIONS ET EXPLOSIONS DE VIE

L'histoire de la vie sur la planète est marquée par des périodes d'explosions de vie et d'extinctions massives. Ainsi, avant même le Cambrien, il y a plus de 540 millions d'années, sans que nous sachions exactement comment et pourquoi, apparaissent presque tous les phylums qui nous sont actuellement familiers — mollusques, arthropodes, échinodermes, annélides. Apparaissent aussi les ancêtres des vertébrés dont font partie les poissons et mammifères.

Les animaux les plus anciens (les cnidaires, cténophores et éponges) ont une symétrie radiale. Par contre, les mollusques, arthropodes, échinodermes, les vertébrés et leurs embryons et larves ont une symétrie bilatérale. Leurs corps sont caractérisés par des axes et des régions différenciées antérieures et postérieures : tête, queue, dos, ventre, côté droit, côté gauche. La plupart d'entre eux ont des squelettes internes, des exo-squelettes ou carapaces. Ces squelettes et carapaces nous sont parvenus par millions dans les sédiments sous forme de fossiles, témoins des grandes extinctions. Ainsi à la suite de grands cataclysmes, les milliers d'espèces de trilobites qui dominaient l'océan il y a plus de 500 millions d'années se sont éteints à la fin du Permien. C'est à partir de cette époque, il y a 245 millions d'années, que les premiers dinosaures ont colonisé les terres. Ils ont disparu à leur tour il y a 65 millions d'années quand des éruptions volcaniques et des météorites ont bouleversé la planète signalant la fin du Crétacé.

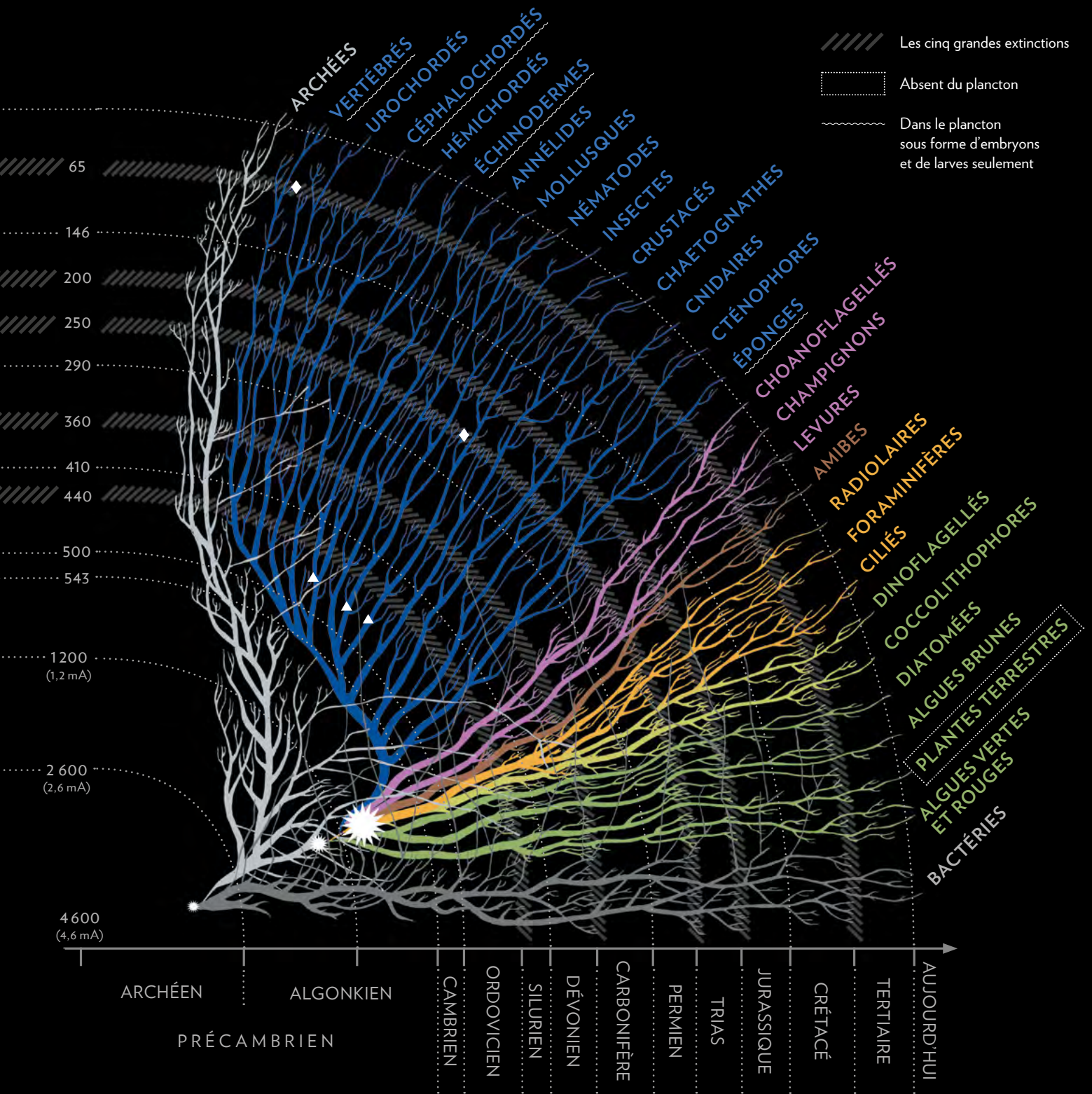
Histoire chronologique des océans, de la terre et de la vie



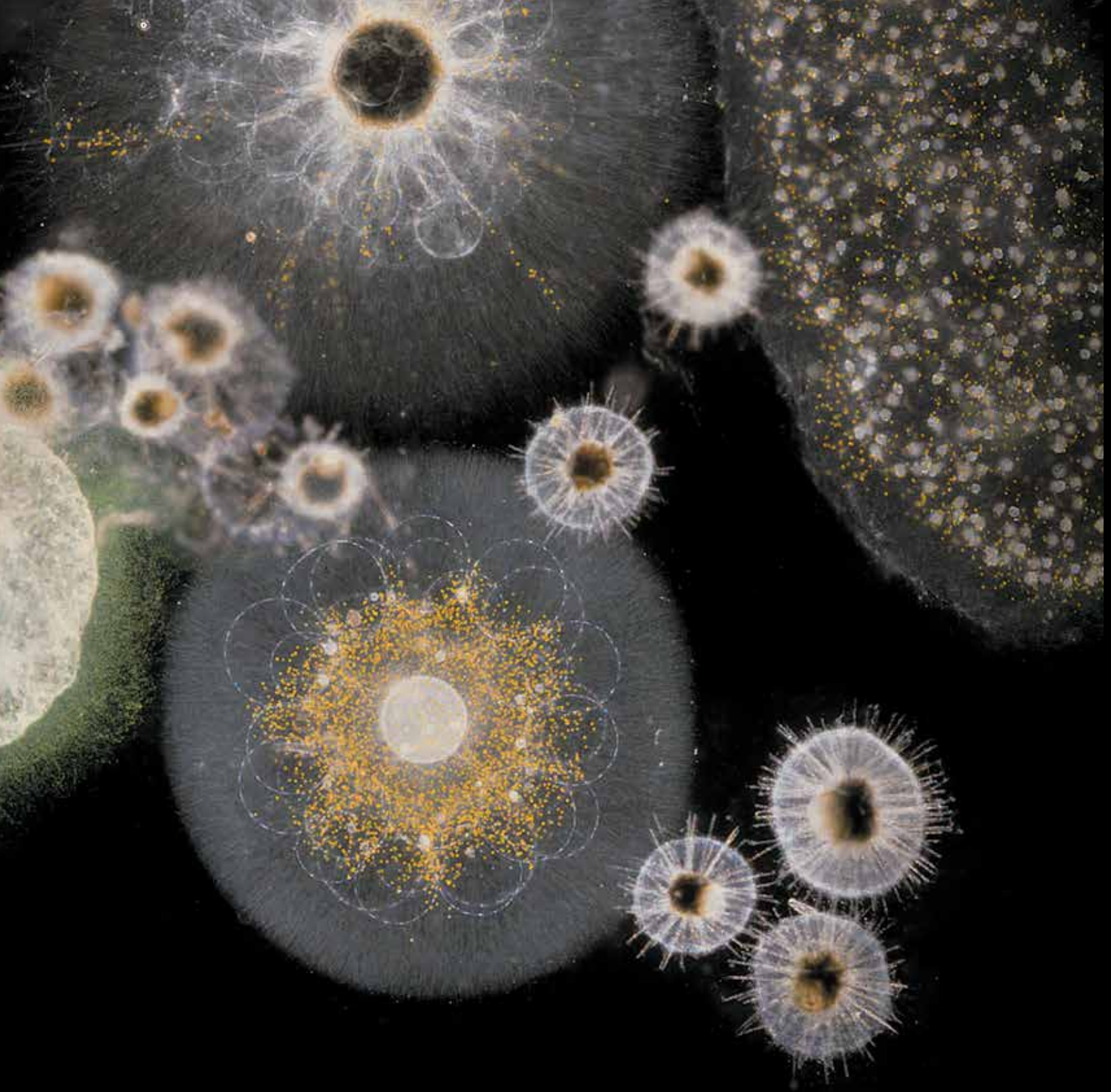
L'histoire de la terre et des océans a commencé il y a 4,6 milliards d'années (mA). La planète est passée par des périodes d'oxydations (2,4 mA) et de glaciations (1,4 mA) liées à l'apparition de la vie dans les océans (3,5 mA) et de la photosynthèse oxygénique par les cyanobactéries (3 mA). Nous avons représenté l'apparition des continents et océans, les cinq périodes d'extinctions majeures (450-440 / 375-360 / 250 / 200 / 65 millions d'années) et des événements majeurs de l'histoire de la vie : l'apparition des premières cellules eucaryotes, des premiers protistes et de la multicellularité pendant l'Algonkien, l'apparition de la majorité des phylums animaux avant et pendant le Cambrien, la colonisation des terres pendant l'Ordovicien et l'apparition et disparition des trilobites (250) et des dinosaures (65). L'échelle verticale à l'extrême gauche utilise le code de couleurs adopté par la communauté internationale des géologues.

- ☀ Traces des premières cellules (3,5 mA)
- ☀ Apparition des eucaryotes (2-1,5 mA)
- ☀ Explosions de vie (0,8-0,5 mA)
- ▲ Colonisation des terres (0,7-0,5 mA)
- ◆ Disparition des trilobites (0,25 mA)
- ◆ Disparition des dinosaures (0,065 mA)

L'arbre de vie des origines à nos jours



L'arbre de vie ci-dessus est du type foisonnant, avec des branches transversales symbolisant des transferts d'organelles et de gènes entre bactéries, archées et cellules eucaryotes. Figurent également les multiples interruptions des branches du vivant dues aux événements cataclysmiques et en particulier les cinq grandes périodes d'extinctions. Encore sujets de discussions entre spécialistes, les représentations des filiations et origines des embranchements ne sont qu'indicatifs. La place occupée par les animaux (en rouge) dans cet arbre schématique est amplifiée.



Le plancton est l'ensemble des créatures qui dérivent au gré des courants et constituent 98 % de la biomasse des océans, alors que les organismes comme les poissons et les mammifères n'en représentent pas plus de 2 %... Nous lui devons la moitié de l'oxygène que nous respirons et c'est sur lui que repose toute la chaîne alimentaire des océans. Sans plancton... pas de poissons !

Dans ce très beau livre, ode aux origines et à la diversité du vivant, Christian Sardet révèle en 550 photos aussi belles qu'étranges ce monde secret. Il nous entraîne dans une plongée au cœur de l'évolution, aux origines de cette vie qui n'a cessé de se diversifier au sein des océans depuis plus de 3 milliards d'années.

ISBN : 978-2-37922-271-9



PRIX TTC FRANCE : 30 €