

Le picoplancton

L'océan continue de révéler sa diversité et sa richesse sous forme d'organismes inconnus.

L'océan regorge d'une vie insoupçonnée. Le plancton en est la preuve par sa diversité et son abondance. Il est composé de deux types d'organismes. Les eucaryotes, des organismes évolués, tels que les algues capables de photosynthèse, parmi lesquelles on trouve les diatomées et les dinoflagellés. Les procaryotes, des organismes plus simples, telles les bactéries, représentent le deuxième type de ces micro-organismes. Le plancton se divise aussi en deux groupes selon la taille des organismes : ceux dont la taille est inférieure à deux micromètres constituent le picoplancton.

L'équipe de Seung Yeo-Moon-van der Staay et de Daniel Vaulot, du Centre d'études d'océanographie et de biologie marine de Roscoff, et celle de Rupert De Wachter, de l'Université d'Anvers, ont identifié dans le picoplancton de nombreux groupes d'eucaryotes inconnus jusqu'alors.

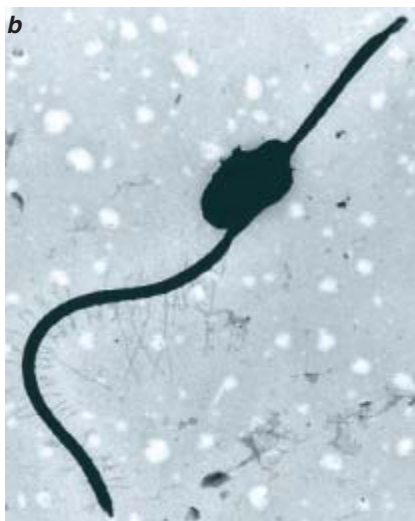
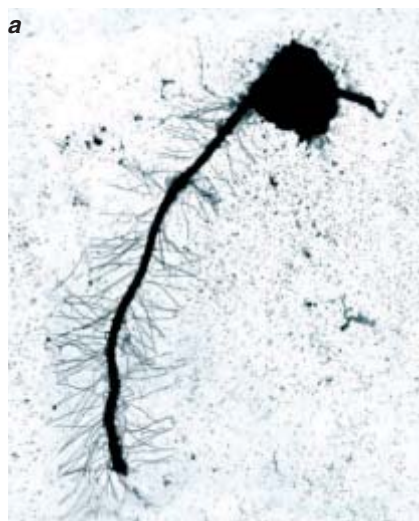
Jusque vers 1980, on pensait le plancton uniquement composé de grosses cellules, visibles au microscope, voire à l'œil nu. Toutefois, lorsque les océanographes analysaient de l'eau de mer débarrassée des micro-organismes connus, ils continuaient à détecter de la chlorophylle (le pigment grâce auquel la photosynthèse est possible) : il restait donc des micro-organismes plus petits,

le picoplancton. Puis, celui-ci a été mis en évidence avec l'avènement de la microscopie par fluorescence.

De par sa taille, les océanographes ont cru que ce picoplancton était principalement constitué d'organismes procaryotes. Or, à partir d'un échantillon d'eau de mer prélevé dans l'océan pacifique équatorial, ils ont extrait l'ADN, puis étudié les gènes de l'ARN ribosomal (l'ARN est une molécule cousine de l'ADN et les ribosomes sont les éléments cellulaires qui fabriquent les protéines). Ces ARN existent dans toutes les espèces : on peut les utiliser pour distinguer les espèces et établir des liens de parenté.

La comparaison avec des banques de données mondiales a montré que la plupart des séquences obtenues ne correspondent à aucune classe connue. Les organismes de l'échantillon appartiennent à des groupes nouveaux. Parmi eux, on trouve des Bolidophycées (leur nom évoque la vitesse à laquelle ils se déplacent grâce à leur flagelle), des Prasinophycées (des algues vertes primitives) et des Chrysophycées avec leurs nombreux flagelles.

Alors que l'on pensait le picoplancton surtout constitué de procaryotes, beaucoup des nouveaux groupes sont des eucaryotes. De plus, beaucoup ne fabriquent pas de chlorophylle et sont donc incapables de photosynthèse. Ces découvertes remettent en cause une répartition couramment admise : les eucaryotes sont photosynthétiques, tandis que les procaryotes se nourrissent de déchets. Ainsi, de nombreux eucaryotes du picoplancton seraient des prédateurs et participeraient, comme les procaryotes, au recyclage et à la dégradation des matières organiques.



Ces micro-organismes ont été découverts récemment. Ce sont des eucaryotes qui appartiennent au picoplancton (la partie renflée mesure moins de deux micromètres) : *Picophagus flagellatus*, du groupe des Chrysophycées (a) et *Bolidomonas mediterranea*, du groupe des Bolidophycées (b). Les organismes du picoplancton seraient des prédateurs, qui participeraient au recyclage et à la dégradation des matières organiques.

Fluides turbulents

Grâce aux simulations numériques, les physiciens expliquent mieux les mélanges dans un fluide turbulent.

Un fluide est turbulent dès qu'il se déplace d'une façon à la fois tumultueuse et tourbillonnante. À l'écoulement turbulent, on oppose l'écoulement laminaire, où le fluide s'écoule, tel un empilement de lames qui coulissent les unes sur les autres. Les deux types d'écoulements se mêlent dans les fluides turbulents. Nous avons simulé sur ordinateur ce phénomène, nommé intermittence, afin d'en percer les mystères. L'intermittence se produit quand des particules sont transportées au sein d'un fluide turbulent. Le transport du plancton dans la mer, celui des molécules de gaz dans l'atmosphère ou encore des pigments dans un solvant en sont des exemples. Ainsi, nous avons simulé un écoulement fortement turbulent, puis étudié par une méthode statistique l'évolution des figures formées par des groupes de particules. Nos calculs mettent en évidence que la forme de certaines figures persiste dans le temps, malgré l'agitation due à la turbulence.

Notre objectif était de caractériser les effets de la turbulence sur les variations de concentrations. Nous avons produit un mélange turbulent en injectant de l'encre à débit constant sur le côté d'un réservoir où de l'eau s'écoulait de façon turbulente, à vitesse moyenne constante ; le débit était choisi pour qu'une quantité constante d'encre soit toujours contenue dans le réservoir. Dans un liquide au repos, le phénomène de diffusion fait évoluer la concentration en encre en tout point du volume vers la valeur moyenne. Dans un écoulement turbulent, l'agitation devrait *a priori*, réduire

le plus efficacement les écarts de concentration. Il n'en est rien. Des «plateaux de concentration» se forment ou les variations de concentration sont faibles (le mélange s'est fait de façon efficace). Ces plateaux sont séparés par des «falaises de concentrations», des zones où sur de courtes distances, la variation de concentration est notable. Tandis que les «falaises» sont rares, les «plateaux» sont fréquents. Leur coexistence est une manifestation de l'intermittence, c'est-à-dire de la façon dont, au sein du liquide, le régime laminaire (où les variations de concentrations sont faibles) alterne avec le régime turbulent (les variations de concentrations y sont élevées).

Comment mettre de l'ordre dans ce chaos apparent? En mécanique des fluides, les écoulements turbulents sont décrits par les équations de Navier-Stokes. Bien qu'elles datent du XIX^e siècle, les physiciens ne savent pas résoudre que dans quelques cas très simples d'écoulements pas ou peu turbulents ; dans tous les autres cas, ils ignorent même si elles ont des solutions.

Parce que les mélanges turbulents sont très chaotiques, nous avons recouru à une approche statistique : nous nous sommes intéressés à l'évolution dans le temps de «grappes de points». Un ensemble de telles grappes de points évolue très vite au sein du mélange turbulent. Les propriétés statistiques des différentes figures formées par ces grappes sont caractérisées par leurs «fonctions de corrélation». La fonction de corrélation d'une figure est égale au produit des concentrations en chacun de ses points ; elle donne la probabilité d'observer cette figure à un instant donné. Après avoir reproduit sur ordinateur un mélange turbulent, nous nous sommes servis de ce milieu virtuel pour étudier l'évolution temporelle des fonctions de corrélation des concentrations. Nous avons été surpris d'en trouver qui sont invariantes dans le temps!

Cette découverte prouve que dans le milieu turbulent, certaines figures persistent. On montre que la valeur de la fonction de corrélation d'un groupe de points est proportionnelle au temps que met ce groupe de particules à atteindre une taille comparable à celle du réservoir, en d'autres termes à se disperser dans tout le volume disponible. Les fonctions de corrélation de concentrations invariantes dans le temps désignent donc les groupes de points qui persistent un certain temps. Elles fournissent un précieux outil d'étude de la dynamique des structures d'un mélange turbulent, et du phénomène de l'intermittence.

Massimo VERGASSOLA
et Antonio CELANI, CNRS

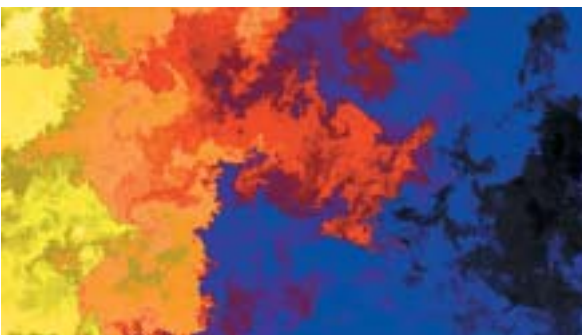
L'amélioration de la chaîne alimentaire

Si les veaux, les vaches et les cochons mangeaient du lin, l'homme devrait être en meilleure santé.

Dans le Midi, on dénombre moins de maladies cardio-vasculaires, de diabète et de certains cancers. C'est sans doute en partie grâce au régime alimentaire. Doit-on, pour autant, généraliser la cuisine provençale? Persuadés que les habitudes alimentaires de leur région sont indéracinables, plusieurs nutritionnistes bretons cherchent à améliorer la chaîne alimentaire traditionnelle. Bernard Schmitt, qui dirige le service de diabétologie, d'endocrinologie et de nutrition de l'Hôpital de Lorient et Philippe Legrand de l'INRA de Rennes ont enrichi de lin l'alimentation de certains animaux. Le lin est un oléagineux riche en un «acide gras indispensable», l'acide alpha linoléique. Ces acides gras doivent être présents en quantité suffisante dans la nourriture parce que l'organisme ne les synthétise pas. On a ainsi constaté que la concentration en acide alpha linoléique dans le sang augmente chez les personnes nourries avec la viande, le lait ou les œufs issus des animaux élevés au lin.

Le «régime méditerranéen» comprend beaucoup de fruits et de légumes, peu de viande, du poisson et de l'huile d'olive ; il assure une prise quotidienne équilibrée d'acides gras indispensables. Il existe deux familles de ces acides gras : celle des acides oméga-6 issus de l'acide linoléique ; celle des acides oméga-3, dérivés de l'acide alpha linoléique. Ce sont des acides insaturés qui réagissent facilement et interviennent dans de nombreuses réactions métaboliques : les acides gras oméga-6 et oméga-3 sont notamment les précurseurs d'hormones qui interviennent dans la coagulation du sang, l'immunité ou encore le cycle hormonal de la femme. Ils représentent aussi une bonne part des acides gras qui constituent les membranes cellulaires. Or, la qualité de ces membranes est vitale.

Au cours des années 1990, les nutritionnistes ont établi que l'efficacité métabolique des acides gras indispensables est maximale quand le rapport des apports en acides oméga-6 sur ceux d'acides oméga-3 avoisine cinq dans l'alimentation. Ce rapport, conseillé par



Dans un mélange turbulent, de larges domaines se forment, où la concentration est constante (les domaines en couleur). Ils sont séparés par de sauts de concentration, des «falaises» (les frontières entre ces domaines).