

■ POUR LA

SCIENCE

Juin 1996

édition française de
**SCIENTIFIC
AMERICAN**

LES GRANDS ENSEMBLES

L'ÉVOLUTION
DES CELLULES

LA QUÊTE DE LA VIE
DANS L'UNIVERS

PIERO
DELLA FRANCESCA

L'ÉLASTICITÉ
DE L'ADN

LE SUICIDE
CELLULAIRE

LES PIÈCES
INTELLIGENTES



Canada : \$ 8,75

FOSSILES DANS L'AMBRE

Bloc-notes de Didier Nordon

Tribune des lecteurs

Jeu-concours : Les sigles réinterprétés

Les impossibles en démographie

par Hervé Le Bras



Présence de l'histoire

L'oiseau géant Gastornis

par Éric Buffetaut

Science et gastronomie

Quelques conseils culinaires

Perspectives scientifiques :

La télévision interactive

La chute des cheveux

Anti-analgésique analgésique

Stratégies de chasse

Le sentiment du bonheur

Une image de neurones

Faune du Sahara

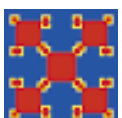
Un chronomètre pour les noyaux

Évolution

Le récent séisme des Pyrénées

Cristaux de pentagones

Lézards intransitifs



Visions mathématiques

Trop Monopoly pour être honnête?

par Ian Stewart

L'image du mois

Ravitaillement en vol



Analyses de livres

– *Qu'est-ce que l'alchimie?*, par Pierre Laszlo

– *Orbitales frontières*, par Nguyễn Trong Anh

– *Les populations traditionnelles*

– *La contagion des idées, théories naturaliste de la culture*, par Dan Sperber

Une pièce douée de raison

34

par Alex Pentland

Afin d'élaborer des environnements capables de nous aider dans nos tâches, les informaticiens étudient des systèmes informatiques qui identifient les occupants d'une pièce et les actions de ceux-ci.



Prisonniers dans l'ambre

44

par David Grimaldi

Des insectes préservés dans l'ambre nous livrent des secrets de l'évolution.



Le suicide des cellules

52

par Jean-Claude Ameisen

Les cellules ne restent en vie qu'à condition de recevoir des signaux de survie émis par leur environnement. Des anomalies de ces mécanismes seraient responsables de diverses pathologies.

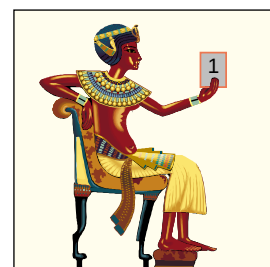


Des jeux infinis et des grands ensembles

60

par Jean-Paul Delahaye

Des relations inattendues entre les jeux, les systèmes informatiques et la théorie axiomatique des ensembles amènent les grands cardinaux.



Piero della Francesca, peintre mathématicien

68

par Enrico Gamba

Ce grand peintre était aussi l'un des plus grands mathématiciens de son époque. Il a adapté les mathématiques savantes aux besoins des techniciens.

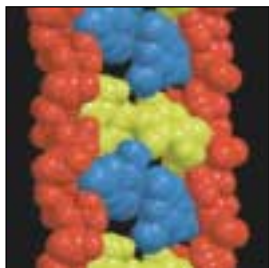


L'ADN, ressort moléculaire

76

par J.-F. Allemand, A. Bensimon, D. Bensimon, F. Caron, D. Chate-
nay, Ph. Cluzel, V. Croquette,
Ch. Heller, R. Lavery, A. Lebrun,
T. Strick et J.-L. Viovy

Les physiciens et les biologistes explorent les propriétés élastiques de l'ADN. Ils parviennent à manipuler des molécules d'ADN isolées.



À la recherche de la vie

84

par Roger Angel
et Neville Woolf

Nous ne connaissons que la vie sur Terre, mais un nouveau télescope sera lancé dans l'espace pour chercher des signes de vie sur d'autres planètes.



La naissance des cellules complexes

92

par Christian de Duve

L'homme, les animaux, les plantes et les champignons existent parce que de minuscules bactéries se sont, un jour, transformées en cellules de grande taille dotées d'une remarquable organisation.



Toujours plus grand...

Les moyens d'investigation affinés dans le tout petit amènent les chercheurs à considérer des ensembles de plus en plus grands. Ainsi, les possibilités de séquençage des bases de l'ADN ont conduit les chercheurs à déterminer l'ensemble du génome de la levure de bière (12 millions de bases). Le génome humain, 250 fois plus grand, est à portée de main.

Les chiffres astronomiques ne font plus peur : il y a 100 milliards d'étoiles dans une galaxie, mais cela n'empêche pas les astrophysiciens d'étudier leurs caractéristiques, leurs interactions, de rechercher des objets rares, de type trous noirs, et de scruter les signatures des signaux émis pour déterminer les étoiles qui seraient associées à une planète.

Ces chiffres dits astronomiques perfusent notre quotidien économique. Un déficit de plusieurs centaines de milliards de francs est monnaie courante : autant de francs que d'étoiles dans une galaxie...

La pas du très grand vers l'infini est du ressort du mathématicien : les mathématiques sont, dit-on, la science de l'infini. Cette phrase est-elle vraie ? Peu importe, elle incite à penser. L'infini apparaît naturellement en mathématique, avec son cortège de paradoxes.

Ce mois, Jean-Paul Delahaye expose la théorie moderne des grands ensembles, (voir *Des jeux infinis et des grands ensembles*, page 60) qui sont nés de la théorie des jeux infinis. Existe-t-il, pour ces jeux infinis, une stratégie permettant de gagner à coup sûr ? Si on désire répondre oui à la question, il faut imaginer des ensembles difficiles à construire.

Sil'existence de ces ensembles monstrueux est affaire de croyance en une harmonie unificatrice, les questions philosophiques pointent l'oreille. La philosophie peut-elle «aménager» les difficultés conceptuelles issues des mathématiques ? Ou contribuerait-elle à une meilleure hygiène mentale personnelle ? Herni Lebesgue, était dubitatif : «À mon avis, disait-il, un mathématicien, n'a pas besoin de se préoccuper de philosophie», opinion confirmée par nombre de philosophes.

Philippe BOULANGER

Une théorie sur les théories

Comprendre une théorie exige de percevoir les limites, les manques, les incertitudes, le caractère relatif et provisoire de cette théorie. Tant qu'on n'est pas arrivé à ce stade, c'est qu'on fait de la théorie en question un absolu : soit une méthode qu'on applique «sans se poser de questions», soit un acte de foi qu'on ne cherche pas à examiner, soit encore une simple «technique qui marche». Penser exige donc d'être cruel avec soi-même : faire un effort, parfois énorme, pour comprendre, tout en sachant que la récompense résidera dans la conviction que ce qu'on a compris est insuffisant, mal assuré.

«Je ne me suis jamais entêté à une idée, par crainte du désarroi où je tomberais sans elle», affirme Zénon, le héros de *L'œuvre au noir*. Cette formule magnifique devrait servir de maxime à quiconque aspire à penser. Mais qui peut se flatter d'avoir l'âme assez trempée pour se tenir à une règle aussi exigeante ? Tous autant que nous sommes, nous nous accrochons à nos pensées. Et c'est précisément cela qui nous empêche de vraiment penser.

Éternel Internet ?

La plus vieille illusion des hommes – la croyance en l'immortalité – est contemporaine de leur plus vieille angoisse – l'épouvante devant la mort. De ce point de vue, Internet est d'un archaïsme irréprochable. C'est en effet un dispositif «qui ne peut plus mourir», lit-on dans *La planète cyber* (Découvertes Gallimard, p. 78). «Internet peut résister à une attaque nucléaire parce qu'il ne s'agit pas d'un objet, mais d'un concept. Or il est très difficile de détruire un concept. Celui d'Internet [repose] sur une organisation sociale extraordinairement décentralisée.

Annihiler Internet serait aussi difficile que tuer le français ou l'espagnol.» Les soldats de Déroutède mouraient en murmurant «France». Nous mourrons en pianotant «Je meurs, mais Internet demeure».

Voir en peinture

Drôle d'idée, quand on a la vue faible, que de recourir à ses oreilles pour tenter de voir plus clair ! De fait, il a fallu attendre le ^{xx}e siècle pour qu'on pense à allonger les branches de lunettes et à leur faire prendre appui sur les oreilles. Les branches elles-mêmes datent du ^{xviii}e ; l'idée d'attacher deux loupes l'une à l'autre pour pouvoir utiliser les deux yeux, du ^{xiii}e. Cicéron, âgé, se faisait faire la lecture par ses esclaves, et la fameuse émeraude à travers laquelle Néron regardait les jeux de cirque ne lui servait pas de lunette de vue, mais de protection contre le soleil.

Vers le ^{xvi}e siècle, l'Espagne était le seul pays d'Europe dans lequel porter des lunettes soit considéré non comme une disgrâce, mais comme un signe de noblesse ou de fortune. D'où, par goût de la parade, le port d'immenses verres retenus par des rubans autour des oreilles. Les missionnaires espagnols ont contribué à l'expansion des lunettes en Chine. Et les Chinois ont innové à leur tour, en mettant des contrepoids au bout des rubans.

Ces renseignements sont tirés du petit livre délectable de Michael Pasco, *L'histoire des lunettes vue par les peintres* (éd. Boubée, 1995). Méritent également le détour, dans ce livre, quelques savoureuses reproductions de tableaux datant de l'âge classique : saint Pierre plongé dans la lecture, maintenant des lunettes sur le bout de son nez ; sainte Anne, mère de la Vierge, ayant délaissé les siennes le temps de se reposer les yeux ; un compagnon de saint Thomas recourant à des bécasses pour

s'assurer des blessures du Christ ; ou encore Virgile tenant avec une délicatesse de poète des bécasses clouantes qui existaient à l'époque du peintre, non à la sienne...

Impressions

Dans un de ces brusques élans unanimistes d'autoflagellation dont ils ont le secret, les journaux, depuis quelque temps, multiplient les articles expliquant que, à force d'y lire des mensonges, les gens ne croient plus ce qu'ils lisent dans les journaux.

Il ne m'appartient pas de dire si cette information-là mérite d'être crue, ni de discuter le problème déontologique qu'elle pose. Mais le problème logique, si. Et là, je dois dire que, à mes yeux, la presse a réussi un exploit. Jamais je n'aurais pensé que le paradoxe du menteur, qui n'a cessé de défrayer la chronique depuis qu'un certain Crétois a dit : «Je mens», pourrait refaire surface sans que personne s'avise de le reconnaître !

Il y a des longueurs...

Allons au fond des choses : un volume apparaît comme une surface. Et une surface, en fin de compte, n'est rien de plus qu'une longueur.

Un volume, j'entends naturellement : un volume de bibliothèque. À part pour certains bibliophiles, l'épaisseur des pages n'a rien de significatif ; elle n'influe guère que sur le volume dudit volume, pas sur son contenu. Ce qui compte, c'est la surface des pages. Et encore même pas – gare aux marges trop larges ! Seule importe en définitive la longueur totale des lignes imprimées. Exemple. Quel est le volume, exprimé en mètres, de mon exemplaire des *Misérables* ? L'ouvrage comporte mille cinq cents pages, de cent soixante-dix centimètres carrés chacune, soit un total de vingt-cinq mètres carrés environ. Cela peut paraître beaucoup, mais attention ! L'essentiel de cette surface consiste en place gaspillée. Chaque page en fait contient au plus quarante-trois lignes, chaque ligne ayant une longueur maximum de huit centimètres. En multipliant mille cinq cents par quarante-trois et par huit, nous obtenons toute nue la réalité littéraire de l'objet. Elle est de l'ordre de cinq mille mètres.

C'est un peu décevant : même pas de quoi aller d'ici jusqu'à Pontoise !

Raconte-nous, grand-mère

Décidément, plus c'est nouveau, plus c'est la même chose... Malgré la puissante barbe sans laquelle il ne serait que ce qu'il est, Hubert Reeves ne donne généralement pas l'impression d'un macho. Voilà pourtant que, dans l'ouvrage collectif *La plus belle histoire du monde* (Seuil, 1996), il se laisse aller à déclarer (p. 162) : «Nos grands-mères voyageaient à 50 kilomètres à l'heure maximum tandis que nous disposons aujourd'hui de vaisseaux atteignant 50 000 kilomètres à l'heure.»

Espérons que cette curieuse formulation ne fait que trahir un retour du refoulé chez Hubert Reeves. Car je ne veux pas imaginer – ce serait trop triste pour l'harmonie des couples dont nous sommes issus – je ne veux pas imaginer que nos grands-pères aient joui de moyens de transports d'une rapidité inconnue de nos grands-mères.

Comité critiqué

Les comités d'éthique servent-ils la démocratie ? s'interroge Philippe Lazar (voir *Pour la Science*, avril 1996). Rappelant que la possibilité de légiférer est réservée au Parlement, Elisabeth Badinter estimait, en 1986, que doter le Comité d'éthique du moindre pouvoir législatif serait «un détournement de la démocratie» (*Journal int. de médecine*, 15 décembre 1986). Robert Edwards, père du premier «bébé-éprouvette» mondial, a qualifié, en 1987, le Comité national d'éthique français d'«anti-démocratique». Même si sa réponse est bien enveloppée, P. Lazar paraît de cet avis.

Un Comité national d'éthique ainsi conçu constitue une atteinte caractérisée à la liberté individuelle : la liberté du chercheur de chercher, la liberté des couples d'avoir des enfants comme ils l'entendent et la liberté fondamentale de chacun de choisir sa propre morale. Un Comité d'éthique de ce type est une Bastille. Une Bastille, ça se prend et ça se rase.

S. GELLER, Marseille

L'ère du plastique

Dans l'article *Plastique et environnement* (voir *Pour la Science*, février 1996), Pierre Avenas prône l'incinération propre des plastiques. Il ne dit rien toutefois des fumées nocives émises lors d'incendies, ni de l'encombrement des mers par les sacs plastiques flottant entre deux eaux, qu'avalent les tortues.

De plus, la valeur marchande nulle de ces produits après utilisation complique l'éducation du consommateur. Les jouets en plastique sont dans ce domaine une calamité ; cassés, ils ne sont pas réparables, et l'enfant moderne n'accorde aucune valeur sentimentale à ces objets sans grand intérêt. Sans prôner un retour en arrière, j'espère que nous dépasserons les errements du début de l'ère du plastique.

Jean-Claude LUCAS, Plougasnou

Réponse de Pierre Avenas

La plupart des matières plastiques dégagent essentiellement du gaz carbonique et de l'eau lors de leur combustion. D'autres ne dégagent pas plus de fumées toxiques que certains produits naturels, tels le cuir ou la laine. Enfin, des matériaux plastiques difficilement inflammables, comme le PVC, ont été reconnus plus sûrs que des métaux (non inflammables) par la Direction de la sécurité civile, car ils propagent moins

bien la chaleur. La plupart des asphyxies observées au cours d'incendies sont en fait liées à la présence d'oxyde de carbone, inodore et incolore, alors que certaines fumées acides, pouvant contenir de l'acide chlorhydrique, constituent un révélateur. En tout état de cause, la réglementation très stricte sur la sécurité incendie s'applique avec la même rigueur aux matières plastiques qu'aux autres matériaux.

En ce qui concerne l'encombrement des mers par les sacs plastiques, ce n'est pas parce que certains automobilistes brûlent un feu rouge, circulent à une vitesse excessive dans des régions urbaines ou jettent le contenu de leur cendrier par la portière que l'on interdit l'automobile et que l'on met en cause les fabricants de celle-ci. Les jouets en plastiques, quant à eux, posent le problème de notre civilisation qui ne prend plus la peine de réparer quoi que ce soit pour des raisons de coûts ; même certaines poupées «de collection» ou jouets en bois terminent dans des décharges ou dans des incinérateurs. Les matières plastiques, dans ce dernier cas, apportent au moins leur valeur énergétique !

Toutefois dans le cas du jouet comme dans les autres domaines, l'apport des matières plastiques est évident : légèreté, sécurité, résistance, bruit (patins à roulettes). Les multiples facettes de ce matériau ont permis l'éclosion, à faible prix, de jouets auxquels l'enfant s'attache, tout aussi performants que ceux en matériaux dits «traditionnels». Les jouets du type *Lego*, par exemple, ont remplacé en grande partie le *Meccano* et se transmettent maintenant de génération en génération. D'autres marques ont adapté leur gamme à toutes les nouvelles fonctions offertes par les matières plastiques. Après quelques errements de jeunesse, les matières plastiques deviendront, à leur tour, traditionnelles.

Atelier quantique

Un simple atelier de mécanique a des comportements quantiques.

«Vas me chercher le marteau rouge, dit le mécanicien à son apprenti.

— Où est-il ?, demande l'apprenti.

— Là-bas.»

Dans la conscience de l'apprenti, le marteau est partout dans l'atelier, sauf là... Dès que l'apprenti l'aura trouvé, la fonction d'onde du marteau se réduira en un lieu bien précis.

Soudain le mécanicien interpelle : «Ne cherche plus, il était resté là.» Usant de sa liberté d'observateur, il a d'un coup fortement perturbé le système physique.

Rémy FERRON, Olivet

JEU-CONCOURS

N°24

PIERRE TOUGNE

LES SIGLES RÉINTERPRÉTÉS

Tout le monde connaît l'interprétation déformée du sigle RATP : Rentre Avec Tes Pieds...

Nous vous proposons ce mois de trouver de nouvelles réinterprétations des sigles tels que CNRS, CEA, INRA, CERN ou tout autre sigle pour lequel vous découvrirez des sens cachés...

Envoyez vos réponses aux questions sur carte postale à *Pour la Science*, 8, rue Férou, 75006 Paris. Parmi les réponses exactes reçues pendant le mois de juin 1996, dix gagnants tirés au sort recevront le livre *Les abeilles*, Collection Univers des Sciences.

RÉPONSE AU JEU-CONCOURS N°22

Pour résoudre ce jeu, il faut «déplier» la trajectoire de la bille (et non de la boule, comme me l'a fait remarquer un lecteur).

Considérez la trajectoire $APQR$ sur le billard carré de la figure 1 ; par symétrie autour de BC (la première bande), la partie PQ de la trajectoire devient PQ' aligné avec AP et QR devient $Q'R'$. Une deuxième symétrie autour de CD' (la deuxième bande) transforme $Q'R'$ en $Q''R''$ aligné avec AP . Ainsi toutes les trajectoires issues de A et frappant dans l'ordre les bandes BC et CD sont les droites reliant A et un point du billard $CD'A''B''$ coupant BC et CD' . Dans ce cas, les seuls points de $CD'A''B''$ atteignables en coupant BC et CD' sont ceux du triangle bleu $CA''D'$, soit 50 pour cent du billard. Dès lors, en examinant les différentes possibilités sur des bandes (toutes différentes), on obtient facilement les meilleures solutions pour le billard carré montré sur la figure 2, soit en pourcentage de surface atteignable 100 (1b), 100 (2b), 75 (3b) et 50 pour cent (4b) pour 1, 2, 3 et 4 bandes respectivement.

Pour le billard hexagonal, les meilleures solutions sont celles de la figure 3, et un peu de géométrie permet d'obtenir les pourcentages, soit $5/6 = 83,3$ (une bande, 1b), $7/9 = 77,8$ (deux bandes, 2b) et $19/30 = 63,3$ (trois bandes, 3b).

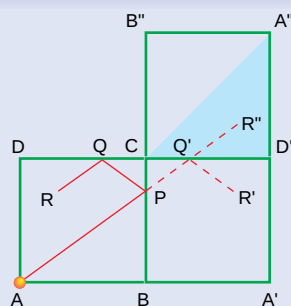


Figure 1

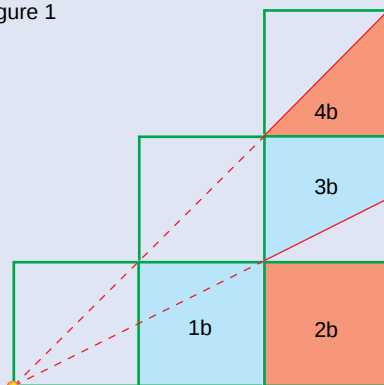


Figure 2

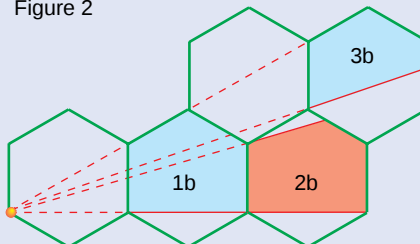


Figure 3

EDISCIENCE
international

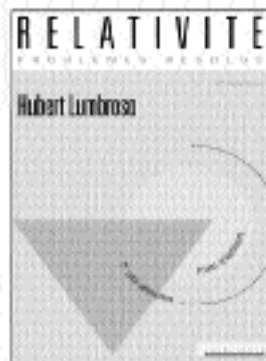
Nouveautés

Hubert LUMBROSO

► RELATIVITÉ

Problèmes résolus, 2^e éd.

Cette nouvelle édition entièrement revue recouvre les principales notions et applications de la relativité restreinte dans les divers domaines de la physique.



Broché
Jan. 96
288 pages
165 F

Nouveau
Programme
1995



Broché
Mai 96
284 pages

◀ MAGNÉTOSTATIQUE

Problèmes résolus, 4^e éd.

Ce tome de magnétostatique (ou électromagnétisme en régime stationnaire - indépendant du temps) est conforme au nouveau programme de 1^{re} année des prépas scientifiques.



EDISCIENCE
international
28, rue Beunier 75014 Paris
Tél. : (1) 45 40 94 38
Télécopie : (1) 45 40 77 05

Les impossibles en démographie

HERVÉ LE BRAS

La démographie fascine. Aux scientifiques, elle apparaît comme la plus mathématique des sciences sociales ; aux politiques, elle semble fournir le socle de la société. Malheureusement, les populations ne sont pas constituées de particules matérielles interchangeables, mais d'hommes plongés dans une histoire sociale, qui déjoue prévisions des démographes et attentes des politiques.

Les démographes se définissent le plus souvent comme des artisans mesureurs, des arpenteurs de la population guidés par le seul souci de fournir des données objectives. Entre leurs mains, ce qui fait bouillonner nos vies, naissances, unions, décès, sexe, jeunesse, famille, reproduction, vieillesse, se transmue en tableaux de chiffres et en séries d'indices.

Un tel refroidissement est indispensable pour comprendre nos sociétés, mais il permet aussi aux moralistes, aux politiques et aux idéologues de décider et de prophétiser sur ces sujets incandescent en se parant des voiles de la science. Car si le chiffre est évidemment objectif, la catégorie qu'il représente résulte de choix partisans qui incorporent une vision du pouvoir, de l'État ou de l'inégalité des races et des conditions.

Soulevons ici légèrement les voiles et, pour commencer, découvrons les trois démons originels, car, au cours de trois naissances successives, la science démographique a été marquée par les intentions de ses utilisateurs, qui étaient aussi ses commanditaires.

LES TROIS ORIGINES DE LA DÉMOGRAPHIE

Tous les démographes font remonter l'origine de leur science à la parution des *Observations naturelles et politiques* de J. Graunt, à Londres, en 1662. Ce marchand drapier de la City étudia, pour la première fois au monde, la répartition des décès par causes (fièvres tierces et quarts, ballonnements, pierre, mais

aussi «chagrin», ou «foudroyé par une planète») et confectionna la première table de mortalité. On peut s'émerveiller, comme il est d'usage dans les cercles démographiques, sur son «arithmétique de boutiquier», mais on doit aussi rappeler que l'ami de Graunt, W. Petty, fondateur de l'arithmétique politique, savant politique, courtisan et financier, secrétaire de Thomas Hobbes et médecin général pour l'Irlande, a tenu la main du fondateur. Les chiffres devaient servir le souverain et n'étaient pas à mettre entre toutes les mains, est-il indiqué dans la conclusion des *Observations*.

Graunt et surtout Petty seront immédiatement entendus. Durant un siècle, au nom de la table de mortalité et de la population, les conseils politiques seront prodigués par des hommes aussi divers que Vauban ou Condorcet, sans oublier Mirabeau, Franklin, Hume et Voltaire.

Deuxième naissance de la démographie, au moins pour son nom actuel avec les *Éléments de statistique humaine ou démographie comparée* d'Achille Guillard, en 1855. Nous sommes là sous le règne de l'hygiène sociale, qui s'amplifiera avec la révolution pastoriennne : en observant le comportement des populations, leurs conditions de vie, leurs professions, leurs localisations, on doit, pense le démographe, déterminer les causes de leur développement ou de leur stagnation et donc remédier aux maux sociaux.

Cette démographie reste conseillère du prince, mais, au lieu d'épauler le pouvoir, elle l'étend dans la direction d'une politique sociale. Elle amorce les débats

sur les accidents de travail de la fin du siècle, où F. Ewald a vu la naissance de l'État providence.

Troisième naissance avec le darwinisme social, c'est-à-dire avec l'interprétation populationniste et raciste des travaux de Darwin qui se répand après les années 1870. En contradiction avec le maître qui avait abaissé les barrières de l'espèce, logé le principe de variabilité dans l'individu et dénié tout objectif à l'évolution, les disciples de Galton, de Vacher de Lapouge et de Chamberlain insistent sur la séparation de l'humanité en races, équivalentes à des espèces distinctes, et sur la sélection à rebours qui régit leur développement.

Comme l'écrira dans sa *Théorie génétique de la sélection naturelle*, Ronald Fisher, le fondateur de la statistique mathématique et l'un des plus grands généticiens des années 1930 : «Nous devons faire face au paradoxe suivant : les membres de notre société qui réussissent biologiquement se recrutent essentiellement parmi les ratés sociaux et, symétriquement, ceux qui sont prospères et réussissent socialement sont principalement des ratés biologiques, les inadaptés de la lutte pour l'existence, voués plus ou moins rapidement selon l'importance de leur rang à être éradiqués du stock humain.»

Qu'on ne se méprenne pas, Fisher n'était pas un fasciste, mais un savant anglais très engagé à gauche, et encore très respecté. Seulement il baignait dans le jus eugéniste et darwiniste social qui est une caractéristique majeure de l'époque. Pour mesurer le succès d'une espèce, on calculait son pouvoir de reproduction, sa fécondité. De la même manière, pour connaître le succès ou l'échec biologique des groupes humains, on se mit à mesurer leur fécondité par des taux de reproduction ; ceux-ci, à un multiplicateur près, sont exactement les indices de fécondité que mesurent les démographes actuels et qui fournissent l'argumentaire sur le crépuscule de l'occident, sur le non-renouvellement de la population française ou européenne, voire sur son «suicide par dénatalité».

Du pouvoir absolu de l'État aux classes sociales, de ces classes sociales aux races ou, comme on dit pudiquement aujourd'hui, aux ethnies, la démographie n'a fait que suivre l'histoire politique ou plutôt l'histoire des représentations politiques de ces trois derniers siècles.

Est-ce à dire que toute démographie se limite à l'idéologie ? Ce serait trop simple. Il existe d'abord quelques régularités troublantes, puis quelques évolutions remarquables. Et surtout, pour peu que l'on démonte — on dirait aujourd'hui

d'hui, déconstruise – les mesures et les indices des arpenteurs-démographes, la démographie offre un point de vue remarquable sur de nombreux débats actuels.

QUELQUES RÉGULARITÉS

La plus simple est aussi celle qui a fasciné un grand nombre de mathématiciens : c'est la constance de la proportion de naissances masculines dans l'ensemble des naissances, 105 garçons pour 100 filles. À toutes les époques et sous toutes les latitudes, on a retrouvé cette valeur qui a excité l'imagination des grands mathématiciens. Poisson, Quetelet, Babbage ont cherché une explication – ou une exception –, et, plus près de nous, Malinvaud et Marcel Paul Schützenberger ont scruté ce mystère. Conséquence importante : dans une région, quand les statistiques donnent une valeur différente, on subodore une intervention humaine : en Inde, où le coût de la dot des filles est prohibitif, et en Chine, où l'enfant unique doit être un garçon qui prendra en charge votre vieillesse, des petites filles manquent à l'appel dans les pyramides des âges.

Au début du XIX^e siècle, B. Gompertz découvre un autre invariant, la croissance exponentielle des risques de décéder avec l'âge à partir de 35 ans : de quelque dix millièmes par an à 35 ans, le risque annuel de décès passe ainsi à plusieurs dixièmes après 90 ans, dans une progression que rien ne semble devoir arrêter.

PROGRÈS DE LA LONGÉVITÉ OU PROBLÈME SOCIAL ?

La mortalité est sans doute le facteur démographique qui bouge le plus rapidement aujourd'hui. Pourtant, les yeux fixés sur la ligne bleue de la fécondité (à 2,1) et de l'immigration (objectif solde nul), les Français sont en train d'oublier la plus grande surprise des 20 dernières années.

Alors qu'il était courant de dire, dans les années 1960, que la mortalité ne diminuerait plus guère (les prévisions démographiques de cette époque, en France, furent établies avec une espérance de vie des hommes stabilisée à 68 ans), l'espérance de vie progresse maintenant à peu près d'un an tous les cinq ans. L'espérance de vie masculine a dépassé 73 ans, celle des femmes se rapproche de 82 ans, et rien ne laisse présager un arrêt, au point que le démographe américain J. Vaupel vient de donner pour titre à un de ses articles : «Pourquoi les bébés français qui naissent cette année vivront 95 ans en moyenne.»

Au lieu de s'en réjouir, on s'en lamente en craignant une hausse vertigineuse des dépenses de santé à cause de «l'envahissement des vieillards», pour citer Alfred Sauvy, et à cause des retraites à verser.

Or, tandis que les progrès de l'espérance de vie, du XVIII^e siècle jusqu'en 1960, étaient presque uniquement dus au recul de la mortalité aux jeunes âges, particulièrement de la mortalité infantile passée de 250 pour mille sous Louis XIV à 7 pour mille aujourd'hui, les progrès des dernières années tiennent au recul de la mortalité aux âges élevés. En fait, on meurt de plus en plus tard. En mesurant un vieillissement de la population par la proportion de personnes âgées de plus de 65 ans, on confond la catégorie, ou l'indice, avec la réalité. Les per-

sonnes d'âge donné ont une santé et un état général très supérieurs à ceux qu'elles avaient 50 ou 100 ans auparavant. À 58 ans, Boileau se décrivait comme un vieillard à la tête «toute che nue». À 63 ans, Chirac est considéré comme un jeune président.

Aussi est-il préférable, pour étudier le vieillissement, de remplacer l'espérance de vie classique par une espérance de vie «sans incapacités». La plupart des études qui adoptent cet angle montrent d'ailleurs que cette espérance de vie «sans incapacités» s'accroît au même rythme que l'autre. Autrement dit, on n'est pas vieux plus longtemps, mais on devient vieux plus tard.

Cette distinction n'empêche pas l'augmentation de la charge des retraites, dira-t-on. Ici la confusion entre biologique et



1. Parmi les appelés, les non-élus surpeuplaient les enfers. La surpopulation contribuait au supplice des damnés qui grouillaient dans un univers bruisant de souffrances.

social atteint son comble. L'évolution de l'âge au départ en retraite et celui de l'espérance de vie divergent depuis un siècle : le premier diminue, le second augmente. Ainsi, au recensement français de 1936, 50 pour cent des hommes âgés de 75 ans étaient encore en activité. En 1990, cet âge médian de départ en retraite est tombé à 58 ans, soit 17 ans de moins. Dans le même temps d'ailleurs, l'âge médian d'entrée dans la vie active a augmenté d'environ 10 ans, à cause de la prolongation des études et du chômage. Le problème des retraites est devenu une question générale de partage des revenus dans une existence où l'on passera 25 ans ou plus en formation, 25 ans en retraite et une petite trentaine d'années en activité réelle.

On ne peut espérer de miracles comparables qui ramèneraient les coûts d'éducation et de retraite à ceux qui prévalaient à l'époque où la formation durait moins de 15 ans, la retraite moins de 10 ans et la vie active, une quarantaine d'années... quand on ne mourrait pas avant son terme.

On ne doit pas non plus accuser l'augmentation de l'espérance de vie d'être à l'origine de ce problème. Conséquence du progrès économique et social, elle accompagne l'évolution de la société, mais ne la détermine pas.

LE MYTHE DE LA SURPOPULATION

Sous l'influence d'une opinion française nataliste souhaitant une France toujours plus peuplée, on oublie que le reste du monde, malthusien, craint au contraire la surpopulation. On accuse cette dernière des pires maux, la disparition de la diversité biologique, le trou de l'ozone et le réchauffement climatique. Sur-tout, on attribue à la croissance démographique le déséquilibre entre population et subsistances, dont des centaines de millions d'affamés souffrent dans le monde.

L'erreur fondamentale de ces imputations vient de l'idée abstraite d'une «population mondiale» ou même d'une «population indienne» qui rend fictivement égaux tous les humains ou tous les Indiens. Or certains pays riches (Australie, États-Unis par exemple) émettent 50 fois plus de gaz à effet de serre par tête d'habitant que les pays pauvres (et peuplés, comme le Bangladesh ou l'Inde) et certains riches des pays pauvres émettent 100 fois plus de ces gaz que les innombrables pauvres de leur propre pays.

Il en est de même pour la nourriture, moins souvent mentionnée. En effet, depuis 30 ans, bien que la progression

de la production de vivres ait été nettement plus rapide que celle de la population, la faim continue à tourmenter un nombre considérable d'humains. Or si les disponibilités en céréales permettent, en principe, de nourrir la population actuelle du monde, elles sont, elles aussi, partagées entre riches et pauvres. Ainsi 40 pour cent de la production mondiale des céréales ne sont pas consommées par les hommes, mais par des animaux, vaches, poules, cochons, qui termineront à leur tour dans l'assiette du consommateur fortuné. Or, sur dix calories de céréales fournies à un animal d'élevage, l'homme n'en retrouve qu'une dans son assiette. Selon le type de nourriture, de l'uniquement végétale à l'uniquement animale, la population maximale que peut nourrir la Terre varie alors dans un rapport de 1 à 10.

Toute évaluation de population maximale supportable par la planète, comme celles qui inspirent les évaluations de «carrying capacity» ou de développement durable, doit donc d'abord définir un style d'alimentation. On s'aperçoit alors, comme l'avait fait remarquer Alfred Sauvy, que les vrais concurrents des affamés des pays pauvres ne sont pas les repus des pays riches, mais leurs animaux domestiques.

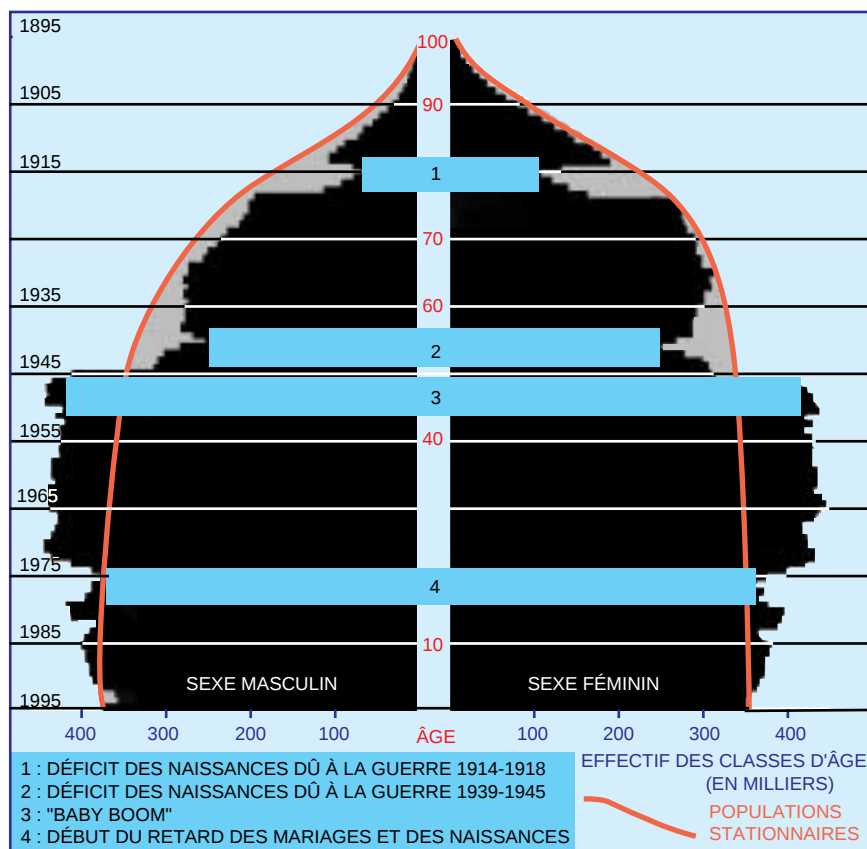
Le mythe d'une population mondiale construit donc le mythe de la surpopulation en masquant les aspects gênants de l'inégalité sociale. On peut parler de «naturalisation de la société», c'est-à-dire de transformation des faits sociaux en faits biologiques, tendance assez fréquente en démographie.

LES GRANDES INVASIONS

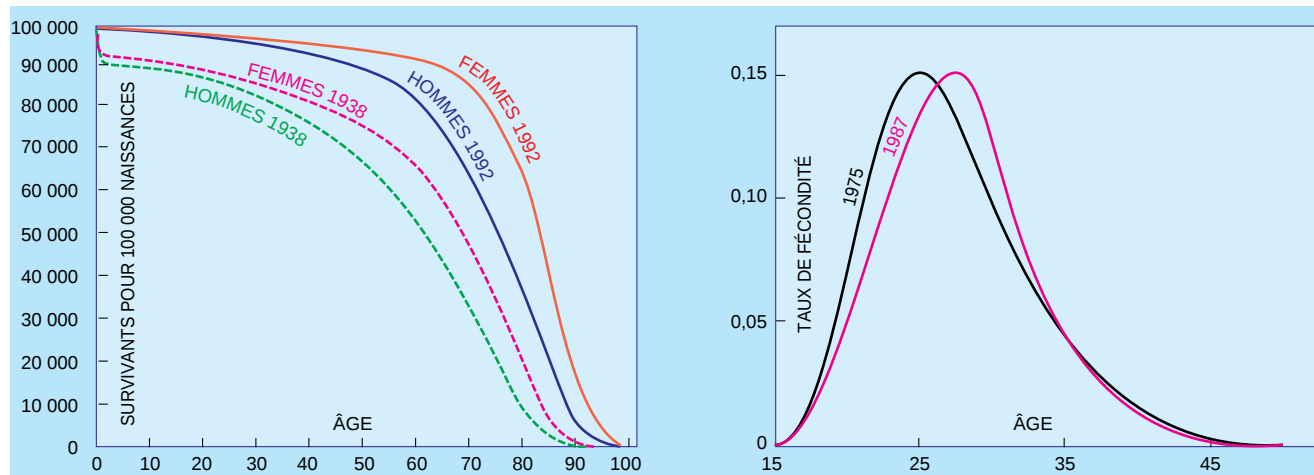
S'il est un domaine de la démographie où l'on retrouve le fantasme biologique et même physique, c'est celui de la migration internationale. Les métaphores les plus courantes sont d'ordre météorologique ou hydraulique : les basses pressions sont soumises à l'irruption des hautes pressions, deux vases communicants se remplissent inéluctablement par déversement de l'un dans l'autre. On a craint l'invasion allemande, puis celle d'Afrique du Nord. On s'oriente vers une peur de l'Afrique noire.

Il est vrai que les populations animales règlent en général leurs populations par dispersion plus que par territorialité. Toutefois, presque dès l'origine, l'espèce humaine s'est comportée différemment. On peut même soutenir qu'elle n'a connu de migrations importantes qu'à de brefs moments de son histoire.

Ainsi, lors de la grande phase d'extension de l'agriculture, le modèle de



2. Les générations adultes sont plus nombreuses que dans la population stationnaire en raison de l'immigration et du «baby-boom».



3. Évolutions du taux de mortalité et du taux de fécondité par âge en France. La courbe de fécondité se déplace vers les âges plus élevés, car les femmes retardent le moment où elles auront des enfants.

«vague d'avancée» de L. Cavalli-Sforza et M. Ammermann, repris par la nouvelle archéologie de Colin Renfrew, est préféré à une hypothèse d'invasion. Dans la vague d'avancée, les populations agricoles dont la densité atteint au moins dix habitants au carré se répandent en tache d'huile depuis leurs foyers proche-orientaux à l'ensemble de l'Eurasie en trois ou quatre millénaires, avec une progression d'environ 30 kilomètres par génération, en refoulant les populations très peu denses (moins d'un habitant pour dix kilomètres carrés) de chasseurs-cueilleurs.

Plus tard, ces peuples du Nord et de l'Est, Goths, Vandales, Huns heptaliques, puis Vikings, Hongrois et Turcs qui affolent notre imaginaire, n'ont jamais été bien nombreux : quelques dizaines de milliers de personnes ont dominé des millions d'agriculteurs sédentaires. Plus près de nous, il a fallu attendre l'extension européenne du XIX^e siècle pour assister à des migrations significatives. Cependant elles ont peu duré et, de plus, les migrations actuelles sont dérisoires en comparaison : ainsi dans les premières années du XX^e siècle, chaque année, un pour cent de la population italienne partait s'établir dans les pays neufs ou en France. Si, aujourd'hui, un pour cent des populations indiennes et chinoises quittait son pays, nous devrions recueillir plus de 20 millions de personnes. Même en majorant la clandestinité, nous sommes loin de ces chiffres.

À la même époque, les immigrants qui s'installaient chaque année aux États-Unis représentaient deux pour cent de leur population totale. L'équivalent dans la France actuelle serait une immigration annuelle de un million cent mille personnes. Les chiffres sont au moins dix fois plus faibles.

L'UTOPIE DE LA STABILITÉ

La stabilité dans l'espace semble se payer d'instabilité dans le temps. Or, la naturalisation, la biologisation, la réification des populations les assujettit à des lois immuables, telles celles qui président à la théorie des populations stables, le paradigme majeur de la démographie formelle. Une grande partie des infortunes de la démographie provient de là, tant dans l'analyse que dans la prévision. Par exemple, l'idée d'une croissance indéfinie, fondement des craintes malthusiennes, provient du postulat de stabilité des comportements et non de l'observation.

Le démographe italien C. Gini a comparé ces extrapolations à la croissance d'un jeune enfant. En généralisant l'augmentation de sa taille, cinq à six centimètres par an, à l'ensemble de sa vie, l'adulte aurait plus de cinq mètres de hauteur lorsqu'il atteindrait 100 ans. Plus sérieusement, mais dans la même veine, cette stabilité des comportements est à la base de la construction des indices démographiques de fécondité et de mortalité. L'espérance de vie, autant que l'indice de fécondité annuel, reposent sur l'hypothèse que les risques ou chances futurs de fécondité ou de mortalité par âge demeureront les mêmes que ceux observés durant l'année considérée. Or ces risques ont toujours beaucoup varié d'une année à la suivante dans le passé et, de surcroît, la nature de la variation (par exemple le retard de certains événements comme la natalité) influe sur la quantité mesurée, un peu comme le mouvement du train d'Einstein influe sur les mesures du temps et de l'espace relativiste.

Inutile alors de s'étonner de la faiblesse des projections démographiques.

Elles accentuent les tendances rigides que nous venons de passer en revue. Leur histoire traduit l'impossibilité de prévoir l'évolution des sociétés humaines, ce qui est désolant pour nos facultés d'analyse, mais rassurant pour notre sentiment de liberté.

Paradoxalement, ces défauts n'arrêtent ni les démographes ni les hommes politiques dans l'exploitation de thèmes natalistes ou xénophobes. Au contraire, dirait-on, car les deux professions échangent leur rôle. Presque chaque fois que j'ai discuté de démographie avec un homme politique, il m'a administré un cours magistral, et presque chaque fois qu'un démographe s'adresse à un politique, c'est pour lui indiquer les mesures urgentes à prendre. L'échange est à l'avantage des deux. L'homme politique paraît quitter l'arène des affaires mesquines en exprimant son attachement à des valeurs durables, la famille, transcender les intérêts socio-économiques en les associant dans de larges classes d'âge, les jeunes, les actifs, les vieux et, finalement, manifester l'attachement qu'il porte à sa patrie en l'assimilant à sa population. De même, le démographe apparaît comme un chercheur responsable dont les résultats sont immédiatement appliqués, et comme un précieux auxiliaire du politique. La farce serait amusante si elle ne contribuait pas à entretenir une masse d'idées fausses, de métaphores incorrectes et de contresens.

Hervé LE BRAS, Directeur de Recherche à l'INED, dirige le laboratoire de démographie historique. Ce texte est la retranscription du débat enregistré avec Émile Noël, qui sera diffusé sur France Culture le 5 juin 1996, à 9 heures.

L'oiseau géant *Gastornis*

ÉRIC BUFFETAUT

Quand l'imagination des paléontologues est source de reconstitutions imaginaires.

Le 12 mars 1855, le géologue français Constant Prévost signale à l'Académie des sciences une découverte paléontologique surprenante faite tout près de Paris, dans le conglomérat de Meudon, une formation géologique datant du début du Tertiaire. Il s'agissait d'un tibia ayant appartenu à un oiseau gigantesque, qui avait été trouvé par «un jeune homme studieux et plein de zèle», alors préparateur de physique au Conservatoire des arts et métiers. Gaston Planté – le jeune homme studieux – devait devenir un physicien renommé, qui mit au point, en 1859, les accumulateurs électriques au plomb, encore utilisés sur les automobiles aujourd'hui.

En 1855, ses activités de paléontologue amateur suscitent un grand intérêt dans la communauté scientifique. Le géologue Edmond Hébert, qui étudie l'os de Meudon, crée pour lui le nouveau genre *Gastornis*, l'«oiseau de Gaston», en l'honneur du découvreur. *Gastornis parisiensis* surprend d'abord par ses dimensions : le tibia mesure plus de 40 centimètres de long, et Prévost déduit de ces dimensions que l'oiseau devait peser 200 kilogrammes. Ce n'était pas le premier oiseau géant découvert à l'état fossile, puisque l'on avait signalé, quelques années auparavant, des oiseaux gigantesques dans des dépôts récents de Nouvelle-Zélande (*Dinornis*) et de Madagascar (*Aepyornis*). Pourtant, *Gastornis*, qui datait du début de l'Éocène, était, en 1855, un des plus anciens oiseaux connus.

Pendant longtemps, outre de maigres débris trouvés à Passy lors de la construction d'un gazomètre, *Gastornis* ne fut guère connu que par

deux os, le tibia découvert par Planté et un fémur trouvé peu après à Meudon par Hébert, ce qui était peu pour préciser sa position parmi les oiseaux. Hébert le rapprochait des «palmipèdes lamellirostres» (des oiseaux palmés), suivi en cela par l'expert en oiseaux fossiles Milne-Edwards, mais le paléontologue Lartet le trouvait plus proche des échassiers, et son collègue Valenciennes le comparait à l'albatros. Le prince Charles Bonaparte, ornithologue éminent, n'avait que mépris pour ces interprétations, car il voyait dans *Gastornis* un oiseau incapable de voler, proche de l'*Aepyornis* malgache. Ces divergences d'opinion n'empêchèrent pas l'oiseau de Gaston Planté de connaître une notoriété certaine, même au-delà des cercles scientifiques. Ainsi, il est mentionné dans de nombreux ouvrages de vulgarisation de la seconde moitié du XIX^e siècle.

C'est en 1878 que de nouveaux restes de *Gastornis* furent signalés. Un médecin rémois, Victor Lemoine, les avait trouvés près de Cernay, un village situé à quelques kilomètres de

Reims, dans des couches un peu plus vieilles que celles de Meudon et qui contenaient une faune de vertébrés ; cette faune fut longtemps la plus ancienne connue dans le Tertiaire d'Europe. Lemoine signala d'abord des os des membres de *Gastornis*, dont un tibia ressemblant fort à celui de Meudon. Puis, en 1881, il décrit d'autres restes, parmi lesquels des os qu'il interprétait comme étant des éléments du crâne et de la mandibule. Ils étaient surprenants : non seulement les os crâniens, contrairement à ceux des autres oiseaux, n'étaient pas fusionnés, mais les mâchoires portaient des sortes de dents.

UN CHAÎNON... FRAGILE

Selon Lemoine, *Gastornis* était un oiseau qui présentait d'intéressantes ressemblances avec les reptiles. En soulignant ces ressemblances, il inscrivait ses découvertes dans le cadre de la paléontologie transformiste, qui se développait alors, après l'acceptation de plus en plus répandue de la théorie de l'évolution. Le médecin rémois subissait l'influence des recherches du paléontologue américain Marsh sur les oiseaux à dents qui venaient d'être découverts dans l'Ouest américain, et où Darwin voyait l'une des plus belles preuves de l'évolution : *Gastornis* pouvait être considéré comme un «chaînon» manquant entre les reptiles et les oiseaux modernes.

Fort de ses découvertes faites à Cernay, Lemoine entreprend de reconstituer l'ensemble du squelette de *Gastornis*. En 1881, il publie une lithographie montrant l'imposant squelette, haut de 2,7 mètres, d'un grand oiseau aux ailes atrophiées, au long cou et au bec denté. Cette reconstitution reposait sur de nombreuses

hypothèses, mais elle fut abondamment citée. Ainsi l'image du *Gastornis* de Lemoine se fixa pour un siècle dans l'esprit des paléontologues. Les éléments nouveaux susceptibles de modifier cette représentation firent longtemps défaut, et les quelques os découverts en Belgique et en Angleterre dans les années 1880 s'intégraient aisément dans la reconstitution de Lemoine.

C'est d'Amérique du Nord qu'auraient pu venir des données nouvelles. Dès 1876, le paléontologue E. Cope décrit sous le nom de *Diatryma* des restes si fragmentaires



L'oiseau géant *Diatryma* vivait en Amérique du Nord ; un spécimen a été reconstitué d'après les os qu'y ont été retrouvés. *Gastornis*, son cousin européen, devait lui ressembler.