

La primitive d'une fonction f est une fonction P telle que sa dérivée P' est égale à f . Lebesgue affirme qu'une fonction f peut avoir une dérivée f' qui n'est pas intégrable au sens de Riemann. Un exemple en est donné par le mathématicien italien Vito Volterra qui utilise un ensemble de Cantor.

En définitive, il y avait ainsi deux grandes idées dans la Note de Lebesgue.

La première était la partition de la fonction – et non de la variable – pour calculer la valeur de l'intégrale de la fonction dans un intervalle. Dès que l'on pense à cette partition de la fonction, la considération d'une mesure des «intervalles» des abscisses correspondant à ce découpage en découle naturellement.

La seconde est la définition de la mesure d'un ensemble et l'introduction des ensembles mesurables. Il existe néanmoins, montre Lebesgue, des ensembles non mesurables... mais la marge de ce texte est trop petite pour que nous puissions en détailler un exemple. Lebesgue a étendu la notion d'ensemble mesurable bien au-delà de ce que considérerait Borel, par exemple il considère que toute partie d'un ensemble de mesure nulle est de mesure nulle (ce qu'il fallait prouver, car il existe des ensembles pathologiques de mesure 0).

Pourquoi Lebesgue n'enseigna jamais sa théorie de l'intégrale? Peut-être par modestie, peut-être parce que les exemples physiques (par exemple) comme le mouvement brownien où elle est indispensable n'existaient pas encore. Un roman c'est un théorème, disait Gide, et si les théorèmes étaient des romans? La définition de l'intégrale est une longue histoire qui connaîtra d'autres rebondissements avec les travaux de Radon, Daniell, Carathéodory, et surtout des probabilistes, au premier rang desquels Wiener et Kolmogorov.

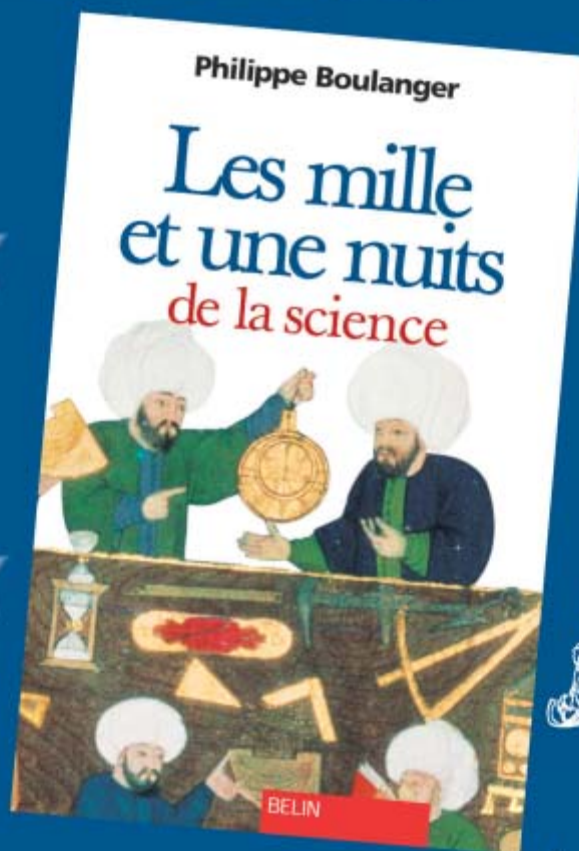
Nous remercions Jean-Pierre Kahane de l'aide précieuse apportée à la rédaction de cet article.

Tous les documents concernant la genèse de l'intégrale de Lebesgue sont contenus dans les cinq volumes des œuvres scientifiques de Lebesgue publiés par la revue de Genève *L'enseignement mathématique*, complétés par les *Lettres de Lebesgue à Borel* datées de mai 1901 à décembre 1914, publiées par Pierre Dugac et Bernard Bru dans les *Cahiers du séminaire d'histoire des mathématiques*.

La thèse de Pierre Dugac est un ensemble parfait traitant des *Fondements de l'analyse de Cauchy à Baire* (1978).

René Baire, *Œuvres scientifiques*, Bordas, 1990.

Entrez dans l'ambiance orientale
des mille et une nuits et laissez-vous
charmer par l'imagination
de Shéhérazade contant la science
et les tribulations des savants



«Dans ce livre, Philippe Boulanger, Directeur de la revue *Pour la Science*, réussit le tour de force de vulgariser des concepts difficiles en charmant son lecteur par une subtile danse... des neurones».

Hervé Ponchelet
Le Point

Code 002445 • 240 pages • Prix 100 F
Voir bon de commande p. 98

BELIN • POUR LA SCIENCE

Le bœuf à la mode asiatique

Le dernier grand mammifère découvert au XX^e siècle n'était qu'un mythe!

La duplicité et l'ingéniosité humaine ont forgé nombre de chimères, inventé des monstres imaginaires ou monté des canulars zoologiques. C'est ainsi que sirènes, poissons à fourrure, faux oiseaux, lièvre à cornes et prétendus scalps de Yéti ont pu être vendus jadis au poids de l'or à des naturalistes amateurs, ou soumis à la sagacité de cryptozoologistes toujours à l'affût de quelque bête ignorée. De telles fantaisies ou mystifications, fréquentes encore durant le XIX^e siècle, sont heureusement devenues rarissimes de nos jours. Pourtant, le dernier grand mammifère recensé en 1993 en Asie du Sud-Est, baptisé *Pseudonovibos spiralis* le plus officiellement du monde, et dont la découverte fut commentée dans les journaux scientifiques les plus sérieux, constitue paradoxalement l'une des plus incroyables supercheries de l'histoire de la zoologie.

Comment se fait-il que ce grand bovidé aux étranges cornes spiralées ait pu être inscrit sur la liste rouge des animaux menacés de l'Union internationale pour la conservation de la nature? Si menacé même que personne ne l'avait jamais vu

sauf dans l'imaginaire plus ou moins collectif des villageois khmers, dans les provinces orientales du Cambodge, où l'animal, connu sous le nom de Khting Sipuoh (le bœuf mangeur de serpents) était supposé survivre. En réalité, le *Pseudonovibos spiralis* n'a jamais existé! Telle est la conclusion récente de deux expertises effectuées par des chercheurs français et publiées dernièrement dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*.

L'affaire commence en 1993, au Vietnam, un an après la découverte, dans la cordillère Annamitique, d'un nouveau grand bovidé, le Saola, – celui-là bien réel – dénommé *Pseudoryx nghetinhensis*, suivi presque aussitôt de celle d'un curieux cervidé, un Muntjac géant, lui aussi nouveau. Cette région du Globe, souvent difficile d'accès, devient tout à coup un sanctuaire, où paraît subsister toute une faune sauvage encore inconnue. Curieusement, c'est à cette époque que l'on voit apparaître sur des marchés locaux, au Vietnam, puis à Phnom Penh, la capitale cambodgienne, plusieurs trophées de grands bovidés dont les cornes en forme de lyre et munies d'anneaux de croissance n'évoquent, une fois de plus, aucun animal connu. Plusieurs étuis cornés isolés sont dès lors rapidement décrits l'année suivante comme appartenant à un nouveau genre et à une nouvelle espèce, précisément *Pseudonovibos spiralis*, laquelle, à en croire certains chasseurs locaux, subsiste encore dans les forêts montagneuses à l'Est du Mékong.

En 1999, intrigué par ce mystérieux animal, tantôt assimilé à une antilope, tantôt apparenté à un capriné, mais que personne n'avait jamais vu, Arnould Seveau, un explorateur-naturaliste tente, lui aussi, de traquer l'énigmatique Khting Sipuoh. Pourtant, après plusieurs mois de recherche dans la jungle cambodgienne, à pied ou à moto, il doit admettre qu'il n'en a pas rencontré. Il ramène deux trophées recueillis à Phnom Penh. En France, il découvre quatre frontaux munis de leurs cornes appartenant manifestement au Khting Sipuoh, et récoltés, en 1925, dans l'ancienne Indochine française par un planteur de coton. Avec une équipe du Collège de France, du Muséum et de l'Université Pierre et Marie Curie, il étudie le matériel collecté.

Les analyses d'ADN effectuées sur les parties osseuses des crânes (et non des cornes) ont, dans un premier temps, montré que tous les frontaux provenaient... de bœufs domestiques. La surprise était de taille. Des moulages ont été réalisés pour chaque étui corné, et ils apportèrent leur lot de nouvelles surprises. D'une part, deux des six crânes étaient à l'évidence dotés de leurs propres étuis cornés. Les cornes étaient donc, elles aussi, d'un bœuf domestique. D'autre part, la moitié des moulages des étuis cornés présentaient un creux prononcé à leur extrémité, témoignant d'un pincement de ces étuis : opération qui n'était réalisable qu'une fois les étuis cornés retirés de leur pivot osseux. À cette déformation artificielle des cornes, s'ajoutaient deux autres observations qui ne laissaient aucun doute quant à leur caractère frauduleux : les anneaux de croissance étaient espacés bien trop régulièrement, et l'examen histologique des cornes, effectué grâce à des lames minces observées en lumière polarisée, a révélé que les couches de kératine qui, normalement, s'empilent les unes sur les autres au cours de la croissance, étaient entaillées artificiellement. Les anneaux de croissance n'avaient aucune existence réelle! Le verdict était sans appel : tous les spécimens examinés n'étaient qu'une habile contrefaçon obtenue en sculptant et en déformant de banals étuis cornés de bovins domestiques! Or le procédé qui consiste à ramollir la kératine en la chauffant pour permettre de modifier la forme du cornage était justement en usage en Indochine à l'époque coloniale, selon le témoignage d'un inspecteur vétérinaire d'alors.

Aucune information n'a permis jusque-là de circonscrire l'aire de production de ces cornes. Comme les populations khmères attribuent des vertus médicinales à ces cornes – censées guérir des morsures des animaux venimeux –, ces dernières devaient acquérir une grande valeur marchande d'autant que l'animal que personne n'avait jamais vu était devenu quasiment mythique.

S'il ne fait pas de doute que l'énigme zoologique du «bœuf mangeur de serpents» est résolue – non sans quelques grincements de dents dans la communauté scientifique –, il reste à en découvrir l'origine.

Herbert THOMAS, Collège de France



Arnould Seveau

Un des trophées falsifiés du mammifère mythique *Pseudonovibos spiralis*, découvert au Cambodge.

Les brousses tigrées

Au Niger, la végétation des zones sahéliennes adopte des profils différents selon l'abondance de l'eau et la pente du terrain.

En vol au-dessus de la zone sahélienne du Niger, les tons pastel aperçus attestent de l'aridité de la région. Cependant la végétation n'est pas absente. Plus encore, on distingue différents motifs d'organisation : ici, des bosquets forment des taches, plus loin la végétation présente des bandes parallèles et ailleurs encore les deux motifs coexistent. À quoi sont dues ces diverses organisations? Aboubacar Ichaou, de l'Université de Toulouse, en collaboration avec le CIRAD-Forêt, a étudié la structure et le fonctionnement de ces morphologies végétales.

Une cinquantaine de parcelles de 1 000 mètres carrés ont été étudiées. La diversité des organisations végétales reflète la pente du terrain et l'abondance des pluies. Lorsque les précipitations

varient de 250 à 450 millimètres par an et que la pente est d'environ un pour cent, la végétation adopte un profil, dit de brousse tigrée, c'est-à-dire où alternent des bandes végétales et des bandes de sol nu. Sur des pentes inférieures, avec 500 à 600 millimètres de pluie par an, les bandes alternent avec des massifs aux formes plus variées. Enfin, entre 600 et 800 millimètres et des pentes quasi nulles, la végétation est diffuse.

Quelle est l'origine de la structure particulière d'une brousse tigrée? Les bandes végétales de ces brousses sont constituées de trois zones alignées perpendiculairement au sens de la pente du terrain : en amont, une zone de plantes annuelles, des graminées et des herbacées, puis une zone d'arbres vivants et enfin une zone d'arbres morts. À la saison des pluies, l'eau ruisselle sur la croûte dure du sol, puis, s'infiltre dans le sol aux abords de la bande végétale. Toutefois, cette infiltration de l'eau n'est pas homogène sous les bandes végétales : elle est maximale au centre.

En amont de la végétation, la zone nue, où un peu d'eau stagne, est colonisée par des graminées. Ce front progresse chaque année. Plus en aval, des arbres «peu exigeants» s'installent. Progressivement, les arbres qui se développent sont de plus en plus avides d'eau, mais ils finissent par être dans la zone où la profondeur humide est faible (en aval). L'apport en eau est alors insuffisant, et ils meurent. Ainsi, la brousse tigrée n'est pas immobile : toutes les bandes végétales se déplacent d'environ 50 centimètres chaque année vers l'amont.

Ces structures végétales traduisent une adaptation naturelle et efficace à la raréfaction de l'eau. Plus cette dernière est rare, plus la végétation est contrainte d'adopter une organisation de brousse tigrée, qui assure sa survie. Afin d'améliorer la gestion à long terme des ressources végétales et forestières, A. Ichaou a comparé les rendements en bois des différentes structures végétales, et a étudié leur fonctionnement selon les pluies. Il détermine des paramètres simples, tels la proportion de recouvrement végétal, l'identification des espèces principales ou encore le nombre de bosquets par unité de surface. Rappelons qu'au Niger, ces brousses fournissent 80 pour cent de l'énergie consommée par le pays.

BRÈVES

Une fine mouche

Lorsque vous entendez le bourdonnement d'une mouche, vous localisez rapidement l'insecte, car vos deux oreilles, éloignées l'une de l'autre, ne perçoivent pas le son simultanément. La mouche peut-elle aussi vous localiser au son de votre juron agacé? Oui, si l'on en croit l'étude de Ron Hoy, de l'Université Cornell, sur l'appareil auditif d'*Ormia ochracea*, une mouche parasite du criquet. Posée sur une balle de ping-pong en sustentation sur un jet d'air, la mouche se déplaçait dans la direction des chants de criquets qui étaient émis. En observant les mouvements de la balle, les zoologistes ont montré que l'insecte suivait les chants à deux degrés près, une précision étonnante si l'on considère que ses deux tympans ne sont distants que de 0,5 millimètre.

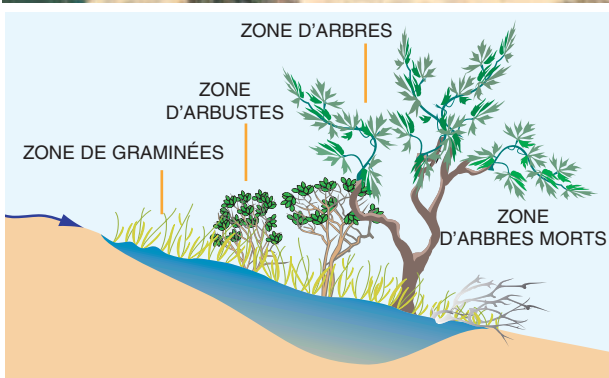


Des étoiles à neutrons forgeronnes

Où se forgent les atomes lourds, tels que l'or ou le platine? Les astrophysiciens doutent que ce soit dans les supernovae, issues de l'explosion d'étoiles massives, qui ne produisent sans doute que des éléments plus légers. Un creuset plus vraisemblable serait les étoiles à neutrons. Une équipe anglaise a simulé sur ordinateur la collision de deux étoiles à neutrons et a montré que, outre la formation d'un trou noir, le choc rejetait de grandes quantités de matière extrêmement chaude et riche en neutrons, où auraient lieu les réactions nucléaires de synthèse des éléments lourds.

La momie de la femme du gouverneur

Une mission archéologique égyptienne a découvert la momie de Naassa, la femme du gouverneur des oasis, sous la XXVI^e dynastie pharaonique, aux VII^e et VI^e siècles avant notre ère. Elle reposait dans un sarcophage en pierre calcaire, entourée d'une centaine d'amulettes et de mascottes en or, dans la vallée des momies de l'oasis de Bahariya, à 400 kilomètres au Sud-Ouest du Caire. Cette vallée mise au jour en 1999 est une immense nécropole de près de 10 000 sépultures, où reposent plus de 200 momies recouvertes de plastrons en or. Le tombeau du gouverneur des oasis a été découvert il y a un an dans cette même vallée, où les fouilles se poursuivent.



Les brousses tigrées (*en haut*) poussent dans les zones de faible pente, où les pluies sont rares. L'eau de ruissellement est d'abord tout juste suffisante pour des graminées. Ces dernières retiennent l'eau, de sorte que des arbustes qui consomment peu d'eau peuvent se développer en aval (*en bas*). L'eau continue à s'accumuler, des arbres poussent, mais ils absorbent toute l'eau disponible et ceux qui croissent en aval meurent. Ce mécanisme se manifeste par des bandes d'espèces végétales, séparées par des bandes de sol nu : c'est la cause de l'aspect tigré de la brousse.