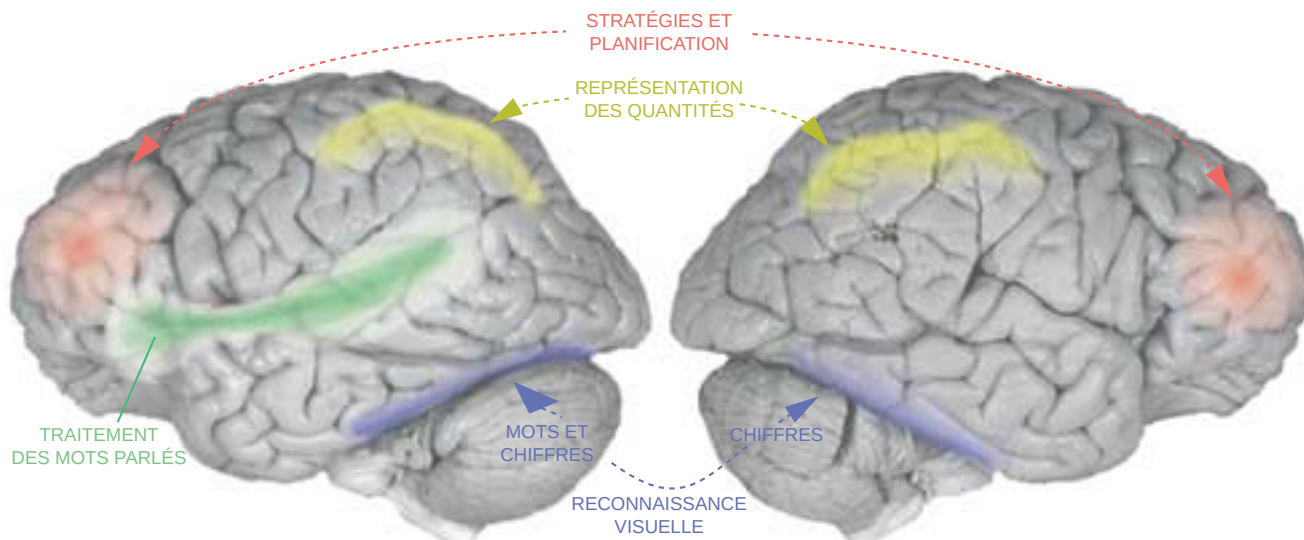




6. PLUSIEURS RÉGIONS CÉRÉBRALES seraient utilisées pour le traitement des nombres. Selon le modèle envisagé, la reconnaissance visuelle active la région occipito-temporale ventrale (en bleu), dans l'hémisphère gauche pour les mots écrits et des deux côtés pour les chiffres arabes. La reconnaissance et la production des mots parlés activent la région péri-sylvienne de l'hémisphère gauche (en

vert). Les quantités numériques sont représentées dans la région pariétale inférieure des deux hémisphères (en jaune), notamment dans la profondeur du sillon intrapariétal. Enfin, le cortex préfrontal (en rouge) intervient pour mémoriser les résultats intermédiaires et contrôler les stratégies mises en jeu dans les régions postérieures. Au cours d'un calcul, toutes ces régions échangent des informations.

tent. Plus intéressant encore, lorsque nous multiplions deux chiffres, si la multiplication est simple, telle 2×3 , l'activation pariétale est fortement latéralisée à gauche et de courte durée. Si, au contraire, la multiplication est moins familière, telle 8×7 , alors elle semble démarrer dans l'hémisphère gauche avant de s'étendre à la région pariétale droite pendant plusieurs centaines de millisecondes. La taille des nombres manipulés et la nature des opérations effectuées conditionneraient donc les chemins du calcul dans notre cerveau.

L'existence de régions cérébrales spécialisées dans le traitement des nombres pose la question de leur origine. La région pariétale inférieure est-elle déjà en partie opérationnelle chez le très jeune enfant et lui confère-t-elle déjà un sens approximatif des quantités? Des organismes aussi divers que le rat, le pigeon, le dauphin, le chimpanzé et le bébé humain de quelques jours, bien que dépourvus de langage, se représentent mentalement le cardinal d'un ensemble d'objets visuels ou sonores, et même effectuent certaines déductions arithmétiques élémentaires. Un bébé de quatre mois et demi s'attend à ce qu'un ensemble de deux objets auquel on en retranche un n'en contienne plus qu'un seul : il effectue mentalement un analogue, avec des objets concrets, de l'opération arithmétique abstraite $2 - 1 = 1$. Des circuits cérébraux pré-spécifiés pour la représentation des

quantités existeraient donc dès la naissance, indépendamment de toute éducation mathématique. L'apprentissage de la récitation des noms de nombres («un, deux, trois...») et de la forme visuelle des chiffres arabes («1, 2, 3...») permettrait alors ultérieurement d'associer des systèmes de numération symbolique à ce «sens des quantités», l'enfant apprenant à mettre en rapport le mot «quatre», le chiffre «4» et la quantité «:».

Quelle que soit la validité de ce schéma, un principe général d'organisation cérébrale émerge : la modularité des réseaux. Sans que nous en soyons conscients, des dizaines d'aires cérébrales spécialisées, réparties dans les deux hémisphères, s'activent lorsque nous pratiquons le calcul mental. L'information passe sans effort des représentations visuelles, spécialisées dans l'identité des chiffres, aux aires du langage, où les nombres sont codés sous forme de chaînes de mots, et aux aires du «sens quantitatif» où leurs quantités et leurs relations de proximité sont retrouvées. Nous commençons à saisir les principaux nœuds de ce réseau, mais deux questions demeurent en suspens. Quels mécanismes assurent la cohérence des informations numériques réparties et nous donnent l'impression subjective d'effectuer un calcul unique? Comment ces mécanismes de calcul élémentaires cèdent-ils la place, au fil de l'éducation mathématique, à des représentations

cérébrales d'objets mathématiques beaucoup plus élaborés et jusqu'à l'extraordinaire fluidité calculatoire et à la créativité mathématique d'un Einstein, d'un Poincaré ou d'un Ramanujan? Peut-être Hadamard, s'il prenait connaissance de ces interrogations, serait-il frustré de constater que ses questions les plus fondamentales demeurent sans réponse. Il éprouverait sans doute aussi quelque satisfaction à constater que ses méthodes introspectives sont désormais remplacées par de solides techniques expérimentales issues de la neurobiologie et de la psychologie cognitive.

Stanislas DEHAENE est chargé de recherches à l'unité INSERM 334, dans le service hospitalier Frédéric-Joliot du CEA à Orsay.

J. HADAMARD, *Essai sur la psychologie de l'invention dans le domaine mathématique*, éditions Gauthier-Villars, Paris, 1975.

S. DEHAENE et L. COHEN, *Towards an Anatomical and Functional Model of Number Processing*, in *Mathematical Cognition*, n° 1, pp. 83-120, 1995.

M. GAZZANIGA, *Le cerveau social*, éditions Odile Jacob, Paris, 1996.

Le cerveau en action : l'imagerie cérébrale en psychologie cognitive, sous la direction de S. DEHAENE, Presses universitaires de France, Paris, 1997.

S. DEHAENE, *La bosse des maths*, éditions Odile Jacob, Paris, 1997.

Peut-on sauver les forêts tropicales?

RICHARD RICE • RAYMOND GULLISON • JOHN REID

Une gestion «durable» des exploitations forestières tropicales peut réduire la biodiversité. La constitution de réserves serait un mode de préservation plus efficace.

La destruction des forêts tropicales humides est une catastrophe écologique : ces habitats luxuriants abritent une flore et une faune très variées, dont les biologistes n'ont encore étudié qu'une infime partie. L'une des causes principales de cette destruction est l'abattage des arbres exotiques dont le bois a une grande valeur.

Comment concilier les intérêts économiques des exploitants forestiers et la conservation de la forêt? Cette dernière serait-elle préservée par une réglementation plus stricte de l'abattage des arbres et par la replantation des espèces d'arbres coupées? Il y a quelques années, nous aurions accepté l'idée, car cette pratique concilie l'intérêt des populations locales et la biodiversité. Toutefois, nous avons changé d'avis depuis que nous observons des exploitations forestières en Amérique du Sud : la régénération, naturelle ou artificielle, des ressources forestières ne protège pas la forêt, et elle n'est pas rentable.

Dans la plaine bolivienne, l'Organisation internationale du bois tropical étudie la durabilité des méthodes d'exploitation dans la Forêt de production permanente Chimanes, qui s'étend sur 500 000 hectares de forêt humide amazonienne. La principale essence de bois exploitée dans cette région

est l'acajou du Honduras (*Swietenia macrophylla* King). Nous avons découvert que les jeunes plants d'acajou ne poussent et ne prospèrent que sur des zones bouleversées par des événements naturels, notamment près de rivières dont des crues récentes ont nettoyé les rives et enfoui la végétation sous une épaisse couche de sédiments. Par suite, les acajous poussent par groupes de même âge et de même taille, assez distants les uns des autres. Dans une seule de ces zones, tous les arbres atteignent une taille commercialisable au même moment : une exploitation non réglementée aboutira donc inéluctablement à la coupe de tous les arbres les plus âgés.

Même si les forestiers ne coupaient pas tous les acajous, la croissance naturelle ne suffirait pas au remplace-

ment des arbres récoltés : les jeunes plants d'acajou (et de quelques autres essences tropicales) ne poussent pas à l'ombre de la forêt tropicale dense, de sorte que l'intervention humaine serait indispensable. Les exploitants devraient créer des conditions favorables au développement de nouveaux plants d'acajou en ouvrant de larges espaces dans la forêt, comme la nature le fait parfois. Le travail nécessaire serait gigantesque et devrait en outre s'accompagner de coûteux «nettoyages» périodiques, afin d'éliminer les espèces concurrentes de l'acajou. Au total, les interventions perturberaient une si grande surface de forêt que l'objectif global de conservation serait compromis. La préservation de l'acajou réduirait la diversité biologique de la forêt.

D'autre part, nous avons calculé que l'exploitation durable de la forêt Chimanes serait moins rentable. Les forestiers ont probablement fait le même calcul : ils appliquent des règles d'exploitation durable dans moins de 0,12 pour cent de leurs concessions tropicales. La plupart du temps, ils abattent le plus vite possible les arbres de plus grande valeur marchande, sans se préoccuper de l'état des bouquets d'arbres résiduels et sans investir dans leur régénération. Le nombre d'essences ex-



1. DES GRUMES D'ACAJOU CENTENAIRE attendent d'être découpées dans une scierie bolivienne. L'acajou (*Swietenia macrophylla* King), l'une des essences tropicales les plus précieuses, est exploité dans de nombreuses régions d'Amérique centrale et du Sud, notamment au Guatemala, au Belize, en Bolivie, au Pérou et au Brésil.