



Color Kinetics (haut gauche) ; Lumileds Lighting

5. LES APPLICATIONS des diodes électroluminescentes se multiplient. Quelques exemples : éclairage de vitrines et d'exposition, par exemple celle des costumes des Beatles, au *Metropolitan*

Museum of Art, à New York (a) ; feux de signalisation routière (b) ; enseignes lumineuses (c) ; tableaux de bord, clignotants et feux arrière d'automobile (d).

durée de vie reste très limitée, en comparaison des diodes électroluminescentes inorganiques.

Le grand espoir blanc

Les physiciens s'attaquent maintenant à la fabrication de diodes électroluminescentes blanches. On trouve déjà des diodes blanches dont l'efficacité est légèrement supérieure à celles des ampoules à incandescence. Certaines sont utilisées pour éclairer les écrans des téléphones cellulaires et les tableaux de bord dans certaines voitures. Leur puissance atteint environ 15 lumens par watt. En revanche, les diodes pour l'éclairage et les illuminations des monuments, par exemple, nécessitent une puissance de 100 lumens par watt. Les bénéfices potentiels d'une lumière blanche produite par des diodes bon marché sont énormes. Le marché mondial de l'éclairage lumineux est en effet estimé à 70 milliards de francs. C'est pourquoi les trois principaux acteurs de l'éclairage – *Philips*, *Osram Sylvania* et *General Electric* – investissent autant dans la recherche et dans le développement des diodes électroluminescentes blanches. Au lieu des ampoules de verre fragiles, brûlantes, remplies

de gaz, qui ne durent pas très longtemps et qui gaspillent la plupart de leur énergie sous forme de chaleur, nous pourrions disposer de meilleures sources d'éclairage. Les diodes électroluminescentes d'une automobile, par exemple, dureraient aussi longtemps que la voiture elle-même, et l'énergie de la batterie économisée grâce à ces diodes servirait à l'électronique à bord.

La société tout entière en tirerait profit. L'éclairage représente 20 à 30 pour cent de la consommation d'électricité des pays développés. Les systèmes d'éclairage standard ne convertissent au mieux que 25 pour cent de l'électricité en lumière. Si les diodes électroluminescentes blanches parvenaient à l'efficacité des diodes rouges disponibles aujourd'hui, les besoins en énergie diminueraient, et

la quantité de dioxyde de carbone émise dans l'atmosphère par les centrales électriques serait réduite de 300 mégatonnes par an. Cette perspective est attractive, mais le remplacement à grande échelle de l'éclairage public ne se fera pas avant une dizaine d'années. Aujourd'hui, les meilleures diodes électroluminescentes blanches coûtent environ trois francs par lumen, 10 à 20 fois plus qu'une ampoule à incandescence. Il faudra réduire les coûts et convaincre les consommateurs d'adopter les diodes électroluminescentes, plus chères à l'achat, mais qui durent plus longtemps. Toutefois, ils se laisseront sans doute convaincre par la solution d'avenir que représentent ces diodes : elles consomment peu d'énergie, de sorte qu'elles participent moins au réchauffement de la planète que les ampoules classiques.

George CRAFTORD, qui mit au point la première diode électroluminescente jaune, travaille à la Société *LumiLeds Lighting*, à San Jose. Nick HOLONYAK est professeur de physique et d'électronique à l'Université de l'Illinois. Frederick KISH dirige le département recherche et développement de la Société *Agilent Technologies*.

Bob JOHNSTONE, *We Were Burning : Japanese Entrepreneurs and the Forging of the Electronic Age*, Basic Books, 1999. Charles T. WHIPPLE, *Replacing the Light Bulb*, in *Photonics Spectra*, vol. 33, n° 12, pp. 104-109, décembre 1999. Neil SAVAGE, *Leds Light the Future*, in *Technology Review*, vol. 103, n° 5, pp. 38-44, septembre/octobre 2000.

Pourquoi certains pays sont-ils riches, alors que d'autres sont désespérément pauvres ? À la fin du XVIII^e siècle, l'économiste écossais Adam Smith fut le premier à soutenir qu'une économie de libre concurrence, où l'État autorise les entreprises à faire des profits, est la meilleure garantie de prospérité. Au cours des deux siècles qui ont suivi, l'hypothèse de Smith s'est trouvée confortée par le succès des économies capitalistes de l'Amérique du Nord, de l'Europe de l'Ouest et de l'Asie de l'Est, et par l'échec de l'économie communiste en Europe de l'Est et dans l'ancienne Union soviétique.

Smith avait cependant émis une seconde hypothèse : la géographie physique d'une région influe sur ses performances économiques. Selon lui, les régions côtières ont, en général, des performances économiques supérieures à celles des régions enclavées. Aujourd'hui, la plupart des économistes pensent, comme Smith, que l'économie de libre concurrence participe à la prospérité, mais ils négligent le rôle de la géographie physique : ils admettent implicitement que toutes les régions du monde ont le même potentiel de croissance économique et de développement à long terme, et que la disparité des performances tient seulement à des différences institutionnelles. Nos

découvertes, qui reposent sur des données récentes et sur de nouvelles méthodes de recherche, nous conduisent à penser qu'il en est autrement, et que la géographie joue un rôle important dans la répartition des richesses mondiales et de la croissance économique.

Nos résultats confirment les prévisions de Smith : les régions côtières et celles qui bordent les voies navigables sont bien plus riches et bien plus peuplées que les régions intérieures, mais le climat joue aussi un rôle primordial dans le développement économique. Les habitants des pays situés dans les zones tropicales sont généralement exposés à davantage de maladies infectieuses que les habitants des zones tempérées ; de surcroît, la productivité agricole y est moindre (notamment en ce qui concerne les denrées alimentaires), tout comme dans les zones désertiques. Les régions les plus pauvres du monde sont celles qui cumulent les deux handicaps : elles n'ont pas accès au commerce maritime et sont localisées en zone tropicale ou désertique.

Certes, tout cela est bien connu, mais notre étude nous a permis de préciser l'impact des conditions géographiques, de la politique économique et de divers facteurs, que nous expliciterons, sur les performances d'une nation. Aux outils de recherche utilisés par les géographes – notamment de nouveaux logiciels qui

fournissent des cartes détaillées de la densité d'une population – nous avons associé les techniques et les équations employées en macroéconomie. Par ailleurs, nous ne nous laissons pas de répéter les enseignements que prodigue la géographie et sur lesquels on doit insister, puisque la plupart des économistes les ignorent. Au cours des dix dernières années, la quasi-totalité des articles publiés sur le développement économique ont négligé les réalités géographiques, même les plus évidentes. Enfin, si les résultats de nos recherches sont corrects, leurs conséquences en matière de politique seront notables. Les programmes d'aide aux pays en développement devront être redéfinis, car les contraintes imposées par les conditions géographiques devront être prises en compte. En particulier, nous avons tenté de définir de nouvelles stratégies susceptibles d'aider les pays des zones tropicales à améliorer leur productivité agricole et à faire reculer les maladies telles que le paludisme.

La disparité géographique

Le meilleur indicateur de la prospérité d'un pays est son produit national brut (PNB) par habitant, c'est-à-dire la valeur de sa production économique globale divisée par le nombre de ses habitants. Une carte du PNB par habitant et par nation montre immédiatement les inéga-



© Cuisset/Rea

2. LES DISPARITÉS ÉCONOMIQUES tiennent pour une grande part aux facteurs géographiques. Dans les pays de la zone tempérée, en bord de mer (ci-dessus, le port de Lorient), le coût de

transport de marchandises est plus faible et la productivité agricole plus élevée que dans des pays enclavés de la zone tropicale, comme l'Ouganda (page ci-contre).



lités de la répartition entre les pays riches et les pays pauvres (voir la figure 1). La majorité des pays les plus pauvres sont localisés dans la zone située entre le tropique du Cancer et le tropique du Capricorne. Au contraire, la plupart des pays les plus riches sont localisés dans les zones tempérées.

On peut préciser cette disparité géographique en définissant les régions tropicales par leur climat, et non par leur latitude. Grâce à une méthode de classification mise au point par les climatologues allemands Vladimir Köppen et Rudolph Geiger, on peut ainsi définir cinq vastes zones climatiques (voir la figure 4) : la zone tropicale et subtropicale (dite, par la suite, zone tropicale), la zone des déserts et des steppes (dite désertique), la zone tempérée et où, parfois, tombe la neige (dite tempérée), la zone des montagnes et la zone polaire. Elles sont définies par les températures qui y règnent et par l'abondance des précipitations. Nous avons exclu de notre analyse la zone polaire, puisqu'elle n'est pratiquement pas habitée.

Parmi les 28 pôles économiques considérés à haut revenu par la Banque mondiale (et dont la population dépasse un million de personnes), seuls Hong-Kong, Singapour et une partie de Taiwan sont dans la zone tropicale, et à eux trois ils représentent à peine deux pour cent de l'ensemble de la population des pays riches. Presque tous les pays de la zone tempérée ont des économies riches (c'est le cas de l'Amérique du Nord, de l'Europe de l'Ouest, de la Corée et du Japon) ou moyennement riches, quand ils ont subi, dans le passé, le poids de poli-

tiques communistes (c'est le cas de l'Europe de l'Est, de l'ancienne Union soviétique et de la Chine). En outre, dans les pays où coexistent les deux types de climat, on observe une très forte disparité entre les régions tempérées et tropicales. La plus grande partie du Brésil, par exemple, est située en zone tropicale, mais ses régions les plus méridionales – qui sont en zone tempérée – sont les plus riches.

La carte mondiale du PNB illustre l'importance d'un accès au commerce maritime. Les régions enclavées d'Amérique du Sud, d'Afrique et d'Asie, qui sont loin de la mer, sont beaucoup plus pauvres que les régions ayant une ouverture sur la mer. Les différences entre les régions côtières et intérieures sont encore plus évidentes sur une carte mondiale représentant la densité de PNB, c'est-à-dire la production économique par kilomètre carré (voir la figure 1). Cette carte a été établie d'après un recensement détaillé des densités de population effectué en 1994. Le logiciel d'un système d'information géographique a été utilisé pour diviser la surface de la Terre en territoires de cinq minutes d'angle sur cinq minutes (ce qui, à l'équateur, correspond à 100 kilomètres carrés). La densité de PNB de chaque zone est le produit de sa densité de population par le PNB par habitant. Quand on ne dispose d'aucune évaluation régionale du PNB par habitant, on utilise des moyennes nationales.

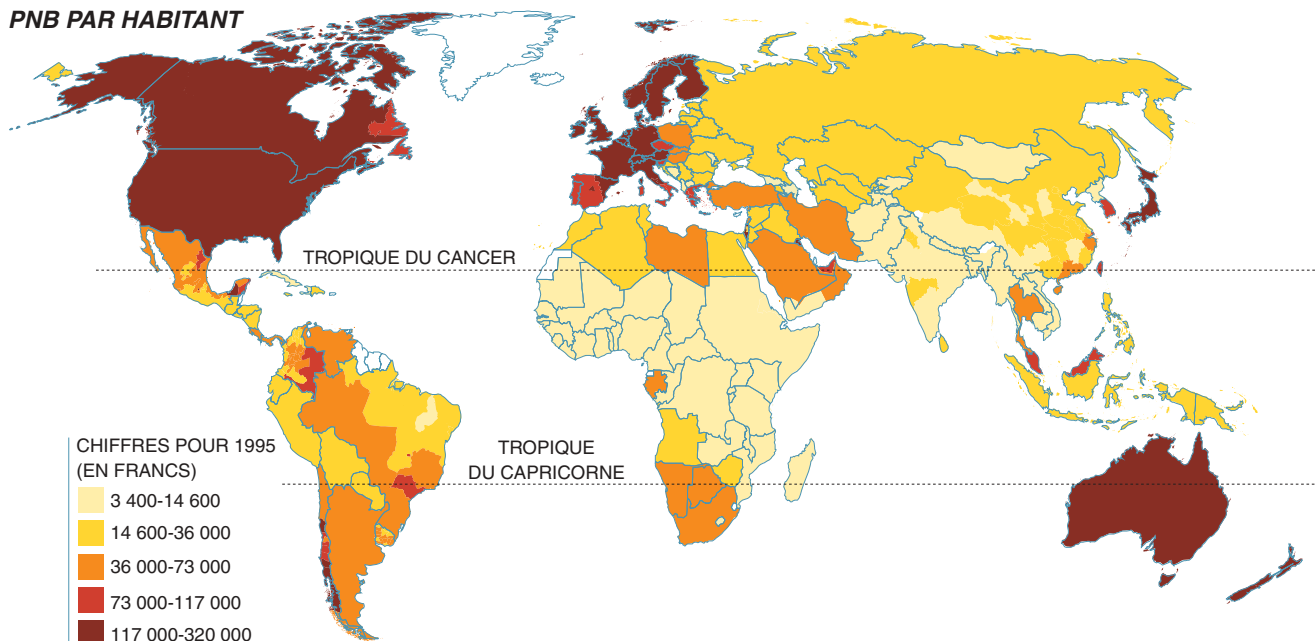
Pour exploiter ces données, nous avons réparti les régions du monde en larges catégories définies par leur climat et par leur proximité à la mer. Nous considérons qu'une région est proche

de la mer quand elle est située à moins de 100 kilomètres d'une côte ou d'une voie navigable (un fleuve, un lac ou un canal que peuvent emprunter les navires de haute mer). Les régions situées dans l'une des quatre zones climatiques étudiées peuvent être classées comme «proches» ou «éloignées», ce qui définit huit catégories. En analysant ces données, nous avons constaté que la production globale est très largement concentrée dans les régions côtières des zones de climat tempéré. Les régions de la catégorie «zone tempérée + proximité d'une côte» ne représentent que 8,4 pour cent des territoires habités, mais regroupent 22,8 pour cent de la population mondiale et produisent 52,9 pour cent du PNB mondial. Dans ces régions, le revenu par habitant est 2,3 fois supérieur à celui de la moyenne générale, et la densité de population y est 2,7 fois plus élevée. Inversement, la catégorie «zone tropicale + éloignement d'une voie navigable» correspond aux régions les plus pauvres : le PNB par habitant n'y est que le tiers de la moyenne mondiale.

L'interprétation des modèles

Dans nos recherches, nous avons évalué l'influence sur le développement économique des facteurs géographiques. Tout d'abord, comme l'avait remarqué Adam Smith, l'accès aisé à une voie de transport des marchandises est un facteur primordial. Comme le commerce par voie maritime est moins coûteux que par voie terrestre ou par voie aérienne, la proximité des côtes confère, sur le plan économique, un

PNB PAR HABITANT



grand avantage. Le prix au kilomètre du transport des marchandises par voie terrestre, en Afrique par exemple, est souvent multiplié par 10 par rapport à celui du commerce maritime vers un port africain. Ainsi, le coût d'expédition par mer d'un conteneur de six mètres de longueur de Rotterdam, aux Pays-Bas, à Dar-es-Salaam, en Tanzanie (soit, à vol d'oiseau, 7 300 kilomètres), est de l'ordre, d'après nos

dernières estimations, de 10 000 francs, alors que le transport terrestre du même conteneur de Dar-es-Salaam à Kigali, au Rwanda (environ 1 300 kilomètres), coûte environ 18 000 francs, soit presque deux fois plus.

De surcroît, les facteurs géographiques influent sur la proportion de la population touchée par diverses maladies. De nombreuses maladies infectieuses sont endémiques dans les

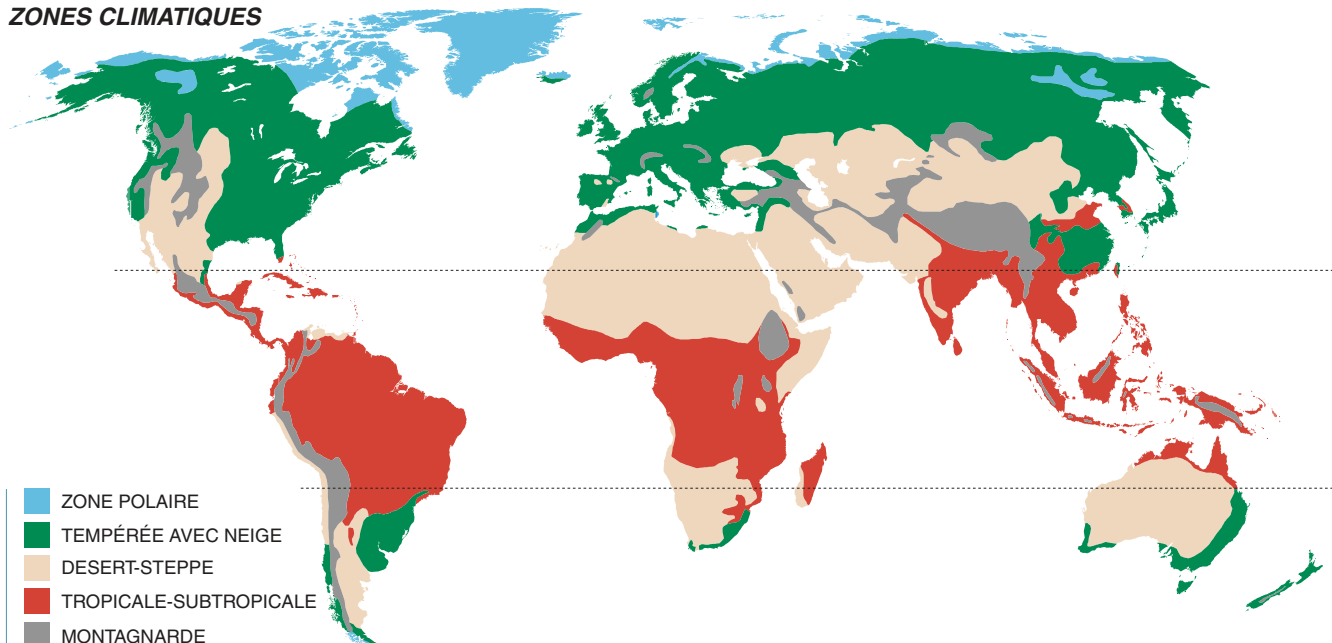
zones tropicales et subtropicales. Ce constat est particulièrement vrai pour les maladies où l'agent pathogène passe une partie de son cycle de vie hors de l'organisme : c'est le cas du paludisme (dont les vecteurs sont les moustiques) et des parasitoses dues à des vers, nommés helminthes. Bien que des épidémies de paludisme aient eu lieu, au XIX^e siècle, à des latitudes aussi septentrionales que Marseille ou Boston, jamais la maladie n'a pris pied durablement dans les zones tempérées, car le froid hivernal freine la transmission de la maladie par les moustiques (l'hiver est la mesure de santé publique la plus efficace !). Il est bien plus difficile de maîtriser le paludisme dans les régions tropicales, où la maladie se transmet toute l'année.

Selon l'Organisation mondiale de la santé, 300 à 500 millions de nouveaux cas de paludisme se déclarent chaque année, presque exclusivement dans les régions tropicales où la maladie est si fréquente que personne ne sait exactement combien de personnes elle tue chaque année – au moins un million, peut-être deux, voire même davantage. Une maladie aussi répandue, qui tue des personnes jeunes, fait payer un lourd tribut aux hommes et à l'économie, car elle réduit notablement la productivité. Ces maladies endémiques ont également des conséquences sociales à long terme, par exemple une modification de la pyramide des âges. Dans les sociétés où le taux de mortalité infantile est élevé, les femmes ont beaucoup d'en-

ZONE CLIMATIQUE	(EN POUR CENT DU TOTAL MONDIAL)	DISTANCE À UNE VOIE MARITIME	
		INFÉRIEURE À 100 KM	SUPÉRIEURE À 100 KM
TEMPÉRÉE			
PNB	67,2	52,9	14,3
POPULATION	34,9	22,8	12,1
SURFACE TERRESTRE	39,2	8,4	14,3
TROPICALE			
PNB	17,4	10,5	6,9
POPULATION	40,3	21,8	18,5
SURFACE TERRESTRE	19,9	5,5	14,4
MONTAGNARDE			
PNB	5,3	0,9	4,4
POPULATION	6,8	0,9	5,9
SURFACE TERRESTRE	7,3	0,4	6,9
DÉSERTIQUE			
PNB	10,1	3,2	6,8
POPULATION	18,0	4,4	13,6
SURFACE TERRESTRE	29,6	3,0	26,6

3. LA RÉPARTITION DU PNB ET DE LA POPULATION en fonction du climat et de la proximité de voies maritimes montre que les richesses sont concentrées dans les régions au climat tempéré proches des voies maritimes, tandis qu'à l'inverse, les régions au climat tropical éloignées des voies maritimes restent très pauvres.

ZONES CLIMATIQUES



fants, de sorte que quelques-uns (au moins) parviennent à l'âge adulte. Dans ces pays, les jeunes enfants représentent une proportion notable de la population, mais les familles pauvres n'ont pas les moyens d'envoyer leurs enfants à l'école. Si l'éducation passe au second plan, c'est aussi le cas du rôle des femmes dans la société : elles consacrent presque tout leur temps à élever leurs enfants.

Enfin, les facteurs géographiques influent aussi sur la productivité agricole. Parmi les principales céréales, le blé ne pousse que dans les climats tempérés, mais le maïs et le riz poussent sous tous les climats, même si leurs récoltes sont en général plus abondantes sous des climats tempérés et subtropicaux que dans les zones tropicales. En moyenne, un hectare, sous les tropiques, fournit 2,3 tonnes de maïs, contre 6,4 tonnes en zone tempérée. Dans un environnement tropical, l'agriculture est entravée par la fragilité du sol : certes les températures élevées accélèrent la minéralisation des matières organiques, mais ces dernières sont entraînées par les précipitations abondantes qui lessivent les sols. Dans un environnement tropical où alternent saisons sèches et saisons humides, par exemple dans la savane africaine, les fermiers sont confrontés aux températures élevées qui assèchent les sols, aux précipitations irrégulières et au risque permanent de sécheresse. De surcroît, insectes nuisibles et parasites dévastent les récoltes et déciment les troupeaux.

4. RICHESSE ET CLIMAT sont intimement liés. La comparaison de la carte mondiale du PNB par habitant (page ci-contre) et des zones climatiques (ci-dessus) montre que les pays des zones tempérées sont en général plus prospères que ceux des zones tropicales. De plus, à l'intérieur de chaque zone climatique, les régions situées près des côtes et des voies navigables sont plus riches que celles de l'arrière-pays (tableau ci-contre).

Des remèdes contre les inégalités

La plupart des tentatives qui visaient à l'amélioration de la production des denrées alimentaires dans les régions tropicales, d'abord par les puissances coloniales, puis, plus récemment, par les organismes de développement internationaux, se sont soldées par un échec. En général, les experts agricoles ont voulu transposer sous les tropiques des pratiques agricoles des zones tempérées, avec pour seul résultat de voir les troupeaux et les récoltes anéantis par les parasites, les maladies, ou la sécheresse. Qui plus est, la production agricole dépend aussi des conditions géologiques et topographiques, variables selon le lieu. Sur l'île de Java, par exemple, on peut pratiquer une agriculture intensive, car le sol volcanique est plus riche que le sol non volcanique des îles voisines de l'Indonésie.

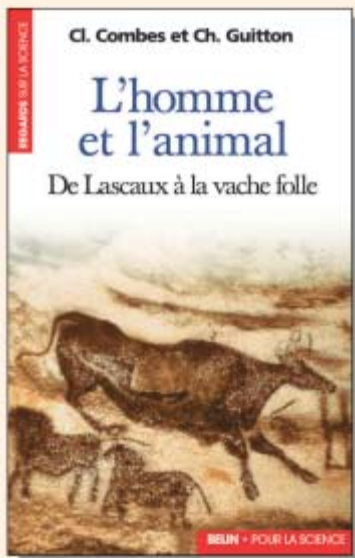
De petites différences des facteurs géographiques ont parfois des conséquences économiques à long terme notables. Ainsi, dans des pays de la zone tempérée, des conditions agricoles et sanitaires favorables participent à l'augmentation des revenus par habitant et au développement de l'économie. La croissance stimule la production de produits destinés à l'exportation vers les pays riches, de

sorte que l'activité économique ne cesse de croître. L'innovation renforce l'avantage conféré par des conditions géographiques plutôt favorables.

Au contraire, la faible production agricole des régions tropicales tend à limiter la taille des villes, approvisionnées par l'arrière-pays agricole. Quand l'urbanisation est restreinte, les innovations techniques sont plus lentes et, en général, la croissance économique est faible. C'est pourquoi les zones tropicales restent plus rurales que les zones tempérées, leur activité économique reposant sur l'agriculture plus que sur l'industrie ou sur les services.

Toutefois, les facteurs économiques ne représentent qu'un aspect de la question. Les institutions économiques et sociales sont importantes pour l'économie d'un pays. Comparons les performances des économies de marché et des économies communistes, après la Seconde Guerre mondiale, dans des pays qui ont les mêmes facteurs géographiques : que ce soit en Corée du Nord et en Corée du Sud, en Allemagne, anciennement de l'Ouest et de l'Est, en République tchèque et en Autriche, ou encore en Estonie et en Finlande, l'économie de marché a été favorable aux performances économiques.

Notre étude a révélé que les responsables politiques devraient davantage prendre en compte les contraintes



L'homme et l'animal

**Claude Combes,
Christophe Guitton**

« 160 pages brillantes
d'érudition, de profondeur
et d'ouverture d'esprit. »

*Philippe Dorchies,
professeur de parasitologie,
La Dépêche vétérinaire*

« Une promenade plaisante,
claire et documentée, guidée
conjointement par un biologiste
et un vétérinaire. »

Eurêka

« Un livre riche et divertissant
alliant philosophie et sciences
grand public publié par deux
scientifiques de l'université
de Perpignan. »

Midi Libre

**Code 075012 • 95 F
160 pages**

**Voir bon de commande
page 98**

BELIN • POUR LA SCIENCE

géographiques, telles qu'une situation sanitaire médiocre, une faible productivité agricole ou des coûts de transport élevés. Les économies tropicales devraient s'efforcer de diversifier leur production vers des secteurs industriels et de services indifférents aux conditions climatiques. Les pays prospères du Sud-Est tropical de l'Asie, notamment la Malaisie, ont réalisé d'étonnants progrès au cours des 30 dernières années, d'une part, en s'attaquant aux problèmes de santé publique et, d'autre part, en déplaçant leur économie d'une production liée aux conditions climatiques (caoutchouc, huile de palme, etc.) vers divers secteurs industriels, tels l'électronique ou les semi-conducteurs. Cette réussite a été favorisée par la densité élevée de leurs populations dans les régions côtières, situées près de grandes voies maritimes internationales, et par une situation sanitaire assez facile à maîtriser, tant en ce qui concerne le paludisme que d'autres maladies tropicales. L'Afrique subsaharienne n'a pas cette chance : la plus grande partie de sa population est située loin des côtes, et les contraintes écologiques pèsent sur la santé humaine et sur la production agricole.

Une aide indispensable des pays riches

La Banque mondiale et le Fonds monétaire international, les deux organismes internationaux qui donnent les grandes orientations des actions à mener dans les pays en développement, insistent sur la nécessité de faire des réformes institutionnelles, par exemple rénover certains services publics ou l'administration fiscale, plus que sur la lutte contre les maladies tropicales et ou sur l'obligation d'améliorer la production agricole. En matière de santé publique, une des difficultés tient à ce que les laboratoires pharmaceutiques n'ont aucune incitation financière pour rechercher des vaccins contre les maladies tropicales. Les pays indus-

trialisés devraient stimuler d'une façon ou d'une autre la recherche de vaccins contre les maladies tropicales destinées aux pays en développement. Nous avons lancé un appel aux gouvernements des pays riches pour qu'ils stimulent la recherche et le développement de tels vaccins, et pour qu'ils s'engagent à acheter aux entreprises pharmaceutiques des vaccins contre le paludisme, le SIDA et la tuberculose, qu'ils paieraient à un prix raisonnable. De même, les entreprises de biotechnologie et de recherche agricole doivent être incitées à étudier comment la production agricole dans les régions tropicales peut être améliorée.

Les pays les plus pauvres manquent certainement des ressources qui leur permettraient de vaincre seuls leur handicap géographique. Les pays de l'Afrique subsaharienne ont un revenu par habitant de l'ordre de un dollar par jour (environ sept francs). Même lorsque ces pays investissent dans la santé publique trois à quatre pour cent de leur PNB, ce qui, pour un pays très pauvre, représente une fraction notable des ressources, le retour sur investissement ne dépasse par 110 francs environ par an et par personne. Ce n'est certainement pas assez pour lutter contre le paludisme, et encore moins pour vaincre le SIDA, la tuberculose et les infections parasitaires.

Pour que les pays en développement surmontent les difficultés liées aux conditions géographiques, leurs politiques économiques devront être améliorées, mais les pays riches auront à consentir un apport financier notablement supérieur. D'après une estimation préliminaire, même un modeste apport supplémentaire de fonds de l'ordre de 180 milliards de francs par an – soit seulement 0,1 pour cent du PNB global des pays riches ou encore quelque 200 francs par habitant – représenterait, pour les pays les plus pauvres du monde, une aide précieuse dans leur lutte contre les maladies et pour l'accroissement de la production des ressources alimentaires.

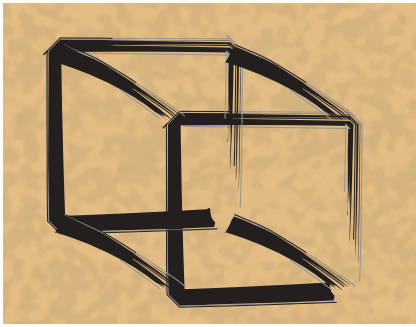
Jeffrey SACHS et Andrew MELLINGER travaillent au Centre pour le Développement International (CID) à l'Université Harvard. John GALLUP est le fondateur de la Société *DevelopIT.org*.

Adam SMITH, *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*,

Modern Library, 1994.

Jared DIAMOND, *Guns, Germs and Steels : The Fates of Human Societies*, éditeur W. Norton, 1997.

David LANDES, *The Wealth and Poverty of Nations : Why Some Are So Rich and Some Are So Poor*, éditeur W. Norton, 1998.



Le combat des hémisphères

YVES FRÉGNAC

Des illusions de la perception visuelle résultent souvent de la compétition entre les deux hémisphères cérébraux, chacun d'eux interprétant une scène ambiguë d'une façon différente.

Devant *Le marché aux esclaves où disparaît le buste de Voltaire*, le visiteur du Musée Dali de Saint Petersburg, en Floride, ne sait pas quelle interprétation choisir : alternativement, les religieuses ou les traits du pamphlétaire antireligieux prennent le contrôle de ses illusions. Le titre de l'œuvre de Salvador Dali, peinte en 1940, est sans ambiguïté : il donne tout de suite la solution à ce qui pourrait être une énigme visuelle.

Ce tableau est exemplaire : il atteste l'incroyable capacité du cerveau humain à associer de plusieurs façons les éléments d'une scène en des interprétations cohérentes. Bien sûr, pour émerger, les différentes perceptions requièrent, au sein de notre cerveau, une préexistence des représentations, voire une connaissance culturelle de Voltaire et des luttes anticléricales. Par ailleurs, les multiples interprétations de l'œuvre de Dali évoquent les figures réversibles qui sont des curiosités depuis des siècles : le cube de Necker (voir la figure à côté du titre), qui semble pivoter périodiquement autour d'un axe, le vase dessiné par deux visages qui se font face et le canard-lapin (voir la figure), qui intriguait tant Marcel Duchamp.

Le point de vue analytique le plus classique des œuvres des peintres surréalistes découle des théories du gestaltisme (la psychologie de la forme), introduites dans les années 1930. Notre système visuel est une machine qui établit des liens entre les éléments perçus à partir de règles quasi syntaxiques, telles la proximité spatiale, la continuité... L'interprétation de l'instabilité des perceptions devant le tableau de Dali nécessite de définir l'idée de segmentation : de la connaissance du « tout », soit le buste de Voltaire, soit le marché aux esclaves, nous cherchons à identifier les « parties » que le cerveau a, de façon quasi automatique, liées. Un changement d'échelle spatiale nous renseigne sur la nature des éléments recrutés pour chacune des perceptions. Rapprochons-nous du tableau, et le buste disparaît laissant place à deux religieuses. Éloignons-nous du tableau, et nous perdons la foi. L'interprétation qui prédomine est alors tridimensionnelle : le contraste des

coiffes devient un indice de profondeur incompatible avec la reconnaissance du visage des nonnes, ainsi gommées.

Le deuxième point de vue requiert l'exploration neurobiologique et psychophysique des mécanismes cérébraux de l'ambiguïté perceptive. En 1838, Charles Wheatstone a, le premier, décrit un phénomène nommé rivalité binoculaire. Lorsqu'on présente dans un stéréoscope (un appareil qui expose une image différente à chaque œil) deux motifs incompatibles, par exemple, des lignes verticales pour l'œil gauche et horizontales pour le droit, la plupart des observateurs ne perçoivent pas la combinaison des deux : ils voient alternativement le motif vertical et le motif horizontal, chacun pendant quelques secondes. Régulièrement, le cerveau passe d'une représentation à l'autre, cependant, on ignore où est l'interrupteur.

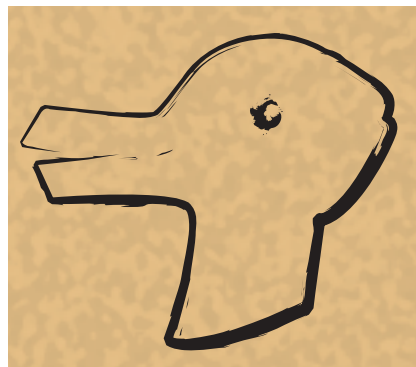
Les neurobiologistes ont longtemps pensé que des neurones reliés à chaque œil et dédiés à la détection de chacune des images monoculaires se disputaient le contrôle de la perception consciente. À la fin des années 1990, les études électrophysiologiques menées chez le singe par l'équipe de Nikos Logothetis ont montré que les représentations

neuronales des figures réversibles ne sont pas élaborées à un stade précoce du traitement des formes, mais plutôt dans des aires corticales supérieures nécessaires à une représentation unifiée. Dans le cas de la rivalité binoculaire, la guerre perceptive est cérébrale et intervient donc entre des représentations « mentales », indépendamment des conditions dans lesquelles la compétition a été introduite.

Les expériences récentes de Jack Pettigrew, neurobiologiste à l'Université de Brisbane, en Australie, vont un pas plus loin et mettent en évidence une rivalité entre les deux hémisphères du cerveau humain, avant même qu'une perception prédomine dans la conscience. Selon cette théorie, ce n'est plus un, mais bien deux esprits qui se prononcent sur ce qui est vu. Cette découverte s'accorde avec le point de vue de N. Logothetis selon lequel le cerveau construit des représentations conflictuelles d'une scène qui sont en compétition pour une prise de conscience visuelle. L'hypothèse de J. Pettigrew devient plus exigeante : ce ne sont plus seulement quelques groupes de neurones qui s'opposent dans la rivalité binoculaire, mais bien les hémisphères droit et gauche du cortex cérébral.

Pour tester cette hypothèse, les neurobiologistes ont effectué d'étranges expériences. Pendant que des sujets observaient des cubes de Necker ou les deux motifs de lignes dans un stéréoscope, puis répondaient à des questions en appuyant sur des boutons, les neurobiologistes les tourmentaient ! Ils versaient de l'eau glacée dans l'oreille de certains, appliquaient un champ magnétique en un point précis d'un des deux hémisphères cérébraux d'autres, et enfin, racontaient des histoires drôles aux plus chanceux. Il s'agissait de perturber, de façon sensorielle, émotionnelle ou directe, l'un des deux hémisphères, puis d'étudier l'impact de cette perturbation sur la perception et la représentation des images.

De l'eau glacée versée sur le tympan active le système vestibulaire de l'oreille interne : la stimulation cause des



Le canard-lapin est une figure réversible qui offre deux interprétations. La première est stockée dans l'hémisphère droit, et la seconde, dans l'hémisphère gauche. Grâce à un « interrupteur » entre les deux hémisphères, elles sont alternativement perçues consciemment. Deux esprits cohabitent en un.