



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-



© Clusset/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 la 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