

ou aux commerçants les conséquences de leurs activités quotidiennes sur l'environnement. Ils sont obligatoires pour obtenir l'autorisation d'exercer certaines professions, telle celle de chauffeur de taxi, mais beaucoup de gens les suivent de leur propre initiative.

La ville de Curitiba se préoccupe aussi de la santé et de l'éducation de ses plus jeunes habitants. Des emplois à temps partiel sont proposés aux écoliers les plus pauvres, et quatre repas sont servis quotidiennement à plus de 12 000 enfants par les restaurants municipaux. En outre, un numéro de téléphone permet de signaler tout enfant en difficulté ou maltraité.

Trier et évacuer les déchets

De nombreux urbanistes pensent qu'une ville qui engendre plus de 1 000 tonnes de déchets par jour doit posséder une usine de retraitement. Curitiba n'en a pas : la production de déchets a été réduite et leur ramassage a été amélioré. Un programme de recyclage incite près de 70 pour cent des foyers à trier leurs déchets : chaque jour, une quantité de papier correspondant à environ 1 200 arbres est recyclée. Un programme de rachat des déchets a été mis en place dans les quartiers pauvres, où les services de voirie se rendent difficilement : les familles échangent des sacs de déchets contre des billets d'autobus, de la nourriture ou des fournitures scolaires. Plus de 34 000 familles de 62 quartiers ont ainsi échangé 11 000 tonnes de déchets contre près d'un million de billets d'autobus et 1 200 tonnes de denrées alimentaires. Depuis trois ans, des élèves de plus de 100 écoles ont échangé près de 200 tonnes de déchets contre presque 1,9 million de cahiers. Des retraités et des chômeurs sont employés temporairement au nettoyage des décharges sauvages.

Ces initiatives, qui reposent sur l'emploi intensif de main-d'œuvre plutôt que sur la mécanisation et des investissements, ont réduit le coût et augmenté l'efficacité du traitement des déchets. Elles ont permis des économies, embelli la cité et créé des emplois.

Curitiba a des caractéristiques géographiques, économiques et politiques uniques. C'est toutefois un exemple pour les urbanistes : alors que la construction et l'aménagement de routes aboutit paradoxalement à une saturation croissante du trafic automobile, la réduction des besoins des

déplacements en voiture individuelle à Curitiba a réduit la pollution. La priorité des transports collectifs sur les véhicules individuels et des piétons sur les engins motorisés est primordiale.

D'autres villes commencent à suivre cet exemple. Les rues piétonnes se multiplient, au Brésil et dans d'autres pays d'Amérique du Sud. La ville du Cap, en Afrique du Sud, a récemment adopté un plan d'aménagement urbain explicitement fondé sur celui de Curitiba. Les élus et les urbanistes de grandes villes aussi diverses que New York, Toronto, Montréal, Paris, Lyon, Moscou, Prague, Santiago, Buenos Aires et Lagos ont visité et apprécié l'organisation de Curitiba.

Deux autres principes mis en œuvre à Curitiba pourraient être appliqués ailleurs. D'abord, lier tous les problèmes d'urbanisation : chaque programme peut créer des partenariats entre les entreprises privées, les organisations non gouvernementales, les services municipaux, les associations de quartier, les communautés, les groupes et les individus. Ensuite, agir dès que les problèmes se posent. Plutôt que de tenter de ressusciter des centres-villes désertés par leurs habitants, les urbanistes des grandes villes ou de celles qui commencent à croître devraient aborder les problèmes sans attendre un plan d'urbanisme complet ou des difficultés financières.

Jonas RABINOVITCH est urbaniste à l'Organisation des Nations unies. Josef LEITMAN est urbaniste à la Banque mondiale.

Jonas RABINOVITCH, *Curitiba : Towards Sustainable Urban Development*, in *Environment and Urbanization*, vol. 4, n° 2, pp. 62-73, octobre 1992.

Jonas RABINOVITCH et Josef LEITMAN, *Environmental Innovation and Management in Curitiba, Brazil*, United Nations Development Program, Habitat and World Bank, Urban Management Program, Working Paper Series n° 1, juin 1993.

Anisio BRASILEIRO, *Curitiba et Recife, dans l'expérience brésilienne d'organisation des transports*, CODATU-INRETS, juillet 1994.

J. RABINOVITCH et J. HOEHN, *A Sustainable Urban Transportation System : The «Surface Metro» in Curitiba, Brazil*, Environmental and Natural Resources Policy and Training Project, Working Paper n° 19, mai 1995.

Malnutrition, pauvreté et développement intellectuel

LARRY BROWN • ERNESTO POLLITT

La malnutrition infantile perturbe à la fois le comportement des enfants et leur santé physique. Elle amoindrit en outre durablement les capacités intellectuelles.

Aujourd'hui, sur la Terre, 195 millions d'enfants de moins de cinq ans sont sous-alimentés. La malnutrition a des formes évidentes dans les pays pauvres : les journaux et les télévisions montrent des corps émaciés, dans des régions frappées par la famine ou déchirées par la guerre. Elle est moins prononcée et plus com-

mune dans les pays riches : en 1992, 12 millions d'enfants américains avaient une consommation alimentaire inférieure aux apports journaliers recommandés par l'Académie nationale des sciences.

La malnutrition des enfants provoque des problèmes de santé qui peuvent devenir chroniques et

conduire à la mort : perte de poids extrême, arrêt de la croissance, affaiblissement des résistances immunitaires. Dans les cinq premières années de la vie, les conséquences sont particulièrement dramatiques : le corps est en période de croissance rapide et il a davantage besoin d'énergie et de nutriments.



1. UN PETIT DÉJEUNER équilibré donné aux enfants des écoles combat la malnutrition et les problèmes de développement intellectuel qui lui sont associés.

La malnutrition perturbe aussi le développement intellectuel. On a longtemps pensé qu'elle agissait uniquement en créant des lésions cérébrales irréversibles. Toutefois des travaux récents montrent que des lésions dues à la malnutrition sont réversibles et que le développement intellectuel est aussi handicapé suivant d'autres mécanismes. Des programmes d'aide à l'enfance ont été redéfinis en tenant compte de ces résultats.

Les liens entre la malnutrition et les performances intellectuelles ont été étudiés dès le début du siècle, mais c'est seulement dans les années 1960 que l'accumulation de données sur la sous-nutrition dans les pays industrialisés et sur la malnutrition sévère dans les pays en développement a permis l'examen des conséquences à long terme des carences nutritives. En Amérique latine, en Afrique et aux États-Unis, des enfants qui avaient souffert de malnutrition avaient de moins bons résultats aux tests de QI que les enfants, convenablement nourris, de statut social et économique comparable. Puis plusieurs études ont confirmé que la malnutrition infantile limite durablement le développement intellectuel.

Le lien entre la nutrition et le développement intellectuel semblait simple. Entre la conception et l'âge de deux ans, le cerveau grossit jusqu'à 80 pour cent de sa taille adulte. Selon la «théorie de l'effet principal», la malnutrition pendant cette période critique interrompt le développement normal du cerveau et crée des lésions graves et définitives.

Toutefois cette théorie surévalue l'importance des deux premières années de la vie. La croissance du cerveau des enfants sous-alimentés n'est pas toujours terminée après deux ans : si l'alimentation s'améliore vers trois ans, elle peut reprendre à une vitesse quasi normale. À l'inverse, la malnutrition peut créer des lésions cérébrales, même après l'âge de deux ans. Une alimentation

suffisante tout au long de l'enfance est donc nécessaire au développement intellectuel.

Un modèle simpliste

En outre, la théorie de l'effet principal n'explique pas les handicaps créés par une malnutrition légère. Cette insuffisance est apparue au cours des années 1960, quand on a observé que des enfants légèrement sous-alimentés, issus de familles aux revenus moyens ou supérieurs (dont les déficits nutritionnels étaient dus à la maladie), ne souffraient pas des mêmes troubles intellectuels que les enfants légèrement sous-alimentés issus de familles pauvres. Si une alimentation insuffisante n'avait provoqué que des lésions cérébrales, il n'y aurait pas eu de différence entre les deux groupes. Des éléments de l'environnement des

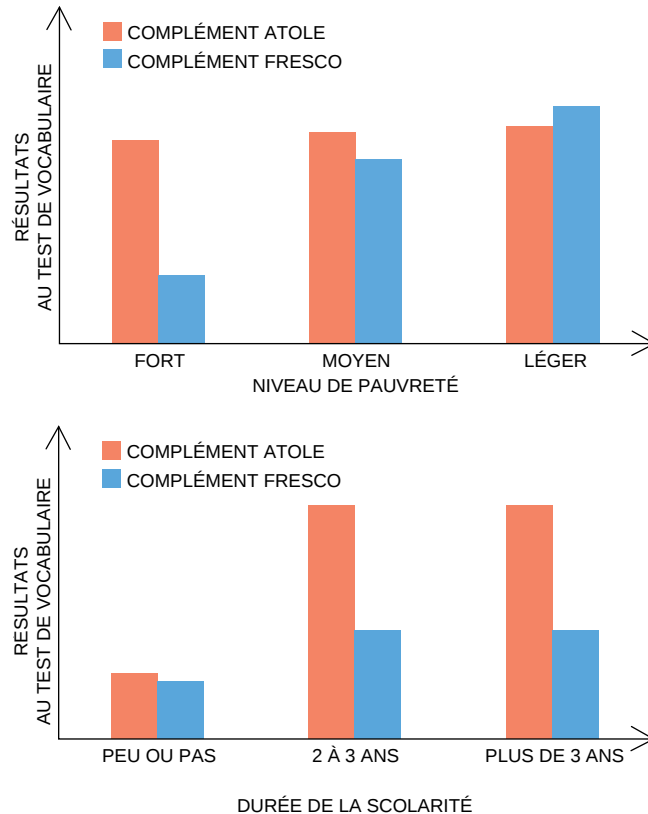
enfants, tels les revenus des parents ou le niveau d'éducation, limitaient ou renforçaient les effets dévastateurs de la sous-alimentation.

Au cours des années 1970, David Levitsky et Richard Barnes, de l'Université Cornell, ont expliqué comment, chez des rongeurs, la malnutrition ralentit le développement intellectuel sans créer de lésion cérébrale. Des animaux souffrant de malnutrition mémorisent moins bien leur parcours dans un labyrinthe parce qu'ils manquent d'énergie et qu'ils évitent les contacts avec les autres animaux et avec les objets ; les mères s'occupent aussi moins des petits les plus passifs, ce qui ralentit leur croissance et leur prise d'indépendance.

Pouvait-on extrapoler ces résultats aux humains ? Les faibles résultats aux tests de QI des enfants sous-alimentés résultaient-ils, en partie, d'un manque d'interactions avec d'autres personnes et avec leur environnement ? Ce changement fondamental d'interprétation ouvrait des perspectives : on pourrait soigner les enfants en favorisant leurs interactions sociales.

Une étude, dirigée par l'un d'entre nous (E. Pollitt), au Guatemala, a partiellement confirmé ces idées séduisantes, mais elle a aussi montré que la pauvreté et la malnutrition se combinent pour pénaliser le développement intellectuel à long terme.

Cette étude prenait la suite d'un autre travail où, de 1969 à 1977, on avait analysé l'intérêt des compléments nutritifs dans la prévention des problèmes de santé liés à la malnutrition. En 1969, les nutritionnistes, qui pensaient que les enfants des pays en développement souffraient surtout de carences en protéines, ont donné aux femmes enceintes et aux enfants de deux villages un complément à forte teneur en protéines, nommé Atole, d'après le nom d'une bouillie chaude à base de maïs traditionnellement préparée au Guatemala. Les habitants de deux autres villages, le groupe témoin,



2. LES CAPACITÉS INTELLECTUELLES d'adolescents et de jeunes adultes qui avaient reçu des compléments nutritionnels pendant leur petite enfance ont été évaluées, par des tests, pour déterminer l'impact du régime alimentaire et de la pauvreté. Ceux qui avaient consommé régulièrement, jusqu'à l'âge de deux ans, un complément riche en protéines (Atole), ont tous obtenu les mêmes résultats à la plupart des tests quel que soit leur niveau de pauvreté (en haut). En revanche, les performances des enfants qui avaient reçu un complément sans protéines (Fresco) étaient d'autant meilleures qu'ils étaient moins pauvres. Parmi les jeunes qui avaient suivi plus de trois années de scolarité, ceux qui avaient consommé Atole ont obtenu des résultats meilleurs que ceux qui avaient consommé Fresco (en bas) ; une alimentation insuffisante pendant la petite enfance réduit les bénéfices de la scolarisation.

reçurent une boisson sucrée à base de fruits, nommée Fresco, qui ne contenait pas de protéines. Les deux compléments contenaient des vitamines, des sels minéraux et des calories ; Fresco

n'apportait que le tiers des calories fournies par Atole.

Toutes les femmes enceintes et tous les enfants de moins de sept ans ont été invités à participer à l'étude :

plus de 2 000 ont accepté. Le suivi médical des enfants a révélé que les deux compléments alimentaires amélioraient leur santé, mais le produit Atole était bien supérieur au produit

Un traitement intégral de la dénutrition

Selon l'Organisation mondiale de la santé, la malnutrition par carence, ou dénutrition, entraîne la détérioration du développement intellectuel et psychologique de l'enfant ; le traitement de ces handicaps est aussi important que celui des conséquences physiques. Depuis plus de 25 ans, de nombreuses équipes ont montré les conséquences de la malnutrition au cours des deux premières années de la vie sur le développement mental ultérieur.

Malgré les preuves qu'un programme de stimulation durant le traitement de la dénutrition grave améliore le développement mental d'un groupe d'enfants par rapport à un groupe non stimulé, peu de centres de renutrition ont mis en place un tel programme. Le manque de personnel et de temps est peut-être en cause. À notre connaissance, seule l'équipe de Fernando Monckeberg, au Chili, a systématiquement intégré, dans le traitement de la dénutrition grave, une stimulation affective et psychosensorielle. Un groupe de femmes volontaires, nouvelle catégorie de soignants, est uniquement chargé de stimuler les enfants, par des caresses et des massages, et en jouant avec eux. Chez ces enfants, le gain en poids et en taille, et le développement psychomoteur sont améliorés, par rapport à un groupe d'enfants dénutris, hospitalisés, non stimulés, et le nombre des infections est fortement réduit.

Nous avons repris avec succès cette approche dès l'ouverture, début 1989, d'un Centre de réhabilitation immuno-nutritionnel à Cochabamba, en Bolivie. Nous avons constitué une équipe pluridisciplinaire, comprenant des pédiatres, des biochimistes, des psychologues, des sociologues et des nutritionnistes. La confrontation des biologistes, qui parlent de calories ou de protéines par kilogramme de poids corporel, de thymus et de globules blancs, et les psychologues, qui considèrent qu'un enfant est sauvé si sa pulsion de vie prédomine sur sa pulsion de mort, a été parfois difficile mais toujours enrichissante.

Grâce à un apport diététique approprié et à une stimulation psychosensorielle et affective, nous avons sauvé la quasi totalité des enfants gravement dénutris. Le retour de l'enfant à des conditions de vie défavorables, dans un environnement hostile, à l'origine de sa dénutrition, est un facteur important de rechute. Nous avons donc considéré qu'un enfant était sauvé lorsqu'il était sain au plan clinique et que sa taille et son poids étaient en voie de normalisation, mais aussi si nous pouvions le considérer guéri au niveau immunologique et psychologique.

Au cours de la récupération des enfants, nous avons observé une amélioration parallèle des paramètres cliniques, anthropométriques et immunologiques, et du

développement psychomoteur. Ces interactions entre immunité et nutrition, mais aussi entre psychisme et immunité, nous incitent à considérer le traitement de l'enfant dénutri comme un traitement intégral. Pour les mêmes raisons, la prévention d'une maladie à causes multiples comme la malnutrition doit être pluridisciplinaire.

Outre Ernesto Pollitt et l'équipe du Guatemala, d'autres chercheurs, notamment à l'Institut mexicain de nutrition, ont étudié les problèmes de nutrition et de développement infantile et ont tenté d'expliquer comment une diminution des interactions de l'enfant avec son milieu peut conduire à une diminution des capacités mentales. Plusieurs équipes défendent cette approche plus large où il est souvent difficile de déterminer l'importance relative de la dénutrition et de l'environnement défavorable.

Larry Brown et E. Pollitt décrivent brièvement les conditions de l'étude initiale menée au Guatemala de 1969 à 1977 : les femmes enceintes et les enfants de deux villages ont reçu un aliment de complément à forte teneur en protéines (Atole) et ceux de deux autres villages une boisson sans protéines (Fresco). Plus de 25 ans après, on peut s'étonner des divergences entre un tel protocole et les recommandations éthiques de 1993 du Conseil des organisations internationales des sciences médicales. Compte tenu de la supériorité de l'Atole en termes de réduction de la mortalité infantile, il est fort probable qu'une évaluation en cours d'expérience aurait permis aux enfants qui recevaient Fresco de bénéficier aussi des avantages procurés par Atole.

L'intérêt de l'article de L. Brown et E. Pollitt réside dans la projection qu'ils font, à partir d'observations en milieu rural dans un pays en développement, sur les rôles respectifs de l'éducation et de la nutrition parmi les couches socio-économiques les plus défavorisées, y compris dans les pays industrialisés. Ainsi que le précisent Michael Golden et A. Jackson, de l'Unité de recherche sur le métabolisme tropical de Kingston, « l'agression nutritionnelle n'est qu'une partie du syndrome de pauvreté où il existe souvent une privation émotionnelle, intellectuelle, culturelle, avec des parents mal informés. »

Dans la lutte contre la malnutrition, quelle que soit la gravité de cette dernière, toute intervention, pour être efficace, doit considérer le développement intégral de l'enfant, tant au plan physique que mental ou affectif. En septembre 1990, lors du sommet mondial pour les enfants, 159 pays s'étaient engagés à promouvoir tous ces aspects.

Philippe CHEVALIER
Laboratoire de nutrition tropicale, ORSTOM, Montpellier

Fresco. Le taux de mortalité infantile a diminué de 69 pour cent dans les villages qui recevaient Atole et de 24 pour cent seulement dans les villages qui recevaient Fresco. De même, seul Atole a amélioré la vitesse de croissance des enfants de moins de trois ans.

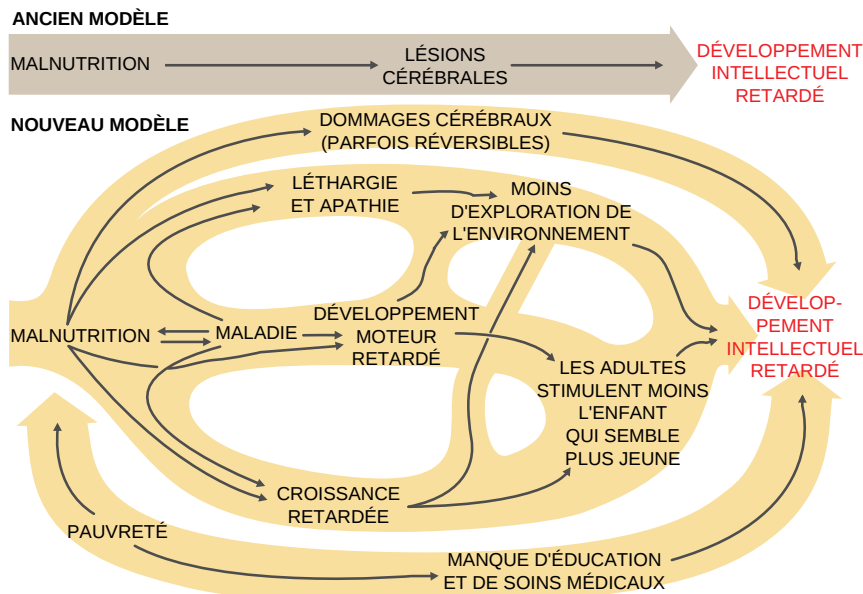
Une évaluation à long terme

En 1988 et en 1989, E. Pollitt et ses collègues ont évalué les conséquences à long terme de ces compléments nutritifs sur le développement intellectuel. Ils se sont notamment intéressés à un groupe de 600 adolescents et jeunes adultes, alors âgés de 11 à 27 ans, dont la mère avait consommé Atole ou Fresco pendant sa grossesse et qui en avaient poursuivi la consommation jusqu'à l'âge de deux ans au moins. Ces personnes ont passé des tests de vocabulaire et de compréhension écrite, un examen de culture générale, un test d'arithmétique et un test standard d'intelligence non verbale. Leurs résultats ont été corrélés à leur niveau d'éducation et au statut économique de leur famille (évalués selon la qualité de l'habitation, le métier du père et le niveau d'éducation de la mère).

Les enfants qui avaient reçu Atole au début de leur vie avaient de meilleurs résultats aux tests que ceux qui avaient reçu Fresco ; en outre, tous les enfants qui avaient consommé Atole avaient quasiment les mêmes résultats (*voir la figure 2*). Tous ces enfants étaient toutefois très pauvres, et leurs résultats étaient inférieurs à ceux des enfants de familles aux revenus moyens d'une région plus prospère du Guatemala : une bonne alimentation ne compense pas complètement les effets négatifs de la pauvreté sur la croissance intellectuelle.

Atole avait aussi accru les bénéfices de l'enseignement. Plus la scolarité avait été longue, plus les résultats des adolescents qui avaient consommé Atole et Fresco étaient différents. Une alimentation insuffisante réduit donc l'apport de l'enseignement. Selon d'autres études, les capacités d'apprentissage dépendent de la proximité du dernier repas : la prise d'un petit déjeuner avant la classe renforce ces capacités, surtout chez les enfants menacés par la malnutrition.

Les enfants qui ont consommé Atole auraient de meilleurs résultats



3. LA MALNUTRITION réduit les capacités intellectuelles selon plusieurs mécanismes. Les déficiences ne proviennent pas que de lésions cérébrales (en haut) : toute la santé est concernée (les apports d'énergie, le développement moteur et la croissance). En outre, la pauvreté économique et sociale renforce ces handicaps.

car leur croissance et leur développement social et émotionnel auraient été meilleurs. Les enfants qui avaient reçu Fresco présentaient une croissance plus lente et un temps de récupération plus long après les maladies. Comme leur développement avait été retardé, en moyenne ces enfants avaient commencé à marcher plus tard que ceux qui recevaient Atole. Ce retard aurait freiné l'acquisition des capacités cognitives qu'acquière les enfants lorsqu'ils explorent leur environnement.

Comme ces enfants sous-alimentés étaient restés petits pour leur âge, les adultes les auraient traités comme s'ils étaient plus jeunes. Ce comportement ralentirait le développement intellectuel : les enfants ne seraient pas stimulés comme d'autres enfants du même âge. À l'inverse, les enfants qui avaient consommé Atole étaient mieux nourris, grandissaient plus vite et auraient été plus stimulés par leur entourage. Les enfants qui avaient reçu Fresco avaient peut-être subi des lésions cérébrales, mais d'autres facteurs, tel l'environnement social de l'enfant, sont aussi importants.

Les résultats obtenus au Guatemala illustrent bien les interactions entre nutrition, pauvreté et éducation. Les compléments nutritifs ne compensent qu'en partie les conséquences de la pauvreté. Un enfant bien nourri explore plus son environnement, mais

une communauté pauvre n'offre pas grand chose à explorer. Bien que l'école stimule suffisamment les enfants, la malnutrition peut en réduire les bénéfices. Le résultat le plus important de cette étude est que la malnutrition infantile a des conséquences sur les capacités intellectuelles à l'âge adulte.

En outre, si les deux compléments nutritifs différaient surtout par leur teneur en protéines, ils apportaient aussi des quantités différentes d'énergie, de vitamines et de sels minéraux. D'autres travaux ont mis en évidence les liens entre les vitamines et les sels minéraux essentiels, et les capacités mentales. À Java, par exemple, E. Pollitt et ses collègues ont montré les liens étroits entre l'anémie par carence en fer (la conséquence la plus fréquente de la malnutrition) et la faiblesse des capacités intellectuelles et motrices chez l'enfant. Ils ont administré des compléments de fer à des bébés âgés de 12 à 18 mois qui souffraient d'anémie. Cet apport a amélioré les performances des enfants à des tests psychomoteurs.

Si l'on ne combat pas facilement la pauvreté sociale et économique, on peut au moins améliorer l'alimentation des enfants pauvres jusqu'à leur adolescence et réduire ainsi les handicaps intellectuels engendrés par la pauvreté. Toutefois, les compléments nutritionnels n'annulent pas, seuls, les conséquences à long terme de la sous-

nutrition infantile. L'idéal serait d'apporter un soutien supplémentaire au développement des capacités sociales, avec l'aide d'un parent ou d'un autre adulte. Des programmes éducatifs spécifiques pour les enfants des communautés pauvres peuvent remédier à des problèmes associés à la malnutrition infantile.

Pour être vraiment efficaces, ces interventions doivent être générales et soutenues. La plupart des enfants sous-alimentés vivent dans des conditions qui renforcent les conséquences de la malnutrition : ils n'ont que peu ou pas accès aux soins médicaux, et leurs écoles sont sous-équipées. Ces enfants sont aussi exposés à des maladies infectieuses qui réduisent considérablement leur énergie disponible pour apprendre.

La prévention de la malnutrition infantile est indispensable, pour des raisons morales mais aussi économiques. Des milliards de francs investis dans l'éducation sont gaspillés lorsque les écoliers sont intellectuellement handicapés par la malnutrition. Celle-ci réduit les capacités à apprendre et, plus tard, la productivité dans le travail. La lutte contre la malnutrition et ses conséquences améliorerait la qualité de vie et la productivité d'une couche importante de la population et, par conséquent, dans la société toute entière.

Larry BROWN dirige le Centre sur la faim, la pauvreté et la politique de nutrition de l'Université Tufts. Ernesto POLLITT est professeur de développement humain à l'Université de Davis, en Californie.

Nutrition and Behavior, sous la direction de Janina R. Galler, Plenum Press, 1984.

C. RICOUR, J. GHISOLFI, G. PUTET et O. GOULT, *Traité de nutrition pédiatrique*, éditions Maloine, 1993.

The Effects of Improved Nutrition in Early Childhood : The Institute of Nutrition of Central America and Panama (INCAP) Follow-up Study, sous la direction de Reynaldo Martorell et Nevin S. Scrimshaw, supplément de *Journal of Nutrition*, vol. 125, n° 4S, avril 1995.

The Relationship between Undernutrition and Behavioral Development in Children, sous la direction d'Ernesto Pollitt, supplément de *Journal of Nutrition*, vol. 125, n° 8S, août 1995.

Flottements

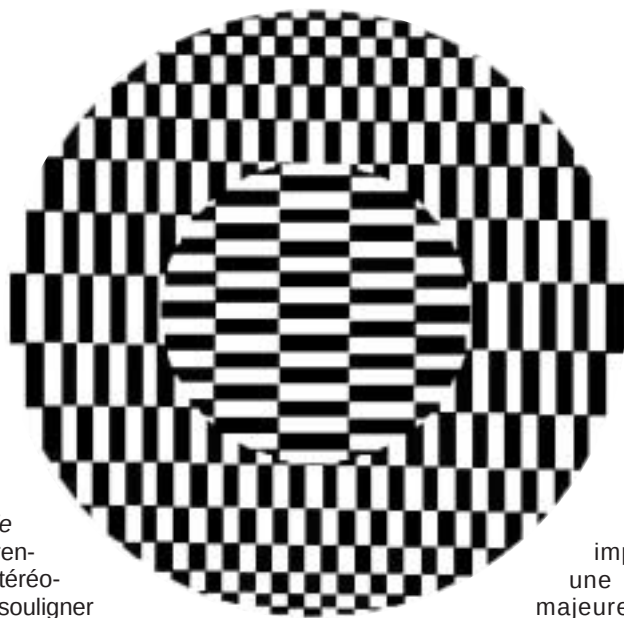
Un motif d'Op-Art dû à Hajime Ōuchi, d'abord publié au Japon, puis repris dans une collection populaire américaine pour graphistes (*Japanese Optical and Geometrical Art*, Dover, 1977) intrigue les spécialistes de la perception visuelle. Une région circulaire, remplie d'une texture en damier étiré selon l'horizontale, y est entourée d'une couronne circulaire également texturée en damier, mais étiré selon la verticale. Quand on déplace le motif, par un mouvement de va et vient à l'horizontale, la région du centre semble se désolidariser de la page, et glisser sur la texture qui l'entoure. On sait que les textures très contrastées et fortement périodiques induisent parfois des instabilités visuelles, ou des couleurs illusoires, que l'on classe avec les effets de moirage. Repérée par Lothar Spillman, spécialiste des effets cinétiques dans la vision, et choisie pour figurer en couverture d'un de ses livres (L. Spillman et J.S. Werner, *Visual Perception : The Neurophysiological Foundations*, Academic Press, 1977), la figure d'Ōuchi (*ci-contre*) entame une carrière scientifique.

Deux chercheurs italiens, Nicola Bruno et Paola Bressan ont étudié l'illusion et construit des variantes intéressantes. Ils ont montré que si une texture A est

entourée d'une texture B entourée à son tour par A, c'est B qui semble se déplacer. Ils ont également montré que l'effet de glissement est maintenu (voir la figure en bas de la page), sinon renforcé en vision stéréoscopique. Il faut souligner que l'Italie produit, depuis des décennies, des travaux très imaginatifs dans le domaine de la perception visuelle auxquelles les revues scientifiques établies ne donnent pas toujours leur vraie place.

Selon les chercheurs australiens Hine, Cook et Rogers, l'illusion est maximale pour des textures orientées à 60 degrés l'une de l'autre (*Vision Research*, n° 35, 1995).

De pures rayures sont peu efficaces. L'aspect damier – ou plus exactement, l'existence d'éléments à frontières nettes – semble important. Le mouvement peut



impliquer une partie majeure de l'image. Deux portions d'image, qui comportent des orientations différentes, peuvent se mouvoir simultanément, selon des directions contraires. Le plus souvent, le mouvement illusoire est fédérateur : les zones contenant des éléments dont les orientations sont corrélées se déplacent de manière cohérente (voir la figure page ci-contre). Peut-être l'illusion est-elle la signature d'un processus qui tend à subdiviser l'environnement en ensembles significatifs.

Jacques NINIO,
CNRS et École normale supérieure, Paris

