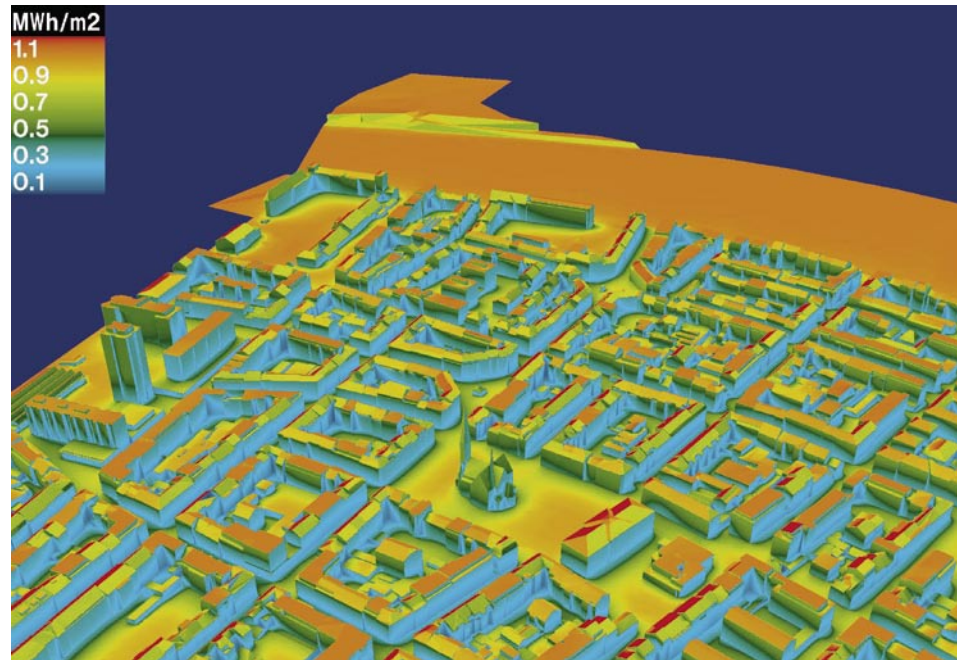


# Raréfaction des ressources, innovation et développement durable

L'évolution des prix des ressources contraint l'économie à des adaptations coûteuses, qui ne se réalisent, en outre, pas du jour au lendemain. Si l'on surestime fréquemment la capacité des économies nationales à s'adapter à court terme, on sous-estime en tout cas leur aptitude à évoluer à long terme. On exagère donc facilement la charge que représente à long terme cette conversion à de nouvelles conditions énergétiques. Si on laisse suffisamment de temps à une économie, de nouvelles sources de capital peuvent apparaître et les structures s'adapter sans coûts excessifs.

Les mutations structurelles sont même une clé du développement durable, puisque des secteurs pauvres en ressources peuvent alors se développer et faciliter du même coup l'adaptation générale. Il est vrai que, par la force des choses, cette adaptation reste plus difficile pour les secteurs gourmands en ressources.



La baisse de la consommation des ressources peut, suivant l'interprétation prudente que suscitent plusieurs enquêtes scientifiques, représenter un puissant moteur de développement économique à long terme. On peut donc considérer comme favorables les perspectives d'une nouvelle croissance sous le signe de l'écologie. En illustration: Atlas de l'énergie du quartier Matthäus dans la ville de Bâle. Photo: Keystone

## Prix des ressources et récessions

La hausse récente des prix du pétrole a provoqué une inquiétude générale quant aux perspectives de croissance à long terme de l'économie mondiale. L'évolution des dernières décennies semble en effet montrer que la raréfaction des ressources et les prix élevés de l'énergie ont des effets négatifs sur l'essor économique. Ainsi, les bonds des prix du pétrole de 1973/74, 1978/80 et 1989/90 ont entraîné – avec un léger décalage – des récessions dans le monde entier. C'est pour cela



**Pr. Lucas Bretschger**  
Professeur d'économie/  
économie des ressources  
au CER-ETH Center of  
Economic Research, dé-  
partement Management,  
technologie et économie  
(MTEC), EPF Zurich

que les ministres des Finances du G8 qualifient régulièrement les cours élevés du pétrole de menace pour le développement de l'économie mondiale et incitent les pays concernés à augmenter leur niveau de production.

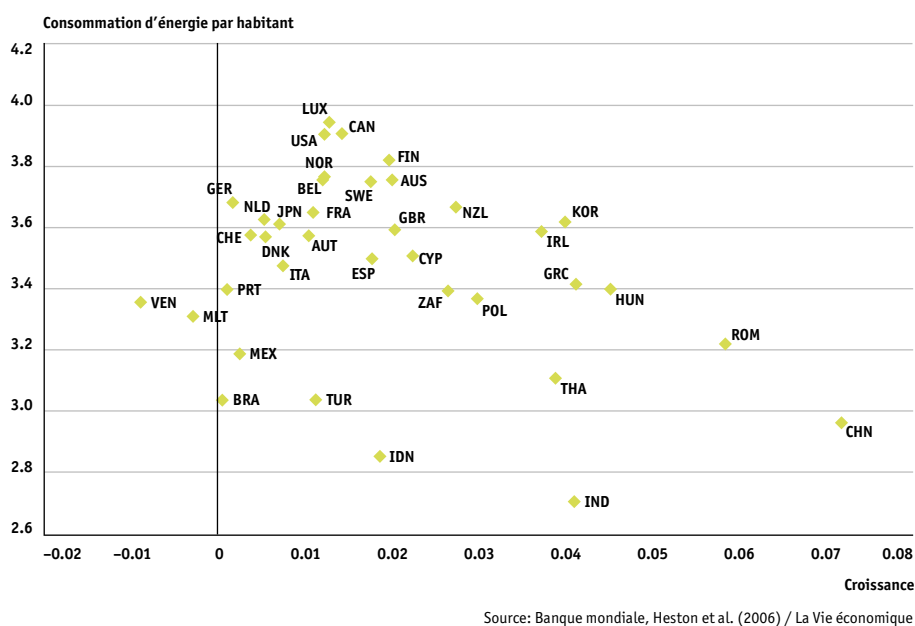
Dans les années septante, la flambée du prix du pétrole frappait une société qui s'était habituée depuis la guerre à une croissance régulière. Les économies nationales s'en trouvaient rapidement déstabilisées. Si l'on compare ce phénomène à ce qui s'est passé au début du troisième millénaire, on voit bien qu'il y a des différences nettes entre les deux époques.

En effet, l'économie mondiale a généralement très bien absorbé la hausse massive du prix des matières premières entre 2003 et 2008. Parmi les raisons invoquées, on relève particulièrement les suivantes:

- la période de progression des prix a duré plus longtemps;
- l'efficacité énergétique de toute l'économie s'est nettement améliorée;
- la structure de l'économie a évolué en direction des services;
- les relations économiques se sont diversifiées vers l'Est;

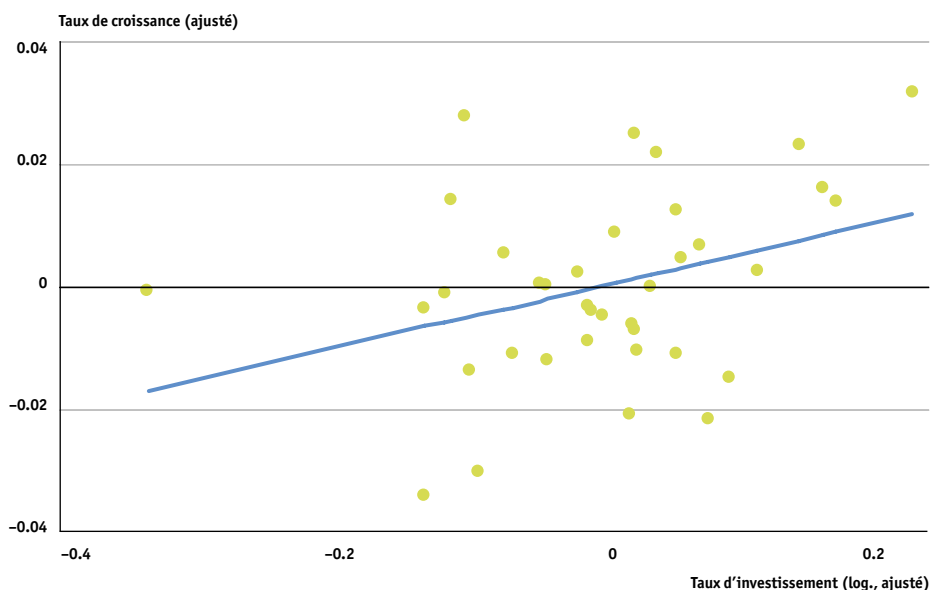
Graphique 1

## Comparaison de la consommation d'énergie par habitant et de la croissance dans 37 pays, 2000–2004



Graphique 2

## Influence du taux d'investissement sur la croissance dans 37 pays, 2000–2004



Remarque: les ratios «revenu par habitant» et «quote-part des dépenses en faveur de la recherche dans le revenu» ont été maintenus constants.

Sources: Heston et al. (2006), OCDE (données GERD) / La Vie économique

- les années septante connaissaient encore d'autres turbulences, sur les marchés des devises et des exportations notamment, ce qui se reflétait sur l'évolution de l'économie.

### La consommation des ressources en comparaison internationale

En matière de consommation des ressources, la durée joue un rôle crucial. La mise au

point de nouvelles technologies pour améliorer le rendement énergétique prend du temps; il en est de même de la conquête de marchés supplémentaires et de la diversification. Aussi ne faudrait-il pas analyser la raréfaction des ressources (ou les prix élevés de l'énergie) sur le seul court terme. À part les analyses historiques, la comparaison internationale (entre les différents pays) permet d'en établir les effets à long terme. On sait que les prix des ressources dépendent fortement du système fiscal de chaque pays; et comme les différences entre taux d'imposition restent généralement constantes d'un pays à l'autre, la comparaison internationale permet de voir comment les économies nationales s'adaptent aux prix, faibles ou forts, de l'énergie sur le long terme.

À examiner notre échantillon de plus près, on constate que divers pays où l'énergie est coûteuse, comme le Japon, ont connu un succès économique appréciable, alors que d'autres où elle est bon marché – en particulier des pays pétroliers moins développés comme le Nigeria ou le Venezuela – présentent des taux de croissance constamment faibles. Le graphique 1 montre la corrélation entre croissance et consommation d'énergie par habitant dans 37 pays leaders économiques (moyenne 2000–2004). La juxtaposition des données présente une dispersion des observations, alors que la corrélation simple (moyenne) entre croissance et consommation d'énergie est légèrement négative. Il faut, toutefois, relever que les corrélations économiques sont toujours pluridimensionnelles: cela signifie, dans ce cas, qu'il y a d'autres facteurs (parfois plus importants) que l'énergie pour expliquer les différences de croissance d'un pays à l'autre. L'une des raisons de la corrélation négative obtenue est par exemple que quelques économies nationales à fort potentiel de rattrapage et donc à forte croissance, comme l'Inde et la Chine, ont consommé moins d'énergie par habitant que des pays plus riches. Le graphique montre en tout cas que la simple équation «moins d'énergie = moins de croissance» ne peut être vraie.

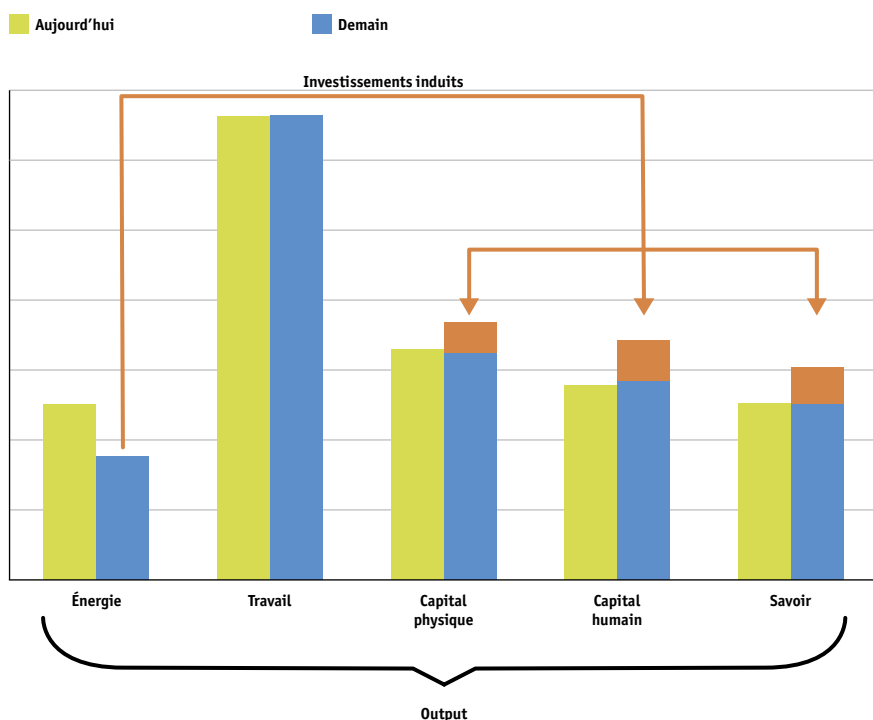
### Scénarios de croissance

La croissance est déterminée foncièrement par l'accumulation de capital, lequel se compose de capital physique (machines, équipements, bâtiments), de capital humain et de savoir<sup>1</sup>. Ces 200 dernières années, l'augmentation du capital disponible a provoqué dans de nombreux pays un accroissement spectaculaire de la prospérité. Les données devraient donc mettre en évidence une influence positive des investissements et des

1 Voir Bretschger (1999).

Graphique 3

## Théorie de la formation induite du capital



Source: Bretschger / La Vie économique

innovations sur la croissance. On considère, en revanche, qu'atteindre des taux de croissance élevés est normalement d'autant plus difficile que le niveau des revenus d'un pays est élevé.

Le graphique 2 montre l'influence des taux d'investissement sur les taux de croissance dans les 37 mêmes pays quand les autres paramètres (dépenses de recherche et niveau des revenus) restent constants. Cette analyse pluridimensionnelle s'effectue par une méthode statistique dite à régression multiple. Le graphique montre que, dans l'hypothèse admise, l'influence des investissements sur la croissance est nettement positive. Toutefois, ce résultat est de nouveau une moyenne internationale; autrement dit, l'effet peut être plus ou moins prononcé selon les endroits.

Quel est alors le lien entre accumulation du capital (et des différents types de capital), d'une part, et consommation des ressources, de l'autre? Un recours moindre aux ressources modifiera-t-il le taux de croissance? En principe, deux scénarios sont concevables. Le premier se fonde sur l'hypothèse que l'énergie coûteuse et les économies d'énergie accroîtront la formation de capital, d'où un découplage croissant de l'évolution des revenus d'avec la consommation des ressources. Dans ce cas, le capital – et surtout le savoir spécialisé – peut remplacer efficacement les ressources naturelles. À titre d'exemple, citons la maison Minergie ou les voitures éco-

nomes. Les effets peuvent cependant être beaucoup plus prononcés, par exemple si les systèmes de logement, les structures sectorielles ou les flux commerciaux s'adaptent à la cherté de l'énergie. Dans les années septante, d'importantes possibilités d'adaptation aux prix de l'énergie ont été découvertes, y compris aux États-Unis, mais les efforts se sont fortement relâchés quand ceux-ci sont retombés et que la situation économique s'est améliorée. Alors que le mode de vie dispendieux était encore qualifié de «non négociable» par certains groupes politiques il n'y a pas si longtemps, la mentalité a désormais changé, notamment en Californie, État qui a déjà joué souvent les précurseurs en matière de politique de l'environnement.

Le second scénario postule une économie moins souple. On prévoit alors que capital et revenus évoluent parallèlement à la consommation des ressources et qu'ils diminuent dans la mesure où celles-ci se raréfient. La principale raison invoquée est que des ressources chères occasionnent de fortes dépenses pour se les procurer, d'où une diminution des moyens nécessaires aux investissements. Cette idée reflète les prévisions du Club de Rome en son temps<sup>2</sup>. Ce dernier concluait que chaque jour de croissance rapproche le système mondial de ses limites incompressibles. Faute de modération de la part de l'économie, le danger d'effondrement augmente. On postule donc une interchangeabilité limitée du capital naturel et du capital accumulé, soit une réaction négative des investissements en capital, quand la consommation de ressources diminue.

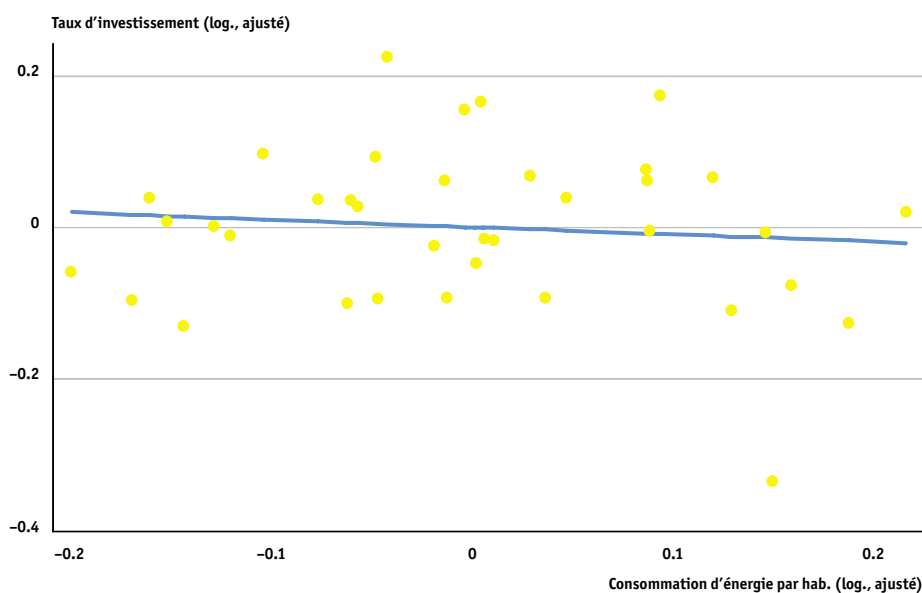
### Les investissements induits

Outre le capital physique, le capital humain et le savoir prennent de plus en plus d'importance dans la croissance des économies modernes. Les nouvelles connaissances s'édifient sur les anciennes, le savoir-faire technique s'allie de façon spécifique, au cas par cas, avec les sciences de l'organisation et des institutions. Contrairement aux matières premières, les réserves de savoir ne s'épuisent pas. Les échanges, en ce domaine, ne fonctionnent pas de la même manière que pour les biens: plusieurs personnes peuvent, en effet, engager simultanément et avec profit les mêmes connaissances. Il n'y a pas actuellement d'indication que leur accumulation continue puisse se heurter à une limite générale.

Dans le débat sur les ressources et la formation du savoir, une attention particulière doit être portée aux investissements induits. Dès les années trente, sir John Hicks avait élaboré la théorie du changement technolo-

Graphique 4

### Influence de la consommation d'énergie par habitant sur le taux d'investissement dans 37 pays, 2000-2004



Remarque: les ratios «revenu par habitant» et «quote-part des dépenses en faveur de la recherche dans le revenu» ont été maintenus constants.

Source: Banque mondiale, Heston et al. (2006) / La Vie économique

gique induit<sup>3</sup> en postulant que toute modification des prix relatifs des facteurs de production créait une incitation à intensifier les efforts d'innovation sur le facteur de production ayant renchéri. Dans le contexte actuel, cela signifierait que l'augmentation des prix de l'énergie devrait déboucher sur une amélioration supplémentaire du rendement énergétique grâce aux innovations induites.

Le *graphique 3* montre schématiquement la dépendance de la production d'une économie nationale vis-à-vis des intrants en énergie, travail et capital (ce dernier sous ses trois formes). La comparaison entre deux périodes (aujourd'hui et demain) fait apparaître une diminution de l'énergie consommée. Si le recours moindre à l'énergie induit des investissements, il en résulte une augmentation de capital, répartie entre les différents types de capitaux en fonction des incitations du marché. Au final, la production de demain sera plus intensive en capital et plus extensive en énergie que celle d'aujourd'hui, ce qui permet d'en maintenir le niveau, voire de l'accroître (mais sans garantie). L'intensité des différents effets doit être calculée par des procédés empiriques appropriés.

En comparaison internationale, que révèle la corrélation entre consommation d'énergie et investissements? Si l'on ne tient pas compte d'autres déterminants des taux d'investissement, la fourchette de dispersion est relativement large et l'on ne perçoit pas de corrélation nette; mais si l'on tient compte du fait que le niveau des revenus, l'intensité de la recherche et la taille d'une économie exercent également une influence sur les in-

vestissements, la corrélation s'avère légèrement négative (voir *graphique 4*). En d'autres termes, si l'on maintient les autres paramètres à un niveau constant, les investissements augmentent légèrement dès que l'énergie se raréfie<sup>4</sup>.

On peut obtenir des résultats statistiques identiques pour le capital humain et le savoir. Si les autres effets sont maintenus à un niveau constant, les corrélations de tous les types d'investissement de capitaux avec la consommation d'énergie sont légèrement négatives. Les exemples tirés de la pratique aident également à évaluer le progrès technique induit. L'Agence internationale de l'énergie (AIE) souligne, par exemple, qu'il existe un potentiel considérable d'amélioration des rendements, notamment dans les activités énergivores<sup>5</sup>. Les effets des prix de l'énergie sur les innovations applicables à ces secteurs sensibles sont illustrés par la Hongrie, l'un des rares pays à disposer de données détaillées sur la recherche: lors de la hausse des prix des agents énergétiques, entre 2001 et 2005, les dépenses de recherche concernant ce domaine ont augmenté de 300%, donc bien plus que celles généralement allouées à la recherche, ce qui confirme l'hypothèse des investissements induits de Hicks; pourtant, les effets ne sont guère marqués, en moyenne internationale. Cela pourrait dépendre de ce que, depuis les années septante, le problème de l'énergie a été quelque peu relégué à l'arrière-plan et n'a regagné en importance qu'à partir de 2003/04. Il faut donc continuer à en observer l'évolution.

### Que produit le marché?

Chaque jour, les économies modernes pilotent des milliards de processus d'allocation par le mécanisme des prix. La loi de l'offre et de la demande, selon laquelle un bien se vendra en moindre quantité à prix élevé qu'à prix faible, est bien confirmée empiriquement, et notamment en matière de consommation des ressources. Pourtant, l'efficacité des marchés est souvent mise en doute. Comme l'énergie est un intrant très sensible dans la vie de tous les jours, on comprend ce vœu latent qu'elle soit disponible en tout temps, en quantité suffisante et de façon sûre. Or, aux yeux de certains, la régulation normale de l'offre et de la demande par les prix du marché et l'internationalisation poussée des échanges ne sont pas suffisantes. Pourtant, il est avéré que la demande réagit systématiquement aux prix, y compris pour l'énergie, et ce aussi exactement que le prédit la théorie. D'ailleurs, le commerce de l'énergie est devenu un secteur florissant, en particulier en Suisse; les fluctuations des prix et les arbi-

2 Voir Meadows et al. (1972).

3 Voir Hicks (1932).

4 Pour des résultats statistiques détaillés, voir Bretschger (2006).

5 Voir AIE (2008).

trages qu'on observe tous les jours permettent de conclure à l'existence d'un marché qui fonctionne très bien.

Le débat sur l'énergie a engendré, depuis quelque temps, des mythes concernant le comportement du marché, mais ils ne résistent pas à un examen un peu approfondi. On peut ainsi démontrer que, face aux ressources naturelles, les individus se comportent exactement comme dans d'autres domaines, autrement dit qu'ils ne font pas preuve d'une inconséquence particulière. Il faut tenir compte de ce que, comme tous les biens, les produits les plus gourmands en énergie (les grosses voitures, par exemple) possèdent aussi toujours des propriétés qui peuvent être particulièrement appréciées des consommateurs. Il n'est pas non plus plausible, en général, de postuler qu'une diminution de la production indigène d'énergie entraînerait des pénuries et diminuerait la sécurité de l'approvisionnement. Les investissements induits le sont à l'intérieur du pays. En outre, l'économie est très fortement internationalisée dans de nombreux domaines et n'en est pas moins alimentée sans faille et de façon sûre. Les conditions décisives d'un bon approvisionnement sont surtout la diversification et la souplesse.

Les marchés ne peuvent toutefois fonctionner correctement s'il existe des externalités, c'est-à-dire si des non-participants sont lésés ou avantagés par des activités sans qu'il y ait indemnisation par le marché. Les externalités sont un exemple classique de faillite du marché. On a pu prétendre à bon droit que le problème mondial du climat est à ce jour l'exemple le plus important de l'échec du marché. Or, de tels problèmes ne peuvent être surmontés qu'en internalisant les effets externes. Dans le cas du climat, cette prouesse devra être réalisée par des instances et des coopérations étatiques, voire supranationales.

### Et le développement durable?

Une des exigences principales, dans le débat sur la durabilité, est que les conditions d'existence des générations futures équivalent au moins à celles d'aujourd'hui<sup>6</sup>. Il s'agit donc d'une clause d'équité. Les conditions d'existence résultent d'une combinaison d'éléments divers, où prédominent la prospérité matérielle et la qualité de l'environnement. L'augmentation du prix des ressources contribue à ménager la nature et favorise l'adaptation à une production parcimonieuse. Elle incite les chercheurs à redoubler d'efforts et améliore les chances de transfert de savoir entre pays riches et pauvres, créant ainsi des impulsions qui profitent au déve-

loppement et à la répartition des richesses. Les prix élevés de l'énergie sont, cependant, considérés souvent comme injustes, sous prétexte qu'ils grèvent apparemment davantage la population pauvre. Or, le constat empirique est tout autre: en comparaison internationale, la répartition des revenus et de la richesse n'est pas plus équitable dans les pays où l'énergie et les matières premières sont bon marché qu'ailleurs. C'est même plutôt le contraire.

Les innovations induites par les pénuries écologiques qui agissent sur les prix du marché peuvent aboutir à découpler la croissance économique de la consommation des ressources. Les limites de rendement de l'économie sont déterminées non seulement par la disponibilité des intrants, mais surtout par leur productivité, laquelle ne peut croître que grâce aux innovations techniques. Les énergies fossiles ne doivent pas forcément être remplacées par de nouveaux vecteurs comme les biocarburants; dans de nombreux cas, il est plus efficace de recourir au capital (scientifique). La croissance démographique devient alors beaucoup moins menaçante pour la durabilité qu'on ne l'admet généralement, parce que le savoir indispensable à la durabilité résulte de processus très gourmands en travail. C'est pourquoi celui-ci a déjà été qualifié de ressource ultime.

### La raréfaction des ressources, un moteur éventuel

À long terme, il nous faudra de toute façon nous contenter de moins de ressources qu'aujourd'hui, puisque les énergies fossiles s'épuisent peu à peu. Pourtant, la baisse de la consommation des ressources ne sera pas nécessairement un obstacle. Elle pourrait, au contraire, se révéler un ressort puissant du développement à long terme, pour autant qu'elle active de manière appropriée l'accumulation de capital et qu'elle continue ensuite à l'alimenter. Le développement durable doit impérativement s'accompagner d'un volume suffisant d'investissements induits. L'évaluation même très prudente des données empiriques disponibles ne décèle aucun effet négatif sur la formation de capital lors de la baisse des quantités d'énergie. Ce constat vaut aussi bien pour le capital physique que pour le capital humain et le savoir. On peut donc considérer comme favorables les perspectives d'une nouvelle croissance sous le signe de l'écologie. ■

Encadré 1

#### Bibliographie

- Bretschger Lucas, *Growth Theory and Sustainable Development*, Cheltenham, R.-U., et Northampton, MA, États-Unis, Edward Elgar, 1999.
- Bretschger Lucas, *Energy Prices, Growth, and the Channels in Between: Theory and Evidence*, Economics Working Paper Series 06/47, EPF Zurich, 2006.
- Heston Alan, Summers Robert et Aten Bettina, *Penn World Table Version 6.2*, Center for International Comparisons of Production, Income and Prices at the University of Pennsylvania, 2006.
- Hicks John, *The Theory of Wages*, Macmillan, Londres, 1932.
- AIE, *Energy Technology Perspectives: Scenarios & Strategies to 2050*, 2008. Internet: [www.iea.org](http://www.iea.org).
- Meadows Donella, Meadows Dennis L., Randers Jørgen et Behrens William W. III, *Halte à la croissance? Enquête pour le Club de Rome. Rapport sur les limites de la croissance*, Paris, Fayard, 1972.
- OCDE, *Dépenses intérieures brutes de recherche et développement*, <http://puck.sourceoecd.org>.
- Pittel Karen, *Sustainability and Endogenous Growth*, Cheltenham, R.-U. et Northampton, MA, États-Unis, Edward Elgar, 2002.
- Banque mondiale, *Indicateurs de développement dans le monde*. Internet: <http://web.worldbank.org>.

6 Voir Pittel (2002).