

## Les économies d'échelle

Jean-Charles Hourcade

---

**Citer ce document / Cite this document :**

Hourcade Jean-Charles. Les économies d'échelle. In: Communications, 42, 1985. Le gigantesque. pp. 103-119;

doi : <https://doi.org/10.3406/comm.1985.1629>

[https://www.persee.fr/doc/comm\\_0588-8018\\_1985\\_num\\_42\\_1\\_1629](https://www.persee.fr/doc/comm_0588-8018_1985_num_42_1_1629)

---

Fichier pdf généré le 10/05/2018

*Jean-Charles Hourcade*

## Signification et impasses d'un concept banalisé : les économies d'échelle

S'il y a bien une notion communément acceptée dans le langage courant, un de ces concepts que récupérèrent toutes les écoles, doctrines, théories qui se partagent la science économique et qui fait partie du B-A-BA de tout enseignement universitaire classique comme des formations de gestionnaires, c'est bien celui d'économie d'échelle. Il apparaît comme vérité d'évidence, neutre de tout enjeu idéologique ou de toute signification sociale. Après tout, malgré David contre Goliath, n'est-il pas évident que victoire, force et taille s'impliquent mutuellement ? Le sens commun confond en effet aisément échelle, dimension, taille, pour conclure que, pour gagner la bataille économique, il faut disposer des marchés les plus larges et des technologies les plus concentrées, ce que confirme une appréhension hâtive de l'histoire des rapports de forces économiques.

Pourquoi se préoccuper aujourd'hui de discuter un tel concept ? Certes pas pour expliquer que les « économies d'échelle » n'existent pas, qu'elles constituent un simple mythe, encore moins pour forger le mythe inverse et reprendre le « *small is beautiful* » de Shumacher. Nous discuterons le concept d'économies d'échelle pour faire apparaître les impasses de « l'expertise » industrielle lors de la prise de décision dans un univers technologique et social complexe, et poser quelques questions clés sur l'organisation du pouvoir économique et l'orientation du financement dans une période de mutations industrielles et de guerre économique. Même si nous entraînons volontairement le lecteur dans une discussion qui pourra paraître un moment très étroitement technico-économique, ses implications économiques et sociales directes ou indirectes vont bien au-delà. Pour le faire comprendre, nous reviendrons d'abord rapidement sur le passé.

I. CROISSANCE DU DIMENSIONNEMENT DES TECHNOLOGIES  
ET MODE DE DÉVELOPPEMENT DES « TRENTE GLORIEUSES ».

Bien des travaux sur la crise économique font apparaître aujourd'hui que, derrière la « crise de rentabilité du capital », il y a, perceptible dès la seconde moitié de la décennie, un essoufflement du modèle de croissance qui a soutenu la longue (et exceptionnelle à l'échelle historique) période d'expansion du monde occidental depuis 1945. Or, si on part de sa base matérielle, mot compris dans son sens le plus strictement physique, ce modèle présente quatre caractéristiques dans l'articulation desquelles la croissance des dimensionnements joue un rôle important :

- un *style technologique* qui met en jeu de façon systématique la *parcellisation des tâches* (taylorisme) et les *économies d'échelle*, qui génère de façon durable un taux de croissance élevé de la productivité du travail. Ce modèle, par les baisses de coûts de production et les augmentations des capacités productives qu'il permet, rend possibles et/ou nécessaires :

- un *modèle de consommation de masse* tiré principalement par les biens semi-durables (automobile, radio, télévision, électroménager, etc.) et l'habitat (processus d'urbanisation), modèle qui affecte profondément les styles de vie : pénétration d'activités marchandes dans la sphère domestique, banalisation des produits, structures urbaines, rapports ville-campagne, etc. ;

- l'utilisation presque sans contraintes d'*énergie* et de *matières premières à coût décroissant*, importées des meilleurs gisements à l'échelle mondiale, et ce indépendamment de leur localisation, cela étant rendu possible par la conjoncture politique (domination du Tiers Monde) et par les innovations dans les technologies du transport maritime (minéraliers géants, supertankers) permettant de fortes baisses des coûts de fret ;

- un *aménagement de l'espace* fortement marqué par la *concentration* de la production en quelques unités géantes et conduisant à la *marginalisation* de régions entières (Sud-Ouest français, Mezzogiorno) par rapport au triangle Normandie-Milan-Hambourg, les seules exceptions notables étant quelques complexes industrialo-portuaires d'ailleurs peu insérés dans la structure économique de l'arrière-pays.

Il convient de noter ici (nous y reviendrons plus loin) qu'il faut prendre en compte ensemble, dans leur articulation, les quatre variables suivantes : consommation (C), technologie (T), ressources (R) et localisation (L). Toute évolution de T met en jeu inéluctablement les trois autres variables (C, R, L). L'exemple des progrès technologiques dans les transports maritimes est significatif : en permettant le recours à

des matières premières importées à bas coût. ils ont entraîné la réalisation des complexes industrialo-portuaires qui ont eux-mêmes facilité un certain type d'urbanisation. De façon plus fondamentale, on peut montrer que les formidables gains de productivité sociale qui ont soutenu la forte croissance 1945-1973 ont été dus à la conjonction et la cohérence entre :

- les *réserves de productivité* « technique » (quantité de travail par produit physique) libérables par la généralisation du taylorisme ;

- l'existence d'une *norme de consommation de masse* (automobile, électroménager, etc.) relativement homogène et d'une *politique salariale* fournissant à l'appareil de production l'occasion de passer à des niveaux de production rendant possible et nécessaire la mise en jeu de ces réserves de productivité. C'est la nouveauté du *fordisme* par rapport au taylorisme : l'intensification de la production industrielle a nécessité la mise en place d'un mode de régulation sociale permettant par exemple à l'essentiel de la classe ouvrière d'acheter une automobile, faute de quoi la recherche de gains de productivité aurait été rapidement bloquée. Or la possibilité technique de la production-consommation de masse repose sur des *outils de production de plus en plus concentrés* permettant de réaliser des économies d'échelle. Ainsi, pour la sidérurgie, on sait le rôle clé qu'ont joué successivement la possibilité de cuves de 3-4 Mt de capacité dans les hauts fourneaux et l'apparition de laminoirs continus à larges bandes à chaud dans le passage à des complexes sidérurgiques de 10 à 15 Mt/an de capacité alors que, dans l'immédiate après-guerre, les usines les plus modernes ne dépassaient pas 1 à 3 Mt/an. Cette croissance d'échelle des unités de production a été surtout spectaculaire dans la production de biens semi-durables de consommation individuelle où la parcellisation des tâches pouvait être poussée à l'extrême et dans celle de biens de production intermédiaires (sidérurgie, chimie lourde, énergie, etc.). Ainsi, en 1960, une unité de production d'éthylène (vapocracheur) produisait 40 000 t/an ; en 1968, 400 000 t ; actuellement 750 000 t. De même, en 1965, une unité d'ammoniac de 200 t/j était compétitive ; en 1974, il faut compter 1 500 t/j.

C'est cette cohérence entre modèle de consommation, ampleur des gains de productivité dus à l'intensification et à la massification de la production industrielle, facilité d'accès à des matières premières à bas coût qui se perd progressivement vers la fin des années 1960<sup>1</sup> et entraîne la crise du modèle de croissance que les événements de 1973 ne font que précipiter : saturation du marché de certains biens de consommation, croissance des coûts d'environnement, croissance des coûts de santé et plus généralement du fonctionnement de l'État-Providence, renchérissement de l'énergie et des matières premières... et épuisement des possibilités les moins coûteuses de hausse de productivité « technique » dans l'appareil productif. Point de passage de cette cohérence, la course au gigantisme industriel participe nécessairement de la crise du mode de développement. Pour comprendre en quoi, il nous

faut préalablement lever une hypothèse : celle de la base scientifique du concept d'économie d'échelle qui la justifie.

## II. ÉCONOMIES D'ÉCHELLE : DU CONCEPT A LA CROYANCE.

### ***1. Des difficultés théoriques anciennes trop souvent oubliées.***

Le concept d'échelle, au sens strict de la théorie micro-économique, définit la croissance d'échelle comme croissance de la taille des unités de production qui a lieu en l'absence de changement du rapport des facteurs de production et des produits. Cette hypothèse se retrouve à la fois chez K. Boulding<sup>2</sup> et chez P.A. Samuelson<sup>3</sup>. On peut la formuler ainsi :

soit une fonction de production  $Q = Q(X, Y, Z)$ . On a des économies d'échelle si  $Q' = Q(mX, mY, mZ) > mQ$ , avec  $\frac{X}{Y}$  et  $\frac{Y}{Z}$  constants.

En fait, comme le notait déjà A. Marshall, ce concept seul rigoureux au sens de la théorie, puisqu'il isole l'« effet taille » à l'état pur, rend celle-ci inapplicable puisque dans la réalité, la croissance d'échelle de production se traduit le plus souvent par des transformations concernant :

- les procédés technologiques employés ;
- la spécialisation des tâches ;
- l'organisation de la production.

Toutes ces transformations ont bien entendu un impact important sur les rapports entre facteurs de production et on a de la peine à trouver des innovations permettant de passer de  $Q$  à  $m \times Q$  sans changer les rapports  $\frac{X}{Y}$  et  $\frac{Y}{Z}$ .

C'est pourquoi, nous le verrons, l'essentiel des travaux sur les économies d'échelle sont de nature empirique et négligent les difficultés théoriques propres au concept.

Or, même si nous négligeons ces difficultés, le concept d'économie d'échelle est relativement impuissant à expliquer tant les tendances du passé que les comportements à venir. Tel qu'il est répandu auprès des décideurs (planificateurs de projet, hommes d'affaires, experts gouvernementaux), son maniement implique l'existence d'une courbe de coût à long terme (voir *graphique*, p. 117), ayant une forme en U et qui constitue l'enveloppe des fonctions des coûts de production à court terme (c'est-à-dire pour une unité de production de capacité donnée), sans cela, en effet, il n'y aurait pas de taille « optimale ». Cela n'est possible qu'à trois conditions :

- que les courbes de coût de production à court terme aient une forme en U ;

- que les minima des courbes à court terme tendent à diminuer en fonction de la taille des unités de production jusqu'à un point au-delà duquel la croissance des échelles de production se traduit par des déséconomies internes ;

- que le dimensionnement des usines capables de fabriquer le même produit avec les mêmes intrants et les mêmes techniques puisse être effectué au sein d'un large éventail.

Chacune de ces hypothèses peut être remise en cause à la lumière des recherches empiriques sur différents secteurs de l'économie, mais les critiques les plus décisives à leur encontre peuvent être formulées à quatre niveaux.

- *La contradiction qu'il y a à parler de courbe de coût moyen à long terme et à donner à cette courbe une forme en U qui signifie, comme le postulent d'ailleurs les présupposés statistiques de la théorie micro-économique, que l'on raisonne, dans un état donné des technologies, sans référence aux effets du progrès technique.* Or, dans la pratique des décisions à moyen et long terme, c'est bien l'anticipation des baisses de coût engendrées par le progrès technique qui est prise en compte, et les courbes de coût constamment décroissantes (en fonction ou non de l'échelle de la production) sont plus fréquentes que les courbes en U.

- Le corollaire de cette contradiction qui fait qu'on ne sait plus si l'augmentation des tailles des unités de production est à mettre au compte de la recherche d'économies d'échelle ou d'autres facteurs comme la mise en œuvre du progrès technique.

- Le fait que le raisonnement s'effectue en hypothèse de pleine activité des installations, ce qui suppose une prévision parfaite de la demande et sous-estime la fragilité des grosses unités aux fluctuations conjoncturelles.

- L'inexistence de déséconomies externes.

Ces quatre niveaux de critique sont d'une nature différente ; les deux premiers mettent en cause le concept d'économie d'échelle comme facteur explicatif de l'évolution des tailles (il nous faut désormais distinguer les deux notions). Les deux derniers mettent en cause la réalité des économies réalisées grâce à des dimensionnements supérieurs.

## ***2. La mesure empirique des économies internes de dimension par l'ingénieur : une approximation grossière pour quelques industries spécifiques.***

Très généralement acceptées comme « vérité d'évidence », les économies d'échelle trouvent donc peu de justifications dans le corps doctrinal de la micro-économie <sup>4</sup>. Par contre, beaucoup de travaux empiriques ont

été menés pour mesurer l'importance réelle des économies de dimension et constituent le seul point de départ fiable pour une discussion. Nous voudrions en résumer ici les principaux arguments, dont la première synthèse empirico-théorique date en fait de 1950 avec Robinson <sup>5</sup> :

a) les grandes machines peuvent être plus rentables que les petites pour des raisons techniques ;

b) les grandes machines coûtent moins, en capital, par unité de capacité de production, que les petites, et ce parce que leur construction exige moins de travail et/ou moins de matières premières par unité de capacité de production :

c) le fonctionnement des grandes machines exige généralement une quantité de travail moindre, par unité de capacité de production, que les petites machines.

Les techniciens et les projeteurs — surtout ceux qui s'intéressent aux *grandes industries à cycle continu* — ont procédé à des estimations des économies d'échelle, et notamment des économies du coût en capital, du coût de la main-d'œuvre et ont mis au point des règles empiriques pour leur extrapolation et leur généralisation, afin de faciliter l'évaluation de principe du coût de nouvelles installations.

### 2.1. *Mesure du coût en capital.*

L'une des règles empiriques les plus utilisées fut initialement celle du facteur 0,6 (« *Six-Tenths Factor Rule* »). Mathématiquement, cette règle peut s'exprimer par la formule suivante :

$$C_x = C_o (P_x/P_o)^{0.6}$$

où  $C_o$  représente le coût en capital d'une partie d'installation ayant la capacité de production minimale ( $P_o$  par unité de temps <sup>6</sup> — ex. : tonne par jour) et  $C_x$  le coût en capital de cette même partie d'installation de capacité  $P_x$  (supérieure à  $P_o$  et égale à un certain multiple de  $P_o$  qui varie selon le type d'installation).

De cette formule, nous pouvons tirer le coût en capital par unité de production  $C_x$  :

$$C_x = C_o/P_x = k P_x^{-0.4}$$

en ayant posé

$$C_o/P_o^{0.6} = k$$

On a donné la justification de cette règle empirique en faisant observer que le coût d'une partie d'installation ou même d'une installation entière dépend principalement — tout au moins dans la majeure partie des industries à cycle continu — de la superficie de

l'installation ou partie d'installation, alors que la capacité de production dépend du volume. Or, on a observé que le rapport entre les superficies de deux réservoirs sphériques ou de deux réservoirs cylindriques ayant une hauteur et un diamètre en proportions fixes est égal au rapport des volumes respectifs, élevé à la puissance  $2/3$ . Dans le cas où les réservoirs de capacités différentes ont des parois d'épaisseur égale et où le coût des réservoirs est à peu près proportionnel au poids de matière première employée, il en résulte que le coût varie approximativement selon le rapport des volumes (c'est-à-dire des capacités) élevé à la puissance  $2/3$ <sup>7</sup>. Ces considérations constituent une justification théorique de la règle empirique du facteur 0.6, tout au moins pour les installations constituées principalement par des cylindres, sphères, réservoirs, tubes, etc., comme le sont les installations chimiques et pétrolières. En fait, les données obtenues à titre expérimental dans les limites d'un certain intervalle de capacité de production ne peuvent pas être extrapolées indéfiniment, et cela pour deux raisons :

- l'extrapolation peut aboutir à des dimensions d'éléments constitutifs de l'installation supérieures à celles disponibles sur le marché ou qui comportent des charges de résistance supérieures à celles du matériau communément employé ;

- une fois atteinte, pour chaque installation ou partie d'installation, la dimension de coût minimal (étant donné une certaine technique et une certaine structure des coûts), on obtient l'augmentation de la capacité de production en multipliant les unités de production plutôt qu'en augmentant les dimensions de l'une d'entre elles.

L'application de la règle du facteur 0.6 à des installations complètes se heurte à des difficultés encore plus grandes, et cela pour diverses raisons :

- certaines dépenses sont fixes ou varient relativement peu à l'intérieur d'un large éventail de capacité (de nombreux services généraux d'établissement, le coût du transport et du montage des installations, l'appareillage, etc.) ;

- les machines plus complexes ne répondent pas aux rapports superficie/coût et volume/capacité constatés pour les installations de type « réservoir » cylindrique ou sphérique ou « tube » ;

- les écarts entre les degrés successifs d'ampleur de diverses parties d'installation ou d'installations complètes peuvent être, pour des raisons techniques ou économiques, assez grands.

Moore a donc proposé une première généralisation de la règle du facteur 0.6 par la formule :

$$C = aP^b$$

où C représente le coût en capital de l'installation ou de la partie d'installation ; P la capacité de production par unité de temps ; a, b sont des paramètres. Le paramètre b a été estimé pour un certain nombre

d'industries. Les résultats sont assez satisfaisants dans le cas d'industries à cycle continu, telles que les industries chimiques, pétrolières, du ciment ou métallurgiques.

## *2.2. D'importantes économies de main-d'œuvre.*

Il est aujourd'hui admis que, en passant de l'installation de capacité minimale à l'installation de capacité maximale, on obtient des économies, dans les coûts directs de la main-d'œuvre par unité de production, encore plus grandes que les économies du coût en capital.

Le coût de la main-d'œuvre semble décroître selon une fonction exponentielle, mais la raison de cette allure n'a pas été élucidée. Alors que dans le cas des économies des coûts en capital la règle empirique approximative du facteur 0,6 trouve sa justification dans l'égalité des rapports superficie/volume et coût/capacité de production, dans le cas de la main-d'œuvre pour lequel on trouve un facteur 0,2-0,4, selon le type d'industrie, il n'existe, semble-t-il que des explications partielles d'après lesquelles une partie du travail est indépendante, tout au moins dans les industries à cycle continu, du volume de la production et une partie lui est, par contre, proportionnelle.

## *2.3. Autres catégories de coût.*

Pour ce qui est des économies de dimension des coûts autres que les coûts en capital ou les coûts de la main-d'œuvre, les considérations méthodologiques et les relevés statistiques sont assez rares. Les « autres » coûts comprennent surtout les matières premières, l'énergie et le fluide (eau, vapeur, etc.). Pour les matières premières, l'opinion commune des experts est que les économies d'échelle ou bien ne sont pas sensibles, ou bien sont d'un montant incertain, abstraction faite bien entendu des économies réalisées sur le prix d'achat de grandes quantités qu'une grosse installation peut réaliser par rapport à une petite installation.

Tout différent est le raisonnement qu'il faut tenir en ce qui concerne l'énergie ou le fluide : si la production a lieu à l'intérieur de l'entreprise (production de vapeur, d'énergie électrique), elle ressent les effets des économies d'échelle des installations génératrices (soit sous l'aspect des coûts en capital, soit sous l'aspect des coûts de la main-d'œuvre, ainsi que du rendement des sources employées).

## *2.4. Économies totales de dimension : essai de généralisation.*

Nous reprendrons ici la formulation proposée par Luigi Bruni<sup>8</sup>, qui a le mérite de la simplicité et peut être appliquée à la totalité des cas.

La plupart des études empiriques (effectuées, il est vrai, surtout dans les industries à cycle continu comme la chimie ou la sidérurgie)

montrent que les exposants mesurant les économies de capital fluctuent entre 0,4 et 0,9, mais restent fortement centrés sur 0,6. L. Bruni propose de généraliser la règle du facteur 0,6 au niveau de parties de machine ou d'installation.

Pour ce faire, il utilise une typologie des valeurs qu'il est possible de rencontrer le plus souvent dans les parties de machine ou d'installation : 1/3 ; 1/2 ; 2/3 ; 3/2 (cf. tableau).

Exposants qui mesurent les économies des coûts en capital

	Coûts proportionnels à :		
	volume	superficie	dimension linéaire
Capacité de production proportionnelle à :			
— volume	1	2/3	1/3
— superficie	3/2	1	1/2
— dimension linéaire	3	2	1

En conclusion, les coûts en capital prendraient l'aspect suivant <sup>9</sup> :

$$C_x = a_1 X^{1/3} + a_2 X^{1/2} + a_3 X^{2/3} + a_4 X + a_5 X^{3/2}$$

où  $C_x$  est le coût en capital correspondant à la machine ou à l'installation de capacité  $X$ , et  $a_1... a_5$  sont des paramètres qui dépendent du type de transformation industrielle et de la technique utilisés.

La formule proposée comporte en soi évidemment la règle du facteur exponentiel 0,6 (ou mieux : 2/3) que l'on peut considérer comme un cas particulier dans lequel les coefficients  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_4$  et  $a_5$  sont nuls ou minimales (ce qui se produit avec une approximation raisonnable dans les industries à cycle continu).

Il reste à vérifier si les économies des coûts autres que les coûts en capital (main-d'œuvre, énergie, matières premières) suivent elles aussi une loi exponentielle ou non : on a avancé plus haut l'hypothèse que le coût de la main-d'œuvre suit une allure hyperbolique ; que les matières premières ne présentent pas d'économies d'échelle sensibles (avec une technique donnée) et que l'énergie se ressent en partie des économies de main-d'œuvre, en partie des économies de capital. Si l'on accepte ces hypothèses, le coût total de production devrait pouvoir s'exprimer par une formule du type suivant :

$$T_x = C_o \sum_i a_{ik}^i + L_o \sum_i (b_i/X_i + C_i)$$

où le premier terme représente les coûts en capital et le second les coûts

de la main-d'œuvre et où les sommes sont étendues aux unités individuelles de l'installation, ayant des économies d'échelle différentes.

### **3. Une explication insuffisante de l'accroissement des tailles des unités de production.**

Renvoyant à un concept très restrictif de la théorie micro-économique, validée empiriquement de façon très grossière pour une partie seulement des industries, les économies d'échelle *stricto sensu* ont donc une base scientifique fort restreinte, ce qui rend d'autant plus problématiques leur succès comme élément du sens commun... et l'explication de la croissance indéniable des tailles, du dimensionnement.

La *confusion entre échelle et taille*, très fréquente au niveau conceptuel, est facilitée par le fait que l'hypothèse théorique initiale de constance des rapports entre facteurs de production fait de la croissance de la taille des unités de production le seul moyen de faire face à des échelles de production supérieures. Or, nous avons vu le caractère irréaliste de cette hypothèse et rappelé que dans la plupart des cas, c'est le progrès technique, une meilleure organisation/spécialisation des tâches qui rendaient compte des baisses de coûts accompagnant la croissance des échelles de production. On suivra donc Bela Gold <sup>10</sup>, pour lequel il est nécessaire de distinguer les concepts :

- *d'échelle* : où l'on ne tient plus compte de l'hypothèse irréaliste de proportion fixe des facteurs, mais que l'on définit comme « le niveau de production qui permet de mettre en jeu un niveau donné de spécialisation des tâches et d'innovations technologiques au sein d'un ensemble d'opérations productif ». Ainsi, la croissance de l'échelle de production peut être réalisée à l'intérieur d'une usine de taille (ou dimension) constante, mais qui utilise un plus grand degré de rationalisation des tâches ou met en jeu une innovation technologique. *A contrario*, dans l'industrie textile par exemple, la filature et le tissage sont effectués par des machines qui atteignent la dimension « maximale » ou « optimale » à un niveau de production modeste, si bien que la grande installation diffère de la petite essentiellement par le nombre de broches et de métiers ; la grande installation peut, dans ce cas, présenter des économies de dimensions très limitées aussi bien pour les coûts en capital que pour les coûts de la main-d'œuvre (et c'est pour cela que les coefficients des économies d'échelle pour le capital comme pour la main-d'œuvre sont en général considérés comme égaux à 1 dans l'industrie textile) et s'avérer plus commode seulement du fait de certaines économies réalisables dans l'emploi de l'énergie ou, plus souvent, pour des raisons ayant trait aux économies externes ;

- la *taille* ou le *dimensionnement* des usines dont l'échelle de production n'est qu'un des déterminants. La croissance de la taille peut

être due à la simple juxtaposition d'unités de production ayant atteint le niveau maximal d'économie d'échelle, à l'intégration horizontale d'activités diverses sur un même site ou à l'intégration verticale permettant d'économiser des coûts de transport et de mieux contrôler la formation des coûts de production.

Cette distinction étant faite, les raisons de l'évolution des dimensionnements dans l'industrie restent très largement fondées sur des intuitions plus que sur un corps théorique ou des mesures empiriques concrètes.

On peut même se demander si, dans bon nombre de cas, *la recherche de dimensionnements de plus en plus élevés ne s'est pas effectuée sans évaluation chiffrée des gains réels et si elle n'est pas le résultat d'une simple « croyance »* communément répandue chez les décideurs et les économistes. C'est un type d'interprétation que l'on peut en tout cas avancer après l'étude systématique de Tom Lee et J.C. Fisher <sup>11</sup>, portant sur deux cents tranches thermiques classiques construites aux USA entre 1960 et 1972. Cette étude fait apparaître une inexistence d'économies d'échelle significative sur les dépenses d'équipement au-delà de 200 MWe alors que des unités de 300 à 500 MWe sont couramment construites. De même pour les centrales électronucléaires, la capacité optimale, du strict point de vue économique, serait de 600 MWe alors que l'essentiel des modèles PWR construits est de 900 MWe et que, en France, des capacités de 1 300 MW sont en voie de généralisation.

Il nous faut dès lors faire un pas de plus, sortir du niveau d'analyse micro-économique et voir en quoi la croissance du dimensionnement, par ses effets externes sur l'économie et la société, peut devenir... contre-productive.

### III. OÙ LA CROISSANCE DES TAILLES DEVIENT CONTRE-PRODUCTIVE ET SOURCE DE FRAGILITÉ ÉCONOMIQUE.

Après tout, diront les plus pragmatiques, point n'est besoin de concept finement isolé ou de chiffrage précis pour que les choses existent. L'« expérience » ne montre-t-elle pas que ce sont les firmes géantes qui « gagnent » ? En admettant cette approximation fort grossière (qui confond taille de la firme et taille de l'outil de production), il resterait à démontrer qu'elles « gagnent » parce qu'elles sont plus efficaces techniquement et économiquement, et que cette efficacité « privée » se retrouve à l'échelle macro-économique, celle d'un pays, d'une société. Or, l'éclatement du mode de développement ancien fait clairement apparaître par où la priorité à des technologies de grande taille peut être source de contre-productivité. Reprenons ces points un à un.

1. *Épuisement des possibilités techniques* d'accroître le dimensionnement au sein des filières existantes. Les accroissements de dimension les plus faciles à réaliser l'ont été pendant les deux dernières décennies et on

arrive aujourd'hui à des tailles limites économiques et technologiques actuelles : c'est le cas des cuves de hauts fourneaux ou en sidérurgie, de l'électronucléaire classique ou des supertankers. Ces limites techniques n'empêchent d'ailleurs pas, et c'est une question que nous reprendrons plus loin, que l'on continue à rechercher des complexes productifs de taille croissante, mais cela s'effectue très souvent par la *simple juxtaposition* sur un même site de plusieurs unités de production d'un dimensionnement donné. Il ne s'agit plus alors d'économies d'échelle à proprement parler et les avantages économiques d'une telle juxtaposition ne sont pas toujours évidents, même au strict plan du calcul du coût de production.

2. *Croissance des coûts externes liés à la concentration* : une partie des économies d'échelle réalisées est en effet gommée si on calcule en termes de *coût social* et non plus seulement de *coût privé*, par l'apparition de déséconomies externes. Certes, les effets externes réels résultent le plus souvent de synergie et ne peuvent être mis au compte de l'« effet taille » pris isolément. On notera cependant quatre types de « coûts » où il joue un rôle déterminant :

a) atteintes classiques à l'environnement liées à des *densités* de rejets qui excèdent les *capacités d'auto-épuration* des écosystèmes. Or un phénomène bien connu est la *croissance non linéaire des coûts d'anti-pollution* ; il a des conséquences assez complexes :

- les normes de pollution à ne pas dépasser sont la résultante de données biologiques, écologiques, etc. *A cause de la concentration croissante de la production industrielle dans un espace donné, le respect des normes exige des taux de dépollution de plus en plus élevés et donc des coûts exponentiellement croissants,*

- cette croissance non linéaire des coûts de l'anti-pollution favorise la non-élimination totale de la pollution et donc l'existence d'une pollution résiduelle à l'état libre qui, dans certains cas, peut provoquer des phénomènes dangereux ;

b) *les effets d'encombrement* liés à la saturation de l'espace et qui sont plus difficiles à traiter que ceux de la pollution sur le plan des coûts croissants d'aménagement et de fonctionnement. Le concept d'encombrement désigne « la situation où, étant donné un certain type d'organisation de l'espace et l'utilisation de certaines technologies, le niveau de ces impacts est tel que le déroulement normal d'une ou de plusieurs activités devient impossible, cette dysfonction pouvant aller jusqu'à la paralysie temporaire ou quasi permanente de l'ensemble du système considéré ». On notera comme problèmes spécifiquement liés au gigantisme des installations industrielles celui d'une *disparition de l'ensemble des vocations alternatives de l'espace* (agri- et aqui-cultures sur les zones littorales, grands barrages, par exemple) et celui d'une *raréfaction des sites* disponibles pour des complexes industrialo-portuaires ;

c) la *croissance du risque technologique majeur* : la croissance des activités à très haut degré de risque entraîné par des outils technologi-

ques de plus en plus concentrés et à potentiel destructeur élevé et peu contrôlable : le dossier des surgénérateurs est le plus « public » d'un ensemble de risques industriels de même niveau (supertankers, stockage de produits chimiques, etc.) entraînant des destructions ou des coûts de prise en charge sans commune mesure avec le gain économique espéré. D'après les experts, l'accélération de la fréquence des accidents majeurs (*Torrey-Canon, Amoco Cadix, Ekofisk, Seveso, Intox I, etc.*) est inéluctable dans les prochaines années sans qu'on puisse juger à quel seuil cette fréquence restera supportable pour les populations <sup>12</sup> ;

d) les *coûts de transport* entraînés par la distance croissante entre lieux d'extraction des matières premières, unités de production et lieux de consommation. Cette croissance des besoins de transport, facilitée par la forte baisse des prix relatifs du pétrole jusqu'en 1971, conduit aujourd'hui, en période de coûts croissants de l'énergie, à des charges économiques de plus en plus lourdes, rarement anticipées lors des décisions concernant chaque installation industrielle prise isolément. On constatera d'ailleurs que les réseaux de transport et de distribution de matières premières contribuent à saturer un espace de plus en plus rare dans les pays industrialisés.

3. *Croissance des coûts administratifs et des coûts de régulation* : alors qu'une partie des économies d'échelle est expliquée par la possibilité d'amortir des frais fixes relativement indépendants de la taille des unités de production sur une production plus importante, il apparaît que, *au-delà d'un certain seuil, la recherche de dimensionnements plus importants implique la croissance d'activités d'ordonnement, prévision, régulation*. On pourrait dire qu'en partie, des gains de productivité apparents, engendrés par la course à la « mégamachine », sont gommés par la croissance des « besoins de régulation » et des activités administratives qui leur sont liées. A un niveau plus général, en marge de ce texte, on peut émettre l'hypothèse que la croissance de l'État-Providence, nécessaire à la prise en charge des « dégâts croissants du progrès » et à la régulation de la société civile, est un des éléments de la crise de la productivité et du ralentissement de la croissance dans la mesure où, en l'état actuel des techniques d'information, de communication et de gestion, il a été jusqu'ici fort difficile d'y relever la productivité du travail.

4. *Croissance du risque économique : indivisibilité des investissements, allongement des taux de rotation du capital et avenir incertain*. La tendance à des installations de grande taille se traduit économiquement :

- par la nécessité de mobiliser sur un seul projet des fonds d'investissement de plus en plus considérables ;
- par un allongement important du taux de rotation du capital du fait de l'écart croissant entre le moment de la décision et la mise en activité de l'unité de production (des délais de cinq à dix ans sont courants dans l'électronucléaire, la sidérurgie, etc.), de la durée de montée en

puissance, puis du délai de remboursement une fois l'unité en marche ; pour des secteurs clefs comme l'énergie, la sidérurgie, l'aéronautique, l'écart entre la prise de décision sur un programme et le moment où on peut juger de sa réussite porte la plupart du temps sur plusieurs décennies ;

- par une indivisibilité croissante des investissements dimensionnés par une échelle de production déterminée et qui se prêtent difficilement à des rythmes inférieurs de débit. Dans la sidérurgie, par exemple, ce sont des cuves de 3-4 Mt de capacité qu'il faut arrêter pour toute variation prononcée de la demande, décision d'autant plus difficile à prendre que l'entretien des équipements connexes et le redémarrage sont extrêmement coûteux.

Dès lors, le modèle technologique fondé sur des grandes unités semble de plus en plus soumis au jeu d'une contradiction entre :

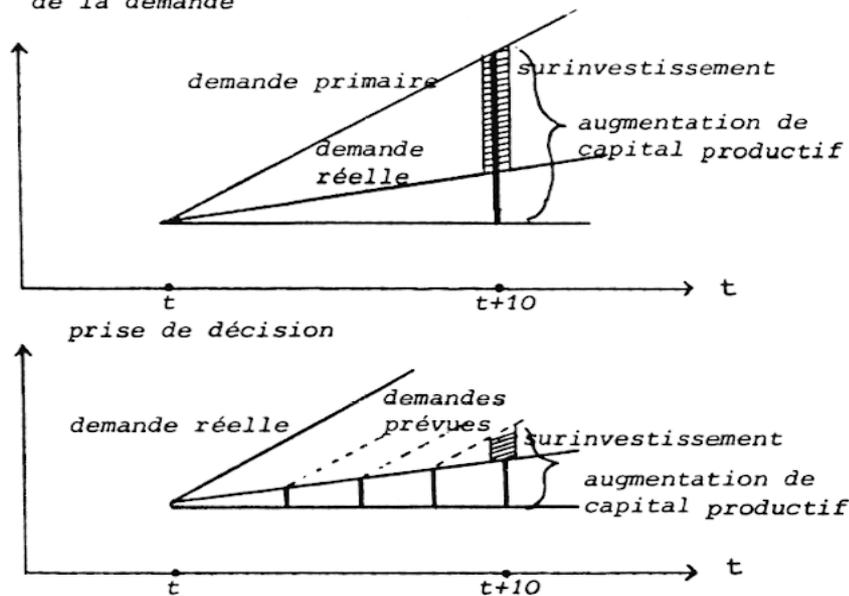
- des caractéristiques économiques qui en font ce que P. Lagadec<sup>13</sup> appelle une *décision lourde*, fortement structurante, faiblement réversible et donc qui appelle une prévision relativement fiable de la demande future et plus généralement du contexte économique et technique de son développement ;

- un contexte géopolitique (que l'on songe au niveau des prix du pétrole, au veto américain sur Concorde), mais aussi technologique (incertitudes sur le bouclage de certaines filières comme le retraitement des déchets nucléaires, les lanceurs, etc.), caractérisé par un haut degré d'incertitudes, ce qui rend inopérants les modèles de prévision les plus sophistiqués. On peut même émettre l'hypothèse que la prise de conscience de cette contradiction est un des éléments de la prudence des « décideurs » (capitalistes et étatiques) devant les investissements à faire pour que le lancement des filières « relais » puisse relancer l'économie mondiale sans contribuer à la perdurance de la crise.

Au moment du choix, la supériorité économique des grandes tailles est calculée sur la base de prévisions de coût de volume de demande et de prix de vente qui portent sur des périodes allant de cinq à vingt ans. Or l'incertitude du contexte économique et technologique vient très souvent annihiler cette supériorité, voire la transformer en désavantage majeur, cela pour plusieurs raisons :

- sensibilité à toute forte oscillation de la demande. Dans beaucoup de secteurs clefs, l'écart demande espérée/demande réelle tend à s'accroître depuis dix ans. Dès lors, il est souvent préférable de suivre la courbe de demande en mettant en jeu des unités de production plus petites, d'un coût d'investissement unitaire plus élevé mais constructible en un ou deux ans et donc capables de fonctionner à pleine capacité, que des ensembles demandant cinq à dix ans de construction que la demande réelle risquerait de forcer à fonctionner à mi-capacité. En cas de futur incertain, la recherche d'économies théoriques de dimension peut donc se traduire par des surinvestissements et une pénalité forte sur le coût réel de production, comme le montre le graphique :

Délai de gestation des investissements et incertitude de la demande



- intérêts intercalaires à coûts croissants dans un contexte inflationniste où il est difficile d'anticiper l'évolution des taux d'intérêt sur cinq à dix ans dans le cas de longue période de gestion de l'investissement ;
- faiblesse par rapport à toute percée technologique qui rend au bout de cinq-six ans techniquement dépassé un outil de production dont le délai de remboursement est prévu sur quinze ans. Des unités de production à période de remboursements plus faibles permettent une mise en jeu plus rapide des innovations.

#### IV. LES GRANDES TAILLES COMME « MYTHE » ET COMME HANDICAP DANS LA BATAILLE INDUSTRIELLE AUJOURD'HUI

Ce qui précède n'induit pas l'inexistence d'économies de dimension ; il s'agit de souligner leur caractère non systématique au niveau micro-économique et leurs effets contre-productifs (eux non plus non systématiques) au niveau macro-économique. Or aujourd'hui, alors même que la mesure des économies d'échelle et des économies de dimensionnement est problématique, dans la majorité des cas, cette mesure fait apparaître, lorsqu'elle est possible, que les choix de dimensionnement ont très souvent dépassé, et de loin, le seuil maximal justifié économiquement. Il conviendrait, pour expliquer le phénomène, de faire le tri entre les motivations conscientes comme une politique de puissance de la part des constructeurs et leur volonté d'élever des « barrières à l'entrée » dans un secteur et des choix non maîtrisés consciemment dus à des phénomènes culturels de « croyance », dans les milieux d'experts techniques et économiques <sup>14</sup>, à la fascination exercée

par la « grande » technologie et les grands travaux, ou à des comportements imposés par les procédures institutionnelles ou la pratique des organismes de financement. Dans bien des cas, en effet, un ministre se laissera plus facilement séduire — c'est souvent le cas de l'hydro-électricité au Tiers Monde — par un « gros » projet, de retentissement important, que par une myriade de petits projets moins contrôlables et moins capitalisables politiquement. À cet égard, il serait intéressant de s'interroger sur la position de faiblesse du « financier » ou de l'administrateur de l'appareil d'État face aux experts et à leur relative ignorance des fondements technico-économiques des choix, ce qui pose le problème des capacités d'expertise indépendantes des décideurs.

En fait, l'important ici est moins le concept d'économie d'échelle en tant que tel que le *systeme de représentation de l'espace économique et de la technologie auquel il sert souvent de justification scientifique*. À partir d'un concept qui a un espace de validité réel, mais limité, s'origine en effet une séquence d'implications à portée plus générale. [(économie d'échelle = efficacité des grandes tailles) = technologie de pointe = puissance économique] → [nécessité de concentrer le financement sur de grands programmes].

Que chacun des maillons de cette séquence mérite d'être discuté est évident. L'important ici est que, *comme système de représentation, elle permet, surtout dans un pays comme la France, de concentrer l'utilisation de la capacité d'épargne dans les mains de quelques grands opérateurs, vecteurs de la mutation technologique du pays. En jouant sur ce registre, ceux-ci s'autojustifient à travers les grands programmes. Rappelons quelques ordres de grandeur peu connus.*

En 1982, la formation brusque de capital fixe des « grandes entreprises nationales » et des « sociétés » <sup>15</sup> était de 408 MFF, de 307 MFF hors immobilier. Ces 10,4 % du PIB sont un indicateur de l'effort du pays pour la rénovation de l'appareil productif *largo sensu*. Car la part des investissements du secteur industriel *stricto sensu* n'est que de 85 MFF, soit 2,4 %, contre 61 MFF pour le secteur énergie, 66 M pour le transport et les télécoms. Pour apprécier la signification de ces chiffres en termes de concentration du pouvoir économique d'une part, et de marge de manœuvre laissée aux industries aujourd'hui soumises à un défi concurrentiel énorme, d'autre part, on complétera ces chiffres par les données suivantes : sur les 85 M du secteur industriel, les investissements totaux des nationalisées (firmes aussi importantes que Renault, PUK, Rhône-Poulenc, Saint-Gobain...) étaient de 27 MFF alors que les investissements de la seule EDF étaient de 32 MFF et ceux orientés par la DGT <sup>16</sup> de 22 M.

*Pour un opérateur industriel (privé ou public), « vendre » à l'État un « grand programme » (nucléaire, réseaux câblés, lanceurs, TGV, etc.), c'est s'assurer un énorme pouvoir de négociation dans le partage de l'épargne publique. Or, en période de fortes difficultés financières, cela*

conduit à assécher les moyens disponibles pour les autres agents économiques dont dépend la survie industrielle du pays.

Jean-Charles HOURCADE  
chargé de recherche au CNRS  
chercheur au CIRED

## NOTES

1. En perspective historique, le fait que ce soit dès 1970 qu'ont été lancés avec force les débats sur la croissance devient tout à fait explicable puisqu'on prend alors conscience des premiers dysfonctionnements du modèle dominant.

2. K. Boulding, *Economic Analysis*, vol. 1, Fourth edition, New York, Harper and Row, 1966.

3. P.A. Samuelson, *L'Économique*, Dunod, collection « U », 1978.

4. On se reportera ici à B. Gold, « Changing Perspectives on Size, Scale and Returns : An Interpretive Survey », *Journal of Economic Literature*, vol. XIX, March 1981.

5. E.A.G. Robinson, *The Structure of Competitive Industry*, Cambridge University Press, 1950.

6. Minimale dans le sens que les techniciens n'ont jamais cru nécessaire de projeter une installation de dimensions moindres. On peut en dire autant de la capacité « maximale ».

7. En réalité, l'épaisseur des parois des réservoirs augmente avec le diamètre, afin de maintenir une tension unitaire constante dans le matériau employé ; en conséquence, le coût augmente plus que le rapport des volumes élevé aux 2/3. Par ailleurs, le coût par unité de poids de la construction, du transport et de l'installation d'un réservoir diminue sensiblement avec l'augmentation de ses dimensions, et cela peut compenser (ou même davantage) l'augmentation de coût.

8. L. Bruni, « Les économies de dimension dans un processus de développement et l'influence de l'intensité de la demande », *Revue d'économie politique*, 2, mars-avril 1965.

9. On peut observer notamment que les économies d'échelle réalisables dans les coûts en capital des divers ouvrages du génie civil peuvent s'exprimer par l'un ou l'autre terme de la formule selon la nature des ouvrages (fondation, bâtiments, routes, etc.) et que, une partie sensible du coût des installations industrielles (jusqu'à 1/3) étant constituée par de tels ouvrages, les économies se reflètent sur le coût global.

10. B. Gold, « Changing Perspectives on Size, Scales and Returns : An Interpretive Survey », art. cité.

11. T. Lee, J.C. Fisher, *Optimization of Size in Power Generation*, compte rendu d'une conférence donnée par l'IIAIA à Laxenburg (Autriche) le 5 décembre 1978.

12. P. Lagadec, *Le Risque technologique majeur*, Londres, Pergamon, 1980.

13. *Ibid.*, p. 15.

14. Phénomène que l'on retrouve dans tous les débats sur les ressources en matières premières.

15. Au sens de la comptabilité nationale. La somme GEN + « sociétés » recouvre la totalité des agents économiques hors administration et ménages.

16. Direction générale des télécommunications.