

Zeitschrift: Revue économique et sociale : bulletin de la Société d'Etudes Economiques et Sociales

Herausgeber: Société d'Etudes Economiques et Sociales

Band: 34 (1976)

Heft: 2

Artikel: L'énergie en alimentation dans son aspect global

Autor: Ferrando, R. / Schaller, Fr.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-137694>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 15.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

L'énergie en alimentation dans son aspect global

R. Ferrando,
Alfort-Paris,
et Fr. Schaller,
Universités de Lausanne et de Berne

I

Il était récemment admis, et le demeure même actuellement, de ne considérer, en alimentation, la dépense d'énergie que sous le seul aspect nutritionnel, sans jamais examiner les problèmes d'aval, dans le cas des animaux, ceux d'amont et d'aval, dans le cas de l'homme.

Autrement dit, on sait que pour obtenir un kilo de viande, un litre de lait ayant un taux butyreux donné, une douzaine d'œufs, il est nécessaire de distribuer telle ou telle ration, représentant, par elle-même, une énergie brute, métabolisable, ou nette, de tant de kilocalories. On ne se souciait et on ne se soucie pas de connaître combien il faut dépenser d'énergie pour produire les éléments de cet apport dans une ration donnée. On oublie également tous les éléments intervenant ensuite, entre l'aliment d'origine animale ou végétale et l'assiette du consommateur.

L'agriculture et les autres activités se trouvent ainsi dissociées. Cette dissociation résultait, et résulte encore, de l'isolement où l'on tient, et dans lequel se cantonne, avec quelque plaisir, l'agriculture dans le contexte économique général. Cet isolement provient :

- de longues traditions, dites « paysannes » ;
- de l'absence d'une véritable comptabilité agricole ;
- de l'idée fausse que la nature donne, aisément et sans peine, ce qu'on lui demande ;
- d'une application trop exclusive à l'agrobiologie de la loi de Mitcherlisch dite des rendements moins que proportionnels. Considérée au niveau de l'énergie, comme d'ailleurs sous d'autres aspects, cette loi est très générale.

La crise de l'énergie survenue en 1973-1974 oblige à revoir ces conceptions démodées. Quelques personnes l'ont compris mais leurs travaux, qui ont également valeur d'avertissements, ne semblent pas avoir retenu toute l'attention qu'ils méritent.

C'est dans ce but, pour éveiller les esprits à ces problèmes et alerter les responsables, que nous entreprenons cette étude.

*
* *

Avant tout développement, rappelons à quoi correspondent quelques unités que nous sommes susceptibles d'utiliser dans ce travail.

- 1 tonne de charbon = 1 TEC ou 1 tonne équivalent charbon
- 1 tonne de pétrole = 1,5 TEC
- 1 MWh d'électricité = 0,4 TEC
- 1 TEC = 7 kilothermies
- 1 GTEC = 1 milliard de TEC
- 1 kilocalorie (1 kcal) = 4,184 kilojoules (KJ)
- 1000 kcal ou 1 mégacalorie, terme préférable à celui de thermie = 4184 kilojoules (KJ)
- 1 KJ = 0,239 kcal
- 1000 KJ ou 1 mégajoule (MJ) = 239 kcal
- 1 BTU (British Thermic Unit) = 6 kcal.

Il convient également d'indiquer, exprimée en GTEC, la consommation toute énergie, faite par pays en 1940, 1960, ainsi que la dépense envisagée pour les années 1980 et 2000.

Années	1940	1960	1980	2000
USA	0,8	1,5	3,6	plus de 5,6
CEE (9 pays)	0,3	0,8	2,0	4,0
URSS et COMECON	0,3	0,6	1,9	4,0
Japon	0,1	0,2	0,8	1,8
Chine	0,1 (?)	0,6	1,3 (?)	2,6 (?)
Autres pays	0,5	4,7	12,1	23,0

La consommation d'énergie, par habitant et par an, qui s'élevait pour l'Europe des Neuf de 1,7 à 4 TEC en 1960, sera de 4 à 7 TEC en 1980 contre, respectivement pour ces deux années, 8 et 13 pour le Canada et les USA.

Notons enfin l'existence au niveau industriel de certaines relations entre les différentes formes d'énergie brute et utilisable que nous retrouvons en physiologie.

On constate aujourd'hui que l'agriculture occupe directement de moins en moins de travailleurs : 4 millions en 1960 et 2,5 millions en 1974, soit 5 % pour la France. Nous disons bien directement. Pourtant, la production des produits végétaux et animaux obtenue par travailleur agricole s'est considérablement accrue. Jadis, une famille paysanne suffisait à son autoconsommation et à celle de quelques rares autres consommateurs. En 1974, un agriculteur nourrit plusieurs dizaines de personnes. En dix ans, la population active agricole française a diminué d'environ 40 %. Dans le même temps, la production a augmenté du même pourcentage et l'endettement agricole a été multiplié par 5 pour ce qui relève du seul Crédit Agricole (20 047 millions de francs lourds en 1963 et 105 600 millions en 1973). Ces chiffres mettent nettement en évidence que cette « productivité » accrue de l'agriculteur résulte d'un travail que nous qualifierons de cumulé, *conséquence d'une série d'investissements en vue de promouvoir des aides directes et indirectes dont on ne tient pas toujours compte dans le domaine d'intervention de l'agriculteur.*

En l'absence de ces diverses aides, physiques et chimiques, les plafonds naturels de production sont rapidement atteints. Chaque augmentation de rendement nécessite pourtant une dépense d'énergie accrue et entraîne, en même temps, une valeur ajoutée.

En considérant simplement le bilan des énergies consommées directement en France par l'agriculture, on obtient les chiffres suivants :

1965 : 2 millions de tonnes équivalent charbon (TEC)

1974 : 7,5 à 8 millions de tonnes équivalent charbon (TEC).

La part des produits pétroliers est ici de 77 % ; celle de l'électricité de 23 %. Directement, l'agriculture ne représenterait donc que 3 % de l'énergie totale consommée en France, mais on doit aussi tenir compte des dépenses indirectes liées aux activités amont et aval, dont l'agriculture proprement dite ne saurait se passer. En se plaçant dans le seul cadre de l'alimentation, ces activités, qui s'amplifient au fur et à mesure que l'urbanisation augmente, provoquent un accroissement de la dépense d'énergie et une élévation de la valeur ajoutée. On utilise, en effet, de plus en plus de produits transformés et les progrès de la conservation, de la réfrigération, de la surgélation, de la lyophilisation, absorbent de l'énergie tout en élevant le prix des denrées. Quand on estime que la baisse du kilo vif de porc à la ferme doit se répercuter au niveau de la tranche de jambon, on oublie simplement ces influences. Le prix du kilo de porc vif ne représente guère que 16 à 20 % du prix du kilo de jambon.

La quantité d'énergie, exprimée en kilocalories, qu'un consommateur ingère quotidiennement avec ses aliments, n'a guère varié. Elle aurait même, dans nos pays, une légère tendance à diminuer. Au contraire, l'énergie nécessaire à fournir les kilocalories alimentaires brutes, à travers des activités et des transformations multiples, s'est considérablement accrue.

Quand les agriculteurs manifestent plus ou moins violemment parce qu'ils ont des excédents invendables, ils oublient les composantes de ce phénomène global. On retrouve ces composantes dans le cas de l'alimentation animale et de tout ce qui la conditionne directement et indirectement. Il est indispensable d'accroître les rendements obtenus pour faire face aux besoins multiples et différenciés des consommateurs urbains de plus en plus nombreux par rapport aux producteurs agricoles. Cela entraîne une dépense accrue d'énergie exprimée en TEC et détermine l'industrialisation de l'agriculture, de l'élevage plus particulièrement.

Pimentel¹ et ses collaborateurs ont mis ce phénomène en évidence à propos du maïs. En 1940, une dépense de 925 500 kcal suffisait à la production de 3 427 200 kcal de maïs ; en 1970, les chiffres sont respectivement 2 889 800 et 8 164 800 kcal. Les rapports énergie engagée-énergie obtenue sont passés de 3,70 à 2,82 ! Pourtant, en se plaçant sous le seul aspect rendement sans considérer le coût énergétique, les avantages sont importants. Que restera-t-il de ces kilocalories d'énergie brute du maïs dans l'assiette du consommateur après leur passage à travers les productions animales, la transformation de celles-ci et le circuit commercial ? Bien peu de chose en vérité comme nous le verrons.

¹ Pimentel estimait, lors du X^e Congrès international de nutrition à Kyoto (août 1975), qu'on ne dispose que de 0,5 ha/habitant pour nourrir le monde et que l'agriculture nécessitait 1498 litres de pétrole/personne/an.

Il est cependant nécessaire d'analyser, en se reportant aux données de Steinhart et Steinhart, les divers postes de la dépense d'énergie dans le système agro-alimentaire des Etats-Unis pour les années 1940, 1950, 1960 et 1970. On peut admettre que ce système et ces dépenses sont très proches du système français et, plus généralement, européen (tableau n° 1).

Tableau 1. Energie utilisée dans le système alimentaire des Etats-Unis (valeur à multiplier par 10^{12} kcal). D'après J. S. Steinhart et Carol E. Steinhart.

Composantes	1940	1950	1960	1970
A la ferme				
Carburant utilisé directement	70,0	158,0	188,0	232,0
Électricité	0,7	32,9	46,1	63,8
Engrais	12,4	24,0	41,0	94,0
Acier pour l'agriculture	1,6	2,7	1,7	2,0
Machines agricoles	9,0	30,0	52,0	80,0
Tracteurs	12,8	30,8	11,8	19,3
Irrigation	18,0	25,0	33,3	35,0
Subtotal	124,5	303,4	373,9	526,1
Industries de transformation				
Industrie de préparation des aliments	147,0	192,0	224,0	308,0
Machines de transformation des aliments	0,7	5,0	5,0	6,0
Emballages papier	8,5	17,0	28,0	38,0
Emballages verre	14,0	26,0	31,0	47,0
Emballages acier et aluminium	38,6	62,0	86,0	122,0
Energie des transports	49,6	102,0	153,0	246,9
Matériel de manutention et camionnage	28,0	49,5	44,2	74,0
Subtotal	286,4	453,5	571,2	841,9
Dépenses dans les commerces et à la maison				
Réfrigération et cuisson commerce	121,0	150,0	186,2	263,0
Machines à ces fins (commerce et maison)	10,0	25,0	32,0	61,0
Réfrigération et cuisson maison	144,2	202,3	276,6	480,0
Subtotal	275,2	377,3	494,8	804,0
Total général	686,1	1134,2	1439,9	2172,0

En considérant les chiffres de Steinhart et Steinhart, on peut déduire que, entre 1940 et 1970 :

1. au niveau de la ferme, les dépenses d'énergie augmentent 4,24 fois ;
 2. au niveau des industries de transformation, les mêmes dépenses augmentent 2,94 fois ;
 3. au niveau du commerce et des ménages, ces dépenses augmentent 2,92 fois.
- 2 et 3 augmentent ensemble 2,93 fois.

Le rapport entre les dépenses d'énergie à la ferme et les dépenses dans les autres secteurs est :

En 1940	En 1950	En 1960	En 1970
0,22	0,36	0,35	0,34

On constate qu'à partir de 1950 les quantités d'énergie utilisées en amont, comme en aval, augmentent en valeur absolue bien que leur rapport avec celles employées en agriculture demeure à peu près le même. Dans l'état actuel des structures, l'agriculteur est incapable de modifier ou d'orienter valablement les interventions amont et aval d'autant plus que, dans quelques pays, il compte sur l'Etat avant de compter sur lui. Ces interventions amont et aval vont toutes, et en particulier celles engagées au niveau des industries de transformation du commerce et des ménages, influencer directement et indirectement les dépenses des consommateurs. Voici encore une des conséquences de l'urbanisation et de la diminution constante des activités ménagères, qu'il serait possible de qualifier de primaires, aux dépens d'activités, plus sophistiquées, qui évitent du travail manuel mais exigent en retour une importante dépense d'énergie en amont. Ainsi, aux Etats-Unis, une quantité non négligeable d'essence est utilisée pour « faire ses courses » en voiture automobile. En 1970, 15,2 % de l'usage des voitures automobiles étaient consacrés à cette fin, selon Steinhart et Steinhart, qui se basent sur les données de l'Administration fédérale des routes. Ce pourcentage est actuellement plus élevé.

L'agriculture apparaît comme une sorte de relais. D'une part, elle supporte les coûts énergétiques des industries qui élèvent sa productivité mais abaissent sa rentabilité. D'autre part, elle ne profite pas des transformations se déroulant en aval. Plus les rendements augmentent, plus s'élève l'énergie nécessitée pour cette augmentation, et cette élévation est en proportion plus forte que l'augmentation des rendements.

Sur un plan économique général, toujours dépendant de la fourniture d'énergie, le secteur agricole reste dominé, en amont comme en aval, par les secteurs industriels et commerciaux. Même la constitution de stocks de viandes, d'œufs ou de produits laitiers, qui détermine pourtant la régulation des marchés, échappe le plus souvent à la profession agricole et exige également de l'énergie.

C'est pourtant dans le cadre spécifiquement agricole, malgré ses multiples relations avec l'industrie, que nous étudierons les incidences que les modalités d'exploitation adoptées peuvent avoir sur les dépenses énergétiques globales. En ce qui concerne les productions animales, nous qualifions ainsi toutes dépenses d'énergie mises en œuvre pour obtenir une quantité donnée d'aliment, exprimée en kilocalories d'énergie brute, figurant dans la ration d'un animal. Il est bien évident que l'énergie solaire, comme celle utilisée dans les diverses réactions se déroulant dans les milieux physique, chimique et biologique du sol, n'est pas décomptée. Il s'agit d'un don de la nature. En ce qui concerne le reste, il apparaît que l'énergie destinée à renforcer le travail de l'homme se trouve, surtout depuis 1940, augmentée dans de fortes proportions pour les postes suivants :

Carburant	231 %
Électricité	9014 %
Engrais	683 %

Nous l'avons déjà souligné, l'urbanisation, corollaire de l'abandon des campagnes, oblige l'agriculteur à faire appel à des énergies nouvelles et le désir d'une plus grande liberté de sa part accroît encore cette tendance.

En nous basant sur les données de Hirst, examinons le coût énergétique des principales catégories d'aliments d'origines végétale et animale. En agriculture primitive, où le travail de l'homme tient une place principale, sinon unique, le rapport

énergie engagée-énergie obtenue, sous forme d'aliment, est considérablement plus faible qu'en agriculture intensive.

Dans le cadre de cette agriculture, ce sont les légumes et les fruits préparés et conservés qui exigent la plus grande dépense d'énergie par rapport à leur valeur calorique propre. Par ordre décroissant, viennent ensuite le poisson, les fruits frais, les œufs, les viandes, les produits laitiers, les légumes frais, les farines et céréales, enfin, ce qui est normal, le sucre, et les lipides en général.

La moyenne du rendement : énergie absorbée-énergie obtenue est de 6,41 BTU pour 1 BTU obtenu, soit 37-38 kcal pour 6 kcal. Le rapport est environ de 0,16.

Pour les produits d'origine animale, œufs, viandes, produits laitiers, les rapports sont respectivement de 0,16, de 0,10 et de 0,13.

En ce qui concerne les protéines, il faut environ de 500 à 750 BTU d'énergie primaire, soit 3000 à 4500 kcal, pour obtenir 1 gramme de protéine alimentaire.

Dans l'ensemble, et toujours selon Hirst, la plus grosse dépense d'énergie est utilisée pour la production de viandes et d'œufs, 27 % du total et 16 % pour les produits laitiers, soit un ensemble de 43 % pour les productions animales.

Il s'agit ici d'une dépense globale, mais il convient d'examiner quelles cultures ou quels élevages fournissent le plus de calories et également de protéines.

Holmes indique les apports énergétique et protéique réalisés à l'hectare pour diverses productions :

Vaches laitières	2 500	mcal et	115 kg de matières protéiques brutes
Vaches + bœufs	2 400		102
Bœufs	750		27
Moutons	500		23
Porcs	1 900		50
Poulets de chair	1 100		92
Oeufs	1 150		88
Blé	14 000		350
Pois	3 000		280
Choux	8 000		1100
Pommes de terre	24 000		420

En considérant un autre point de vue, Bundle a calculé combien tel ou tel type de production fournit, sans doute dans les conditions les plus favorables, par acre (52 ares) cultivé, de jours de couverture des besoins protéiques d'un homme, ayant une activité moyenne. Nous donnons quelques-uns de ces chiffres :

Soja	2224	jours
Haricots secs	1116	
Farine de blé complète	877	
Riz poli	654	
Farine blutée de blé	527	
Lait	236	
Volailles	185	
Porcs	129	
Bétail bovin	77	

Les données de Holmes et de Bundle ne concordent pas du tout. Sur la base d'un apport de 0,80 g de protéine par kilo vif et par jour, un homme pesant 60 kg a besoin de 48 g (50 en arrondissant) de protéine. En utilisant les données de Holmes pour les appliquer aux conclusions de Bundle, nous trouvons 2300 jours pour le lait et 1000 pour le porc. Les deux calculs sont d'ailleurs critiquables. D'une part, ils ne prennent pas en considération la qualité des protéines ; d'autre part, ils se réfèrent à des rendements relativement élevés. Toutefois, leur mérite est de montrer la supériorité quantitative des productions végétales sur les productions animales, la qualité des protéines n'étant pas considérée.

On peut également, toujours en se rapportant à Holmes, constater que l'efficacité alimentaire varie selon les types d'exploitation animale. Ainsi, le pourcentage d'énergie consommable, rapporté à l'énergie brute totale consommée par un animal et calculé pour le seul niveau alimentaire, sans tenir compte des activités amont et aval complémentaires de l'agriculture, est de :

- 12,0 % pour un produit laitier
- 11,0 % pour un troupeau mixte (lait et bœufs)
- 4,5 % pour un troupeau de bœufs
- 1,7 % pour un troupeau de moutons
- 17,0 % pour un élevage porcin
- 10,0 % pour un élevage de poulets de chair
- 11,0 % pour un élevage de poules pondeuses.

En se plaçant strictement dans le cadre du rendement alimentaire, on a pu observer que plus la production s'élève, jusqu'à une certaine limite pourtant, meilleure est, au niveau de l'organisme animal, la conversion énergétique et protidique. Malheureusement, nous ne nous situons ici qu'au seul niveau de l'animal dans un cadre purement biologique en négligeant l'ensemble du problème. En effet, en considérant l'aspect global, une remarque s'impose ; elle est la conséquence de tout ce que nous avons déjà dit, à savoir que plus le mode d'exploitation s'intensifie, plus la dépense d'énergie s'élève. Pour nourrir en 1974 la totalité de la population mondiale, de la même façon que celle du monde occidental, plus de 80 % de l'énergie utilisée à toutes fins dans le monde serait nécessaire. L'augmentation de la démographie mondiale, conjuguée à l'urbanisation, peut ainsi aboutir à des dépenses énergétiques fantastiques.

La mise en œuvre de nouvelles techniques et l'utilisation de nouvelles variétés de plantes exigent toujours plus d'énergie. La révolution verte n'a pas donné tous les espoirs qu'on pouvait théoriquement en attendre parce que les moyens d'utiliser les possibilités de ces variétés végétales firent et font le plus souvent cruellement défaut.

Pour exploiter les terres actuellement incultes qui seraient pourtant arables, il faudrait dépenser en moyenne 1000 dollars à l'hectare sans parler des dépenses nécessitées par le manque d'eau qui oblige à utiliser un supplément d'énergie pour s'en procurer dans les régions où elle fait défaut.

Il convient de noter que, dans les pays développés, l'urbanisation, y compris celle des campagnes envahies par les résidences secondaires, se fait aux dépens des terres cultivables. Dans l'urbanisation, nous comprenons également la construction des auto-

routes. Aux Etats-Unis, durant les vingt dernières années, 11 millions d'hectares (la surface de l'Etat d'Ohio) ont été ainsi perdus selon le National Research Council chargé des recherches sur les sciences de la vie.

Il serait souhaitable de régler l'expansion démographique sur les possibilités de l'agriculture, c'est-à-dire sur celles de fourniture d'énergie et d'eau. Malheureusement, il n'en est rien comme l'ont prouvé les débats décevants de la Conférence de Bucarest en 1974. Il convient donc de bien réfléchir sur les points suivants :

- Où prendre l'eau indispensable ?
- Où prendre l'énergie nécessaire ?
- Ne pas oublier que les possibilités de la photosynthèse ont des limites.
- Ne pas oublier que les possibilités des animaux sont également limitées et que les indices zootechniques élevés sont économiquement, donc énergétiquement, dispendieux.

La productivité, déjà coûteuse en soi, aboutit souvent à une accumulation de produits difficilement vendables, sinon invendables dans les pays développés.

Le schéma de la figure n° 1, emprunté à Steinhart et Steinhart, illustre parfaitement comment on dépense plus pour produire plus mais comment, ce faisant, on aboutit à des rendements moins que proportionnels.

En même temps, et pour se placer dans un autre domaine, on produit des sujets moins rustiques, exigeant plus de soins donc, indirectement, plus d'énergie et ne pouvant pas consommer n'importe quelle ration, etc. De tels sujets sont inadaptés aux conditions d'exploitation agricole de nombreux pays.

A son tour, la sélection exige elle-même une dépense d'énergie. Malgré les frais engagés, elle n'aboutit pas toujours à des résultats valables sur le plan comptable, le seul qui ait finalement une signification avec celui du rapport énergie engagée-énergie récupérée, mais n'est-ce pas en fin de compte la même chose ?

Le schéma présenté fait aussi apparaître que la pêche côtière est peu coûteuse. Malheureusement, la surexploitation et les pollutions la font disparaître au profit de la pêche lointaine, plus dispendieuse en énergie. Comme l'écrivent les auteurs de la figure n° 1, « le message de cette figure est simple. En agriculture primitive, 5 à 50 calories alimentaires étaient obtenues pour chaque calorie d'énergie investie. Quelques cultures très développées ont fait tout aussi bien. Par contraste, le système d'alimentation du type industriel exige 5 à 10 calories d'énergie, voire même plus, pour obtenir une calorie alimentaire. » Pimentel, parlant de kilocalories de protéines, présente cela sous une autre forme. En élevage intensif, on dépense 122 kcal d'énergie alimentaire pour produire 1 kcal de protéines de bœuf. En élevage extensif (Texas), la dépense n'est que de 4,4 kcal.

Réduire le nombre de calories nécessaires pour produire une calorie d'aliment devient indispensable. Enumérons quelques-unes des possibilités d'y parvenir :

- meilleure utilisation des déchets, en particulier pour préparer des protéines grâce aux microorganismes ;
- utilisation rationnelle du fumier et des engrains verts ;

L'énergie en alimentation dans son aspect global

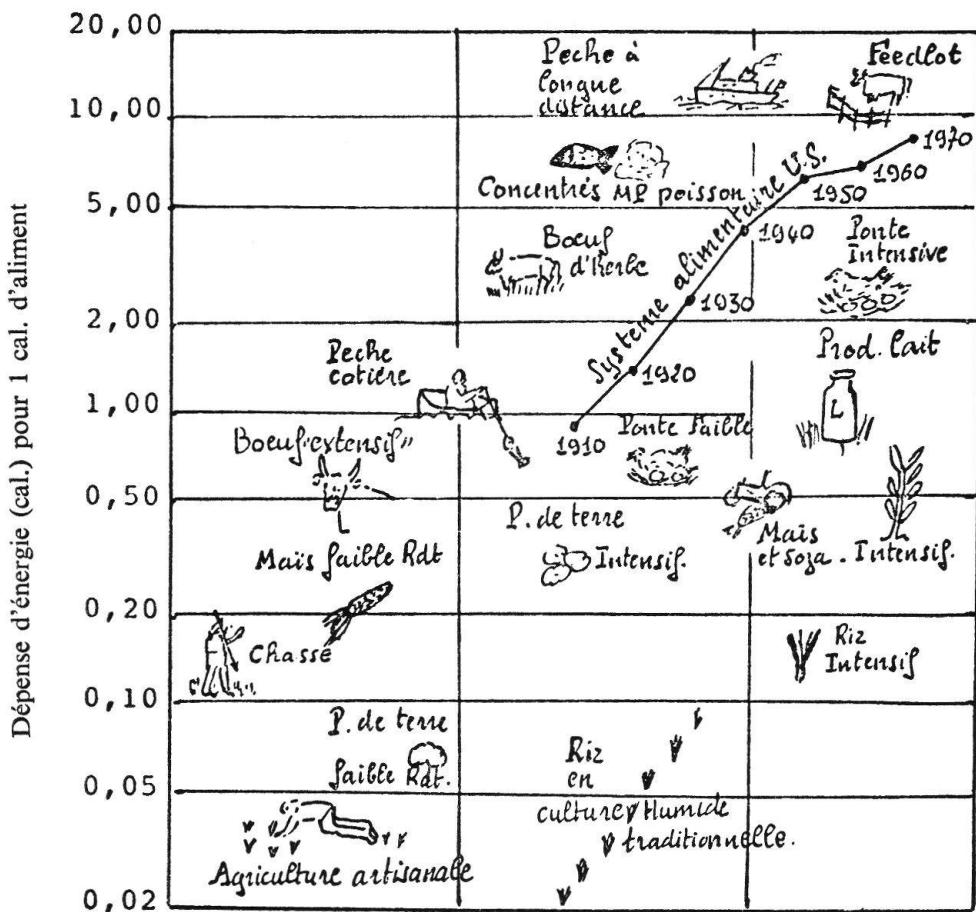


FIGURE 1 : Energie dépensée pour diverses catégories de récoltes d'aliments.
(D'après J. S. et C. E. STEINHART, 1974.)

- retour à l'assoulement qui, tout en permettant une meilleure lutte contre les diverses maladies des plantes, économiserait des engrains, des pesticides, c'est-à-dire de l'énergie ;
- étude des plasmides porteurs du facteur de nitrification ;
- production d'énergie à la ferme par le gaz de fumier et les éoliennes ainsi qu'un certain retour au travail animal ;
- révision de conceptions et normes actuellement en honneur en alimentation animale qui aboutissent à un gaspillage d'énergie et de protéines ;
- décentralisation des communautés urbaines ;
- limitation de la démographie.

La mise au point des techniques qu'une telle adaptation implique entraînera la création d'emplois, ainsi qu'une profonde modification des structures existantes avec l'abandon de l'urbanisation, un retour vers la campagne. Il ne peut s'accomplir qu'à

la suite d'une revalorisation matérielle et morale du travail et des produits de l'agriculture, en considérant que celle-ci est victime des pressions énergétiques d'amont et d'aval.

Un tel programme nécessite également une limitation de la grande exploitation. Nous avions pourtant été quelque peu favorable à ce modèle et partisan « d'une France sans paysans » à l'époque où l'on oubliait les problèmes d'énergie. Ce retour à un mode d'exploitation plus familial n'entraîne d'ailleurs pas fatallement la disparition des élevages sans sol, mais simplement leur redistribution dans un ensemble agricole. Tout pourrait se faire de la façon dont on agit en Suisse dans le cadre des liaisons Migros-exploitations familiales. Encore faut-il examiner quelles économies d'énergie, immédiates et à terme, une telle action entraînerait.

Finalement, il s'agit d'un problème global mettant en jeu non seulement l'énergie mais aussi l'imagination et, avec elle, l'abandon d'idées fausses sur l'industrialisation, l'expansion, l'urbanisation, la démographie. C'est le cas de rappeler ici un proverbe arabe : « Les autres comptent sur toi, mais toi ne compte que sur toi-même. » Les dirigeants des pays industrialisés, comme ceux des pays en voie de développement, devraient le méditer si toutefois ils le connaissent.

II

Dans son ouvrage désormais classique sur *Le Grand Espoir du XX^e Siècle*, le professeur Jean Fourastié écrit : « J'appellerai *secteur primaire*, les activités du type agricole parce qu'il s'agit d'un secteur traditionnel et qui reste très important, essentiel pour la nourriture et le vêtement de l'homme ; le secteur primaire est, nous l'avons vu, à progrès technique moyen. » Le secteur secondaire (l'industrie) se caractérise, toujours selon J. Fourastié, par un grand progrès technique alors que le tertiaire (les services) groupe les activités à progrès technique faible ou nul. Cette trilogie, dont le principe est emprunté pour l'essentiel à Colin Clark, s'est rapidement imposée à l'esprit de chacun. Dès la fin des années 50, un tel partage des activités humaines en trois secteurs prit figure d'évidence.

Vingt ans plus tard, il est permis de se demander si semblable compartimentage ne traduit pas fidèlement une réalité ancienne, mais qui cessa précisément d'être aussi simple à l'époque où la théorie se généralisa.

Certes, dans le passé, l'agriculture et l'élevage se distinguaient aisément de l'artisanat, de l'industrie et des services. Aujourd'hui, la différence est beaucoup moins apparente. Le fait majeur qui caractérise l'évolution économique depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale est sans conteste l'explosion du progrès technique. Celui-ci n'a pas épargné le secteur réputé « traditionnel ». Il l'a envahi, sans ménager non plus le tertiaire où un grand nombre d'activités prennent appui, actuellement, sur un appareil technique sophistiqué, coûteux et pas toujours indispensable. C'est la définition même de chacun des secteurs qui est ainsi remise en cause par l'effet d'une évolution des techniques plus rapide que celle de nos modes de pensée.

A l'époque des glaneuses de Millet, le cycle de la production agricole prenait naissance avec l'intervention manuelle du paysan. Il s'achevait avec elle. Bien sûr, les opérations en amont et en aval de ce cycle n'étaient pas absolument inexistantes. Elles ne se réduisaient pas moins à peu de chose. Les artisans fournissaient à la ferme un matériel rustique et presque inusable. Les ménages s'approvisionnaient au marché local où chacun, vendeurs comme acheteurs, se rendait à pied ou au moyen d'un véhicule à traction animale. Les produits n'étaient acquis que pour être directement consommés, et les seuls intermédiaires obligés étaient alors le boucher, le meunier et le boulanger. Le vent, le courant des rivières, le bois que les forêts voisines fournissaient en abondance, procuraient l'énergie.

A part ces concours extérieurs de peu d'importance économique, toute la production agricole ne dépendait que de la richesse de la terre, du travail du paysan et de l'effort des bêtes de somme. L'assolement suppléait aux engrais. Le fumier et le purin rendaient à la terre une part de ce qu'elle exportait à travers les plantes et les animaux.

Les récoltes n'étaient pas tellement abondantes que la surproduction fût à craindre. C'était plutôt l'inverse qu'on redouta durant des siècles. Il eût été facile, alors, de mesurer la productivité du sol. On se contentait d'évoquer sa fertilité. Pourtant, aucun traitement autre que celui du travail de l'homme et des animaux n'étant appliqué à la terre, nul investissement en capital de quelque importance n'étant renouvelé chaque année, la notion de productivité aurait pris la signification claire et précise qui lui fait aujourd'hui défaut. De même, il aurait été aisément calculer, sous réserve de sols comparables, la productivité du travail de l'agriculteur, car les moyens à disposition étaient primitifs et d'ailleurs engagés par chacun dans une même proportion.

Survint la révolution des techniques. Dans l'industrie, la loi des rendements plus que proportionnels permit — et permet encore aujourd'hui fort souvent — d'obtenir un accroissement considérable de production accompagné d'un abaissement parfois drastique du prix de revient. En agriculture et en élevage, la phase des coûts croissants apparaît plus tôt, phénomène observé au XVI^e siècle déjà par le mercantiliste italien Antoine Serra. On se heurte rapidement aux plafonds biologiques et à la loi des rendements moins que proportionnels. Dès lors, l'évolution technique et économique du secteur primaire perdit toute autonomie. On ne peut l'étudier qu'en référence aux modifications fondamentales qui intervinrent ailleurs.

D'une part, l'agriculture fut partiellement annexée par le secteur secondaire. Les industries de la construction, des machines, des carburants, des produits chimiques, des engrais, des pesticides apparurent en amont de l'activité proprement agricole. Elles placèrent celle-ci sous leur dépendance. A l'autre extrémité, le traitement, la conservation, la commercialisation et la distribution des produits de la terre échappèrent de plus en plus au producteur agricole. Le contact direct qui liait celui-ci au consommateur final de ses produits fut rompu. Ces nouveaux intermédiaires sont parfois des entreprises que les producteurs ont eux-mêmes créées ou auxquelles ils sont intéressés. Cela ne change rien au fait que le contrôle, à l'aval de sa production, échappe au paysan pris individuellement.

Une telle mutation des structures était certainement inévitable. L'urbanisation et l'accroissement démographique la rendaient même indispensable. En soi, elle n'est

certes pas contraire aux intérêts des agriculteurs ni des consommateurs. Le problème n'est pas là. Il réside en ceci que l'agriculture aujourd'hui n'apparaît plus, à certains égards, que sous la forme d'un maillon de la longue chaîne industrielle. Elle s'intègre techniquement de plus en plus à l'industrie dont elle dépend étroitement à la fois pour sa production et pour l'écoulement de celle-ci. Ce rétrécissement de son indépendance s'accompagne de l'amenuisement de ses effectifs. A la limite, le secteur primaire tend à n'être plus, si l'évolution devait se poursuivre, qu'un aspect particulier de la production industrielle. D'ores et déjà, en tout pays, le Ministère de l'agriculture doit être beaucoup plus que le Ministère des agriculteurs.

Le coût croissant — ou le rendement décroissant — qui caractérise ce secteur, ses tenants et ses aboutissants, n'est-il pas de nature à freiner ou même à bloquer semblable évolution, trop fidèlement copiée sur celle de l'industrie ? C'est précisément le problème qu'étudie ici le professeur Ferrando. Il est évident qu'il serait vain de vouloir répondre à la question en isolant le secteur agricole des conditions économiques propres à nos sociétés industrielles. Jusqu'ici, ce coût de production croissant de l'agriculture n'a pas ralenti, il est vrai, la progression rapide des volumes offerts sur le marché. On peut fournir une double explication à ce phénomène.

En premier lieu, l'élévation des coûts de production n'est pas linéaire, mais asymptotique. Si l'on pouvait produire le double, au début du siècle, avec une dépense d'énergie égale au triple du peu de force mécanique que l'on utilisait alors, il faudrait peut-être cinq ou dix fois plus de mégacalories qu'on en consomme aujourd'hui pour doubler encore notre production. Où les prendrait-on actuellement ? A quel prix payerait-on cette énergie lorsque l'ensemble de la population du globe confirmara sa volonté de manger autant de viande bovine et de conserves de fruits que les peuples de l'Occident ? Où trouverait-on les terres nécessaires puisque, selon Pimentel, on ne dispose déjà sur le globe que de 0,5 ha. par habitant ?

Ensuite, l'élévation rapide et considérable des revenus dans les pays avancés a permis de couvrir les coûts croissants de la production agricole. Ici encore apparaît l'interdépendance économique générale, qui veut que le développement de tel secteur ne soit rendu possible que par celui des autres. Un tel résultat ne fut obtenu que par l'exploitation intensive des sources d'énergie, dans le monde entier, à l'avantage principal de ceux qui pouvaient — parce qu'ils savaient — les utiliser au mieux.

A notre époque, le problème revêt une dimension nouvelle. Celle-ci est essentiellement politique, économique aussi, nullement géologique.

Le grand mérite du rapport du Club de Rome est d'avoir provoqué la réaction des milieux scientifiques, peu enclins à répandre à plaisir le catastrophisme et la sinistrose que rien ne justifie. La hantise de l'épuisement des matières premières n'est nullement fondée. Les travaux récents de nombreux géologues établissent ce fait de manière à ne laisser subsister aucun doute dans l'esprit de ceux qui acceptent encore la raison pour guide. R. Woodtli, en 1974, est catégorique : « On peut affirmer que les limites à la croissance ne se trouvent pas dans les facteurs géologiques ou techniques », écrit-il sans prétendre que ces limites ne se situent pas ailleurs. De leur côté, Bourrelier, Callot, Diethrich et Hugon, ingénieurs des Mines au Ministère français de l'Industrie et de la Recherche, soulignaient il y a quelques mois « que les mille premiers

mètres de croûte terrestre contiennent des quantités de métaux (y compris l'uranium) égales à plusieurs millions ou à plusieurs centaines de millions de fois les consommations annuelles actuelles du monde ».

Nous ne souffrirons jamais d'un manque absolu de matières premières ni de moyens énergétiques. Le problème que nous étudions ici comprend toutefois d'autres aspects. L'agriculture est un ensemble de techniques appliquées à des êtres vivants. La biologie nous apprend que tout organisme vivant a ses limites de production. Voilà ce qu'il importe de ne jamais oublier. Enfin, le coût de l'énergie pourrait aussi nous réservier quelques surprises.

Ce coût présente évidemment une importance capitale qui déterminera en dernière analyse l'évolution suivie tant par l'agriculture moderne que par l'industrie. A l'avenir comme dans le passé, un tel coût subira des influences contraires. La plus difficile à mesurer est sans conteste celle du progrès technique. D'une part, en facilitant l'exploitation des sources d'énergie et en améliorant toujours le parti qu'on peut tirer des produits énergétiques, le progrès technique abaissera le prix de l'énergie. D'autre part, on sait par expérience aujourd'hui que ce coût s'élève sensiblement au fur et à mesure que les gisements les plus riches s'épuisent (ou ne sont plus exploités intensivement pour des raisons politiques) et cèdent le pas à des sources techniquement plus difficiles à mettre à contribution. Enfin, les exigences nouvelles dans le domaine de l'écologie tendront à éléver encore le prix de revient réel de l'extraction.

Laquelle de ces influences l'emportera ? Prudemment, les auteurs évoqués ci-dessus estiment que, dans la période longue, le prix de revient réel des matières premières et de l'énergie s'élèvera. Avec raison, Woodtli attache plus d'importance au progrès technique qui modifie parfois brutalement les données d'ensemble du problème, qu'à la prospection qui ne découvre des gisements que de manière individuelle. Il est pratiquement impossible d'évaluer longtemps à l'avance la nature du progrès et ses incidences sur les prix mais il est sage, en ce domaine, de se garder d'un optimisme que l'avenir ne confirmerait pas. Au cours des années qui nous séparent de la fin de ce siècle, il semble raisonnable d'admettre que le prix de l'énergie marquera une tendance nette à s'élèver.

Cette hypothèse paraît d'autant plus vraisemblable si l'on examine, sur un plan politique, la situation des nations industrielles. Contrairement à une opinion très répandue, les pays en voie de développement ne sont pas les principaux fournisseurs de produits miniers. Ils n'assurent que le 32 % environ de la production contre 41 % dans les nations à économie de marché et 27 % dans les pays à économie planifiée. La consommation de ces derniers correspond à peu près à leur production. En revanche, celle de l'Occident s'élève à 65 %. La disproportion est encore beaucoup plus marquée si l'on tient aux seules productions énergétiques et à leur expression en valeur. On s'aperçoit alors que les pays en voie de développement exportent plus des deux tiers des produits énergétiques échangés dans le monde. Une telle position dominante leur confère une situation de force, dont nous avons eu tout loisir d'apprécier les effets au cours des trois dernières années.

A l'exception des pays collectivistes qui vivent plus ou moins en autarcie, la séparation est nette entre les pays principaux producteurs de moyens énergétiques et les pays principaux consommateurs. Le résultat est que ces derniers doivent s'attendre

à un renchérissement très sensible de l'énergie. C'est là un facteur purement politique en ce sens qu'il est sans rapport avec une prétendue pénurie de matières premières dans le monde. L'élévation de ce coût n'exercera pas moins une influence décisive sur l'évolution des structures industrielles et agricoles de l'Occident.

Comme l'a démontré le professeur Ferrando, c'est en effet dans nos pays que l'orientation prise par l'agriculture exige la plus forte consommation d'énergie et cela dans une proportion qui croît de façon asymptotique. Il convient évidemment d'englober dans le calcul toutes les dépenses de force consenties en amont et en aval de l'activité déployée dans l'agriculture et l'élevage, comprises au sens restrictif. Or, nos pays se sont actuellement rendus de plus en plus dépendants de l'extérieur dans leur approvisionnement énergétique. On doit en déduire que, même dans l'hypothèse où le coût de l'énergie se stabilisera définitivement au niveau actuel, la poursuite de la tendance à industrialiser toujours davantage le secteur primaire aboutirait à une élévation sensible du prix *réel* des produits offerts au consommateur, en vertu de la loi des rendements décroissants. Dans l'hypothèse vraisemblable de la hausse du prix de l'énergie au cours des prochaines décennies, la conclusion s'impose d'elle-même. La voie suivie doit être abandonnée, à tout le moins corrigée. Elle nous conduirait à l'impasse.

D'aucuns estimeront qu'ici comme ailleurs, il y a lieu de faire confiance aux mécanismes automatiques du marché. La hausse rapide des coûts entraînant celle des prix, certaines demandes flétriront ou, du moins, ne s'élèveront plus. La production s'adaptera spontanément. Freinée dans son extension par l'insuffisance de la demande, l'offre plafonnera. Les techniques se stabiliseront plus ou moins du seul fait que les investissements toujours plus considérables exigés par le progrès ne peuvent se concevoir que dans la perspective de débouchés plus larges.

On peut être assuré que c'est exactement ainsi que les choses ne se passeront pas. Ce fut toujours une erreur d'évoquer les automatismes du marché dans le cas de l'agriculture. Celle-ci et l'industrie obéissent à des lois différentes. Sans aller aussi loin que Georgescu-Roegen pour qui l'économie agraire est encore au stade d'une réalité sans théorie, il faut reconnaître que la structure du marché agricole est très différente de celle du marché industriel. L'élasticité de la demande y est beaucoup plus faible. Les cycles biologiques auxquels l'agriculture demeure soumise font preuve d'une lenteur relative ; on ne peut obtenir un veau en huit jours ni du blé en six heures. « Pour qu'une théorie économique soit opérationnelle, pour qu'elle puisse servir de guide à la politique économique, elle ne doit viser qu'un seul type d'économie. » Certes, on l'a relevé, l'agriculture s'intègre techniquement de plus en plus à l'industrie, mais elle ne s'y assimile pas. Elle demeure un corps étranger auquel les enseignements de l'économie industrielle ne sont en général pas applicables sans une adaptation qui les modifie profondément.

De tout temps, vraisemblablement, la politique agricole des Etats s'est inspirée de la préoccupation essentielle consistant à prendre le contre-pied des lois du marché. Dans une certaine mesure et compte tenu des circonstances, une telle politique est pleinement justifiée. Imposant arbitrairement la baisse lorsque les prix s'élèvent, soutenant ceux-ci lorsqu'ils marquaient une tendance à un fléchissement jugé excessif, l'Etat moderne ne tarda pas à pratiquer une politique de subventions agricoles toujours plus

générale et plus coûteuse. Il y fut conduit notamment par l'application en agriculture des théories de la productivité au nom desquelles la production fut poussée par tous les moyens, sans tenir compte de son coût global, en particulier de son coût social. Il serait donc parfaitement vain d'attendre aujourd'hui du marché une réaction spontanée dans le sens de celle décrite ci-dessus.

Dans le secteur primaire, le renchérissement à long terme du prix de l'énergie se traduira par l'élévation du prix de revient. A partir de là, il y a tout lieu de penser qu'une fois de plus les subventions de l'Etat s'élèveront bien davantage que les prix de vente sur le marché. Pourtant, seule une augmentation des prix de vente, en réduisant la demande ou sa croissance, permettrait ici comme sur le marché industriel de modifier le cours de la direction prise. A défaut du signal avertisseur que représente l'élévation des prix au niveau du coût global *réel* des produits, le risque est grand de voir se perpétuer l'enchaînement devenu traditionnel : consommation largement accrue d'énergie — élévation des coûts et de la production — augmentation massive des subventions — surproduction et gaspillages.

Puisqu'il n'est pas possible de compter sur les réactions classiques d'un marché — le prix des denrées agricoles étant de plus en plus un prix politique résultant des subventions — seules des décisions prises à tous les niveaux peuvent encore modifier le cours des choses. Il en sera toujours ainsi lorsqu'on renoncera, de gré ou de force, à la vérité des prix. De telles décisions découleront elles-mêmes d'une prise de conscience à la suite de ce qu'il est convenu d'appeler la crise (politique) de l'énergie. C'est à cet examen d'une situation réellement nouvelle que nous invite le professeur Ferrando.

En somme, la question posée est simple : il s'agit de savoir si le prix *réel* payé aujourd'hui déjà pour certains produits de l'agriculture, de l'élevage et de la pêche, justifie encore les méthodes de production que nous avons tendance à développer. La démonstration convaincante du professeur Ferrando équivaut à une réponse négative.

Bibliographie

- Bourrelier P., Callot F., Diethrich R., Hugon J.-P. : *Matières premières minérales et relations internationales*. Centre de Recherches européennes, Lausanne 1975, 6 et 8.
Bries M. : *Colloque prospective agricole et électricité*. 1974.
Bundle E. : *Can animals compete for World's grain supplies ?* Feedstuffs, 12 août 1974, 16-18 et 70.
Ferrando R. : *Alimentation et équilibre biologique*. Biblio. philo. Scientifique, 1 vol. Flammarion Ed., Paris 1961.
Fourastié J. : *Le Grand Espoir du XX^e Siècle*. PUF, Paris 1958, 40-41.
Georgescu-Roegen N. : *La science économique*. Dunod, Paris 1970, 241 et 242.
Hirst E. : « Food related energy requirements ». *Science*, N.Y. 1974, 184, 134-138.
Pimentel D., Hurd L. D., Bellotti A. C., Forster M. J., Oka I. N., Scholes O. D. et Whitman R. J. : « Food production and the energy Crisis ». *Science*, N.Y. 1973, 182, 443-444.
Pimentel D. : Xth International Congress of Nutrition Kyoto, août 1975.
Pimentel D., Dritschilo W., Krummel J., Kutzman J. : « Energy and land constraints in food protein production. » *Science* 1975, 190, 754-761.
Schaller F. : *La notion de productivité*. Droz Ed., Genève et Paris 1975.
Steinhart J. S. et Steinhart C. E. : « Energy use in the US food system ». *Science*, N.Y. 1974, 184, 307-316.
Woodtli R. : « Réserves minières et ressources minérales pour l'avenir. » *Revue économique et sociale*, n° 1, mars 1974, Lausanne, 60 et 62.

