



Combien d'énergie pour se nourrir ?

Stéphane Hénin*



L'humanité consomme d'énormes quantités d'énergie. En voyant certaines usines et hauts fourneaux géants, d'énormes complexes chimiques, on pourrait croire que l'industrie est la plus grosse consommatrice d'énergie. Mais lorsqu'on fait la somme des quantités d'énergie que représentent les rations alimentaires des milliards d'hommes sur Terre et de l'énergie nécessaire pour les produire, les transporter, les transformer, on s'aperçoit qu'il s'agit là de consommations d'énergie du même ordre de grandeur que pour l'industrie. C'est là une question angoissante pour l'avenir de l'humanité.....

Les événements récents nous ont amenés à repenser les problèmes liés à l'énergie. On se préoccupe d'une façon générale des quantités disponibles et des prix, ce qui est évidemment très important dans le court terme ; mais un certain nombre d'auteurs ont envisagé le long terme en essayant de faire des bilans. Or si l'on veut aboutir à des économies d'énergie, il faut aussi étudier le rôle de cette énergie dans notre société et faire la part de nos besoins vitaux, en particulier alimentaires : c'est le but de cet article.

On est alors amené à confronter des situations pour lesquelles on ne dispose pas toujours d'informations très précises, surtout quand on les considère d'un point de vue nouveau. C'est dire qu'il faut con-

sidérer les données concernant un tel sujet comme des ordres de grandeur, et que l'on ne comparera que des chiffres ronds. Néanmoins ces données approximatives sont suffisamment parlantes pour qu'il soit possible d'en tirer les conclusions fondamentales qui sont nécessaires à la prospective.

La production totale de matière sèche pour les 50 millions d'hectares français est de l'ordre de 500 millions de tonnes. Si l'on admet que l'énergie d'un Kg de matière sèche d'origine végétale représente 0,4 de celle représentée par 1 Kg de produits pétroliers (comptés à 10.000 calories), cela signifie que, du fait de la fixation d'énergie solaire par la végétation, nous recueillons sur notre territoire l'équivalent de 200 millions de tonnes de produits pétroliers, alors que notre consommation d'énergie est de l'ordre de 160 millions de TEP (tonnes équivalent pétrole). C'est dire qu'il s'agit du même ordre de grandeur, compte tenu des évaluations approximatives qui ont été utilisées. D'ailleurs, en prenant seulement 8 tonnes de matière sèche produites pour l'ensemble du territoire, en n'oubliant pas que ceci inclut des friches et des prairies peu productives, la production totale serait alors de 400 millions de tonnes, correspondant exactement aux 160 millions de T.E.P.

Considérons un autre aspect du problème : les propriétés des sols. On estime qu'une teneur en matière organique de 2 % constitue une moyenne acceptable en effectuant le calcul à l'hectare ; pour les 3.000 tonnes de terre que représentent les 20 cm supérieurs, en gros la couche labourée, la réserve d'humus est de 60 tonnes. Celui-ci se décompose au taux de 1,5 % par an, soit 900 Kg. Comme on peut réenfouir 6 tonnes sur les 10 tonnes de matière sèche produite, en admettant que l'on en exporte 4 (par exemple la production de blé), il reste 6 tonnes de résidus sous forme de paille et de racines. Or, le coefficient de transformation des résidus organiques frais en humus est de l'ordre de 0,1 à 0,2 (1).

Dans cette fourchette, les 6 tonnes de résidus organiques fourniraient de 0,6 à 1,2 tonnes d'humus, fourchette qui entoure les 900 Kg d'humus calculés précédemment. En réalité, le coefficient iso-humique de 0,1 correspond à des terres cultivées, et celui de 0,2 à des terres non travaillées telles que les prairies ou les friches, où d'ailleurs la teneur en matière organique est généralement

supérieure à 2 %. On rend donc bien compte de la réalité.

Cette situation peut donc se résumer de la manière suivante : l'utilisation de l'énergie solaire par la végétation est mauvaise à cause de raisons physiologiques pour une part, et pour une autre part, du fait de la difficulté que l'on éprouve à protéger la plante contre les aléas climatiques : sécheresse, excès de chaleur, gel, et contre les ennemis des cultures.

Dans l'immédiat, les valeurs qui ont été retenues montrent une bonne cohérence des données ; on peut préciser ainsi l'ordre de grandeur des conditions d'utilisation de l'énergie solaire par la végétation, source essentielle de nos aliments, et la consommation d'énergie fossile qu'elle requiert par ailleurs.

La considération du bilan des matières organiques des sols, facteur important et dans certains cas essentiel de leur fertilité, montre que déjà sur ces ressources d'énergie venue du soleil, une partie doit être affectée au maintien de la fertilité de nos sols, sensiblement 60 %. Resterait donc disponibles pour d'autres usages, suivant les deux valeurs considérées, soit 80 millions de tonnes de T.E.P. dans l'hypothèse haute, soit 64 millions de tonnes dans l'hypothèse basse.

Il faut maintenant considérer les besoins alimentaires. L'homme moyen a besoin de 3.000 calories par jour, représentant l'énergie de combustion de sa ration. Mais pour assurer une diététique convenable, et surtout tenir compte des habitudes alimentaires, en particulier de la viande consommée, un habitant d'un pays développé absorbe une ration de 10.000 calories par jour. En effet, la viande que l'on consomme implique que l'animal ait absorbé 8 calories pour en restituer une sous forme de viande : là encore le rendement n'est pas bon.

Si l'on ne mangeait que de la viande de bœuf l'homme consommerait l'équivalent de 24.000 calories végétales pour trouver les 3.000 calories qui lui sont nécessaires. Comme l'alimentation est mixte, le chiffre moyen est de l'ordre de 10.000 calories, fournies à la fois par la viande et les produits végétaux.

Dans l'année, le consommateur européen absorbe donc l'équivalent de 365 fois 10.000

*Directeur honoraire de recherches à l'Institut National de la Recherche Agronomique, Paris.

(1) Cette valeur est connue sous le nom de coefficient iso-humique.



18 % de l'énergie utilisée dans le monde sert à notre alimentation.

calories, c'est-à-dire de 365 Kg de pétrole puisque le Kg de produits pétroliers a été estimé à 10.000 calories. En arrondissant à 400 Kg de pétrole, les 50 millions d'habitants de la France consomment donc sous forme d'aliments 20 millions de tonnes de produits pétroliers, à déduire de la masse de produits disponibles (équivalente à 64 ou 80 millions de T.E.P.). Il reste donc l'équivalent de 60 ou de 46 millions de tonnes de pétrole, si on souhaite utiliser cette énergie comme substitution à l'énergie fossile. Il faudrait alors en rassembler les matériaux. Il s'agit en effet de litières forestières, de bois, de mauvaises herbes etc....

On prend comme origine de l'ère industrielle l'époque où James Watt inventa la machine à vapeur en perfectionnant les engins imaginés par ses prédécesseurs.

Mais depuis ce jour jusqu'à celui où J. Fourastié a pensé que les hommes pourraient ne consacrer aux activités productrices que 40.000 heures au cours de leur existence, que de découvertes, que d'inventions et que de réalisations ont dû se succéder...

Les 160 millions de tonnes d'équivalent pétrole que nous consommons mesurent d'une façon concrète l'importance des mécanismes qui allègent la tâche des humains. Les 25 millions de personnes actives de notre pays, à 0,2 cheval de puissance disponible, représentent 5 millions de CV de puissance installée, si tout le monde travail-

lait en même temps et tout le temps. (C'est l'équivalent de ce que fournissait la traction animale à l'agriculture). Cette valeur est faible rien que par rapport à ce qui est utilisé sous forme d'énergie électrique qui ne représente cependant que 15 % de l'énergie totale consommée. En fait, voici comment se répartissait la consommation des produits pétroliers en France en 1972 :

| | |
|--|------|
| - chauffage, éclairage logements et bureaux..... | 30 % |
| - industries..... | 36 % |
| - travaux agricoles | 4 % |
| - transports | 30 % |

Des études récentes de Carillon montrent que la production agricole consommerait directement 3 % de l'énergie totale (travaux



des champs, séchage, chauffage des serres) et si l'on tient compte des consommations indirectes (engrais, pesticides, autres produits), on aboutit à 4,3 % soit 6,9 millions de T.E.P. Ces 6,9 millions sont à comparer aux 20 millions de T.E.P. représentant les besoins alimentaires.

A ce stade des évaluations, on constate que pour mobiliser l'énergie solaire, nous en utilisons déjà le tiers sous forme d'énergie fossile. L'agriculture est donc la seule activité qui fixe plus d'énergie qu'elle n'en consomme. Mais il y a plus... Que représentent, en dépense d'énergie, les aliments présents dans l'assiette du consommateur ? Certaines recherches se développent actuellement dans le but de préciser ces données. Une première évaluation globale de l'utilisa-

tion de l'énergie pour l'alimentation est donnée dans un travail récent de Hawthorn, pour les États-Unis, en 1970 :

- énergie consommée pour la production agricole 24,2 %
- transformation, conservation, conditionnement et transport des produits alimentaires..... 53,7 %
- préparation des aliments au niveau des foyers (réfrigération, cuisson)..... 22,1 %

Les 24,2 % correspondent aux 6,9 millions de tonnes de pétrole. L'énergie liée à l'alimentation représenterait donc une consommation de 29 millions de tonnes environ, c'est-à-dire que nous dépenserions en moyenne 1,50 fois plus d'énergie fossile que nous ne consommons d'énergie solaire.

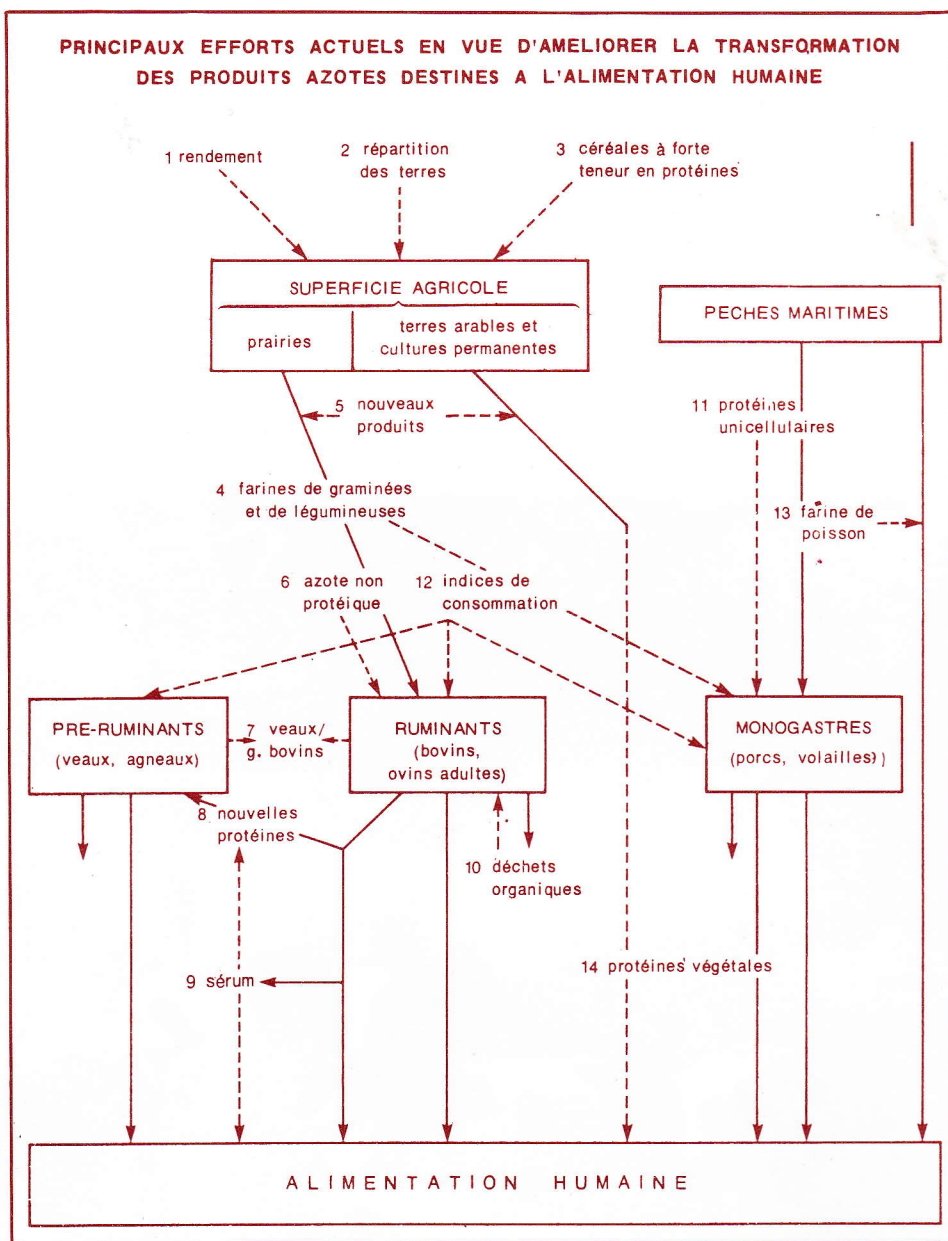
L'animal coûte cher en énergie : il faut 20 kg de protéines pour obtenir un kg de viande.

Donc, dans notre système, 18 % de l'énergie fossile totale utilisée sert à notre alimentation.

La considération des quelques cas particuliers suivants renforce ces conclusions. Voici le rapport de l'énergie fossile dépensée à l'énergie alimentaire incluse dans un certain nombre de conserves :

- tomates 29
- asperges 24
- pommes au sirop 11,6
- pêches 7
- haricots 4,2
- conserve de viande 3

**PRINCIPAUX EFFORTS ACTUELS EN VUE D'AMELIORER LA TRANSFORMATION
DES PRODUITS AZOTES DESTINES A L'ALIMENTATION HUMAINE**



L'avenir : éviter le passage par l'animal ?

A partir du moment où l'on s'interroge sur les ressources et l'utilisation de l'énergie, ces quelques données, quelle que soit la fragilité de certaines approximations, n'en sont pas moins angoissantes. Dans le mode de vie adopté par la civilisation moderne, on est en présence d'un équilibre très fragile, puisque nous sommes amenés à consommer d'énormes quantités d'énergie pour bénéficier de l'énergie, en principe gratuite, venant du soleil, et qui assure la production de nos aliments. C'est dire qu'il va falloir reprendre toutes les perspectives en raisonnant en termes d'énergie si l'on veut, sans trop dégrader nos habitudes, maintenir notre alimentation et aider les peuples moins favorisés. La revue « Pétrole-Progrès » publiait récemment une réponse typique adressée par le Directeur des Relations Publiques d'Exxon Corporation à un écolier américain qui avait écrit à cette revue. Il parlait du train de vie princier que l'on mène dans les pays développés, en particulier aux U.S.A., et il pensait qu'il faudrait probablement être un peu plus économe et un peu plus frugal si l'on veut préserver l'avenir. Cela veut dire qu'il faudra appliquer le principe de l'Avare de Molière c'est-à-dire « Manger pour vivre et non vivre pour manger ». Nous devons mieux utiliser nos ressources alimentaires, par exemple éviter le passage par l'animal et

extraire par des techniques appropriées les principes nutritifs contenus dans les organes végétaux non consommables par l'homme, comme l'herbe. Il faudra simplifier les méthodes de conservation et de préparation des aliments, peut-être en développant l'alimentation collective. Ce sont là quelques possibilités... Il faut réfléchir à ces problèmes si nous voulons pouvoir choisir des solutions et avoir le temps de nous y adapter. Nous éviterons ainsi d'avoir à subir des solutions improvisées, imposées par des situations de crise.

S. H.

L'énergie solaire et son utilisation

Considérons tout d'abord la quantité d'énergie solaire reçue dans une région du globe et envisageons son utilisation. Nous recevons sous nos latitudes de l'ordre de 1 million de calories par m² et par an, la fourchette variant de 0,7 à 1,4 millions de calories. Comme il faut 600 calories pour évaporer un litre d'eau, l'énergie reçue permettrait donc d'évaporer 1.650 kg d'eau par m². Comme environ la moitié de l'énergie solaire se trouve utilisée à cet effet en raison des propriétés physiques du milieu, il s'évapore en définition 825 kg par m² correspondant à une lame d'eau de 825 mm. Il se trouve que c'est l'ordre de

grandeur des précipitations qui tombent en France.

Le coefficient d'utilisation de 0,5 n'est applicable qu'à un moment donné, par exemple quand l'eau s'évapore d'une surface libre. Comme il y a heureusement des mécanismes limitant l'évaporation, sa valeur réelle, mesurée par exemple pour la région parisienne, est de l'ordre de 500 mm d'eau. Il reste donc 100 mm pour alimenter les rivières et les nappes, les précipitations atteignant 600 mm. Dans des régions recevant des précipitations plus abondantes, le drainage est heureusement supérieur, il assure une alimentation plus abondante aux rivières.

La quantité de matière sèche qui pourrait être produite si le million de calories reçues était complètement utilisé dans ce but, serait, à raison de 4.000 calories par kg de matière sèche, de 250 kg par m² et par an. Mais le rendement des phénomènes physiologiques est mauvais, de l'ordre de 2 % dans les périodes optimales et inférieur à 1 % si l'on considère des bilans annuels. A 1 % il conduirait encore à une production de 2,5 kg de matière sèche par m², soit 25 tonnes à l'hectare, valeur qui n'est atteinte actuellement dans notre pays, que pour des rendements obtenus avec des cultures d'herbe.

La comparaison des deux chiffres évaporation de l'eau/production de matière sèche est très intéressante. Sur les bases qui ont été retenues de 825 mm d'eau et 2 kg 5 de matière sèche, on s'aperçoit qu'il faut évaporer 330 kg d'eau pour faire 1 kg de matière sèche. C'est l'ordre de grandeur que donnent les mesures, il faut en effet, suivant les cultures, de 300 à 1.000 kg d'eau par kg de matière sèche.

Si l'on prend la production réelle, fixons la, en raison du manque de données, à environ 10 tonnes de matière sèche à l'hectare. Pour concrétiser les idées, c'est équivalent à une production de 45 tonnes de blé, valeur voisine du rendement moyen français en grain. Les 5,5 tonnes de matière sèche restantes sont représentées par les pailles.