



**HAL**  
open science

## Coûts énergétiques de quelques cultures du Nord de la France

Yves Barrière, François-Xavier de Berranger

► **To cite this version:**

Yves Barrière, François-Xavier de Berranger. Coûts énergétiques de quelques cultures du Nord de la France. *Agronomie*, 1982, 2 (8), pp.741-744. hal-00884441

**HAL Id: hal-00884441**

**<https://hal.science/hal-00884441>**

Submitted on 11 May 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Coûts énergétiques de quelques cultures du Nord de la France

Yves BARRIÈRE & François-Xavier de BERRANGER

*I.N.R.A., Laboratoire de Génétique et d'Amélioration des Plantes, Estrées-Mons, F 80200 Péronne.*

## RÉSUMÉ

*Coût énergétique,  
Bilan énergétique,  
Maïs,  
Blé,  
Orge,  
Betterave,  
Pomme de terre,  
Colza,  
Pois d'hiver.*

Les coûts et efficacités énergétiques des principales cultures du Nord de la France ont été estimés à partir des façons culturales réalisées sur le domaine I.N.R.A. de Mons-en-Chaussée et d'observations effectuées dans la région agricole du Santerre. Les cultures se répartissent en deux groupes pour les coûts : le pois, l'orge, le colza, le blé avec des coûts compris entre 4 000 et 6 000 × 10<sup>6</sup> calories/ha et la betterave, le maïs, la pomme de terre avec des coûts compris entre 8 000 et 10 000 × 10<sup>6</sup> calories/ha. En revanche, les efficacités énergétiques mesurées en calories de matière sèche récoltée par calorie entrante sont voisines de 3,5-4,0 pour les espèces étudiées, sauf pour le colza (production d'huile et de protéines) et le maïs en raison du coût très élevé du séchage, les investissements élevés étant donc bien valorisés par les cultures bien adaptées. Le poste de dépense le plus important est celui des engrais, le second variant avec les cultures. Même pour les cultures conduites de façon intensive, le coût énergétique des produits et des traitements pesticides est faible.

## SUMMARY

*Energy inputs,  
Energy balance,  
Corn,  
Wheat,  
Barley,  
Sugar-beet,  
Potato,  
Rape,  
Winter pea.*

### *Energy inputs and balance for the main crops of northern France*

The energy inputs and balance of the main crops of northern France have been calculated from cultural data from the I.N.R.A. Station of Mons-en-Chaussée and from observations in the Santerre agricultural area, with energy equivalences established by C.N.E.E.M.A. Winter pea, barley, rape and wheat had the lower inputs, from 4 000 to 6 000 × 10<sup>6</sup> calories/ha; sugar beet, corn, potato had the higher, from 8 000 to 10 000 × 10<sup>6</sup> calories/ha (table 1). Energy balance, measured as ratio of the calories of harvest output per calorie of input, was about the same for five of the crops (3.5 to 4.0) but lower in two, rape because of oil and protein production and corn because of the very high energy needs of drying. The highest inputs thus gave the best results with the best adapted crops. The largest inputs were fertilizers, about 50 % of the total for crops without biological nitrogen fixation, and less than 30 % for winter pea. Pesticide energy inputs were always small, even for intensive crops such as wheat or sugarbeet.

## I. INTRODUCTION

Face à la « crise » de l'énergie et dans la logique du développement d'« une agriculture plus économe et plus autonome, moins fragile (vis-à-vis des maladies et prédateurs), plus raisonnée dans ses pratiques, plus soucieuse de son avenir à longue échéance » (POLY, 1978), les productions agricoles peuvent être examinées selon leurs coûts et rendements énergétiques. Les données dont nous disposons actuellement pour la France sont essentiellement celles de HUTTER (1976, 1980) pour la zone Sud, et celles de BOYELDIEU (1975) pour le maïs. En se fondant sur les observations et façons culturales réalisées sur le domaine I.N.R.A. de Mons-en-Chaussée (Somme), nous avons tenté d'estimer les coûts et efficacités énergétiques des principales cultures présentes dans les régions céréalières du Nord de la France et de celles susceptibles de s'y développer : maïs, blé, orge, betterave, pomme de terre, colza, pois protéagineux. L'importance économique actuelle de ces différentes

cultures est donc très variée. Ainsi, dans la région agricole du Santerre (140 934 ha de S.A.U.) où se situe cette étude, et selon le dernier recensement (1980), le blé représente 39 p. 100 des surfaces, suivi par la betterave 21 p. 100, la pomme de terre 13 p. 100 et l'orge 10 p. 100 tandis que le maïs grain n'en représente que 2 p. 100, le maïs fourrage 1 p. 100 et le colza 0,1 p. 100 ; les cultures de pois d'hiver n'existent qu'à l'état expérimental. Au sud de cette région agricole, le maïs prend progressivement de plus en plus d'importance au détriment d'abord de la pomme de terre (et des cultures légumières), puis du blé et de la betterave.

## II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Un inventaire des façons culturales réalisées en moyenne a été établi pour chacune des cultures étudiées (nature et temps d'utilisation des matériels, nature et quantité des

TABLEAU 1

Fertilisations utilisées pour chacune des cultures (en unités par ha).  
Fertilizers used (units/ha).

	Maïs (Corn)	Blé (Wheat)	Orge (Barley)	Betterave (Sugar-beet)	Pomme de terre (Potato)	Colza (Rape)	Pois d'hiver (Winter pea)
N	175	165	130	205	200	145	35
P	90	90	90	115	180	115	95
K	120	120	90	240	230	180	120

produits utilisés, ...) permettant d'établir la liste des entrants énergétiques (le tableau 1 donne les fertilisations de chacune des cultures). Les rendements retenus pour chacune des cultures résultent des observations réalisées sur le domaine et dans la région, sauf pour le pois d'hiver dont la valeur donnée a été estimée à partir de résultats d'essais. Deux valeurs (moyenne et élevée) ont été retenues pour le maïs et le blé pour tenter de prendre en compte les effets variétés et milieux, pour des méthodes de cultures et des fertilisations données.

Les équivalents énergétiques retenus sont ceux résultant des travaux du C.N.E.E.M.A. (\*) (1975a, 1975b, 1976, 1978, 1979a, 1979b) et, en particulier, des études de R. CARILLON. De même les équivalences entre unités énergétiques retenues sont celles du C.N.E.E.M.A. (1979a).

1 tEC (tonne équivalent charbon) =  $0,67 \times 10^{10}$  cal.

1 tEP (tonne équivalent pétrole) =  $1,00 \times 10^{10}$  cal.

#### A. Coût de l'amortissement et de l'entretien du matériel

1 t de matériel agricole = 3,15 tEC =  $2,11 \times 10^{10}$  cal.

Les matériels agricoles sont amortis sur 10 ans, conduisant à des durées d'amortissement de 6 500 h pour des tracteurs de 70-80 CV, de 1 500 h pour les matériels de récolte automoteurs et de 1 000 h en moyenne pour les outils agricoles.

#### B. Carburants

1 l de fuel-oil =  $9,57 \times 10^6$  cal.

Ce chiffre comprend les pertes en raffinerie et l'énergie mise en œuvre dans la chaîne pétrolière. (En réalité 1 l de fuel-oil =  $8,4 \times 10^6$  cal.).

#### C. Engrais et produits phytosanitaires

1 t d'Azote =  $1,82 \times 10^{10}$  cal.  
1 t de Phosphore =  $0,33 \times 10^{10}$  cal.  
1 t de Potassium =  $0,22 \times 10^{10}$  cal.  
1 t de Produit phytosanitaire =  $4,00 \times 10^{10}$  cal.

#### D. Semences et récoltes

Les équivalents énergétiques retenus pour les récoltes sont les valeurs énergétiques propres des produits, en adoptant les données utilisées par le C.N.E.E.M.A. (1979b) quand elles existent (en  $10^6$  cal./kg soit de grain à 15 p. 100 ou 12 p. 100 d'eau, soit de racines ou de tubercules aux normes habituelles).

Maïs = 3,5      Betterave-graine = 3,4      Colza = 5,4  
Blé = 3,3      Betterave-racine = 0,68      Pois = 3,8  
Orge = 3,5      Pomme de terre = 0,9

Le coût des semences peut être estimé à partir des mêmes valeurs en tentant d'intégrer l'amont de ce poste : recherche, production, distribution. Pour les plantes autogames ou multipliées végétativement, on peut considérer que le coût énergétique des semences correspond effectivement à la valeur propre des produits puisque l'efficacité énergétique de ces cultures est au moins de 3. Pour les plantes allogames, compte tenu du faible rendement des lignées et du coût plus élevé de la production, il conviendra de multiplier cette valeur au moins par 2, qui correspond approximativement au rapport des prix marchands des semences pour un hectare de culture de maïs et de blé.

#### E. Main-d'œuvre

Le coût de la main-d'œuvre agricole en France peut être estimé à  $5,1 \times 10^6$  cal. par actif et par heure. Nous avons pris en compte les durées des façons culturales, entretien des matériels compris, auxquelles ont été ajoutés 10 p. 100 de temps de travail de direction.

#### F. Séchage

La valeur retenue est celle utilisée par l'A.G.P.M. (Association Générale des Producteurs de Maïs), soit  $1,150 \times 10^6$  cal./kg moyen d'eau à évaporer.

#### G. Transport

Le transport de la récolte est compté entre la parcelle et la coopérative ou l'usine, ce qui correspond au transport routier obligatoire dont le coût est  $1 \times 10^6$  cal./t × km.

#### H. Amortissement des bâtiments

Nous avons considéré cette charge comme fixe, avec 6 m<sup>2</sup> de bâtiment par ha de culture, bâtiments en maçonnerie,

(\*) C.N.E.E.M.A. : Centre National d'Etude et d'Expérimentations du Machinisme Agricole. Parc de Tourvois, 92160 Antony.

TABLEAU 2

Coût énergétique ( $10^6$  cal./ha), équivalence énergétique de la récolte ( $10^6$  cal./ha) et efficacité énergétique des différentes cultures (cal./cal.).  
Energy inputs and outputs ( $10^6$  cal./ha) and energy balance for some crops in northern France.

	Maïs (Corn)	Blé (Wheat)	Orge (Barley)	Betterave (Sugar-beet)	Pomme de terre (Potato)	Colza (Rape)	Poids d'hiver (Winter pea)
Entrants énergétiques (energy inputs)							
Amortissement, entretien des matériels (machines)	290	310	310	420	730	300	330
Carburants (fuel-oil)	950	1 110	1 140	940	1 660	1 000	980
Engrais (fertilizers)	3 770	3 590	2 900	5 020	4 740	3 610	1 240
Produits phytosanitaires (pesticides)							
Main-d'œuvre (manpower)	80	180	140	230	100	70	310
Semences (seeds)	40	60	60	60	130	50	40
Séchage (drying)	220	430	310	40	1 800	30	910
Transport (transport)	3 110 (3 590)	0	0	0	0	0	290
Amortissement bâtiments (farm buildings)	140 (160)	100 (110)	90	1 500	680	50	60
Sacherie, ficelle... (small implements)	110	110	110	110	110	110	110
	60	60	60	60	60	60	60
Total entrants (total inputs)	8 770 (9 270)	5 950 (5 960)	5 120	8 380	10 010	5 280	4 330
Récolte (harvest)							
	65 (75) q à 15 p. 100 récoltés à 40 p. 100	65 q à 15 p. 100 (75 q à 15 p. 100)	60 q à 15 p. 100	50 t	45 t	30 q à 12 p. 100	40 q à 15 p. 100 récoltés à 20 p. 100
Equivalence énergétique (harvest outputs)							
	22 750 (26 250)	21 450 (24 750)	21 000	34 000	40 500	16 200	15 200
Efficacité énergétique (balance)							
	2,6 (2,8)	3,6 (4,2)	4,1	4,1	4,0	3,1	3,5

charpente métallique, couverture en fibro-ciment, amortis sur 35 ans, ce qui conduit à un coût énergétique estimé de  $110 \times 10^6$  cal./ha  $\times$  an.

### I. Sacherie, ficelles, fils de fer, petits matériels...

Nous avons estimé le coût de ce poste à  $60 \times 10^6$  cal./ha  $\times$  an pour une région céréalière à partir de la consommation globale française de 400 000 tEC.

### III. RÉSULTATS - DISCUSSION

Les coûts des entrants énergétiques des cultures sont présentés dans le tableau 2, en millions de calories par ha.

Ainsi que cela a déjà été mis en évidence (BOYELDIEU, 1975 ; HUTTER, 1976, par exemple), le premier poste de dépenses est celui des engrais qui représentent en moyenne un peu plus de 50 p. 100 du coût énergétique de la culture en absence de fixation biologique de l'azote et environ 30 p. 100 pour le pois. Les fumures prises en compte, classiques pour la région agricole considérée, pourraient toutefois être partiellement réduites, même en maintenant un objectif de production élevé. 160 unités d'azote à l'ha sont actuellement considérées comme suffisantes pour les cultures de betterave et les apports potassiques et phosphoriques, élevés pour un sol normalement pourvu, pourraient en particulier être divisés par 2 pour les cultures de plantes à grain dont les pailles sont enfouies.

Le second poste varie avec les cultures : séchage pour le

maïs avec une dépense proche de celle due à la fertilisation, transport pour les betteraves en raison de sucreries très centralisées, semences pour les pommes de terre, carburants pour les autres cultures, ce dernier poste étant dans tous les cas très important.

En revanche, le coût énergétique des produits phytosanitaires est faible, même pour les cultures conduites de façon intensive (blé ou betterave) sauf peut-être pour le pois où des traitements fongicides à doses élevées sont rendus nécessaires par une certaine inadaptation des variétés d'hiver au milieu. Le coût énergétique des traitements phytosanitaires est, de la même manière, peu élevé puisque, à ce coût des produits, s'ajoutent ceux de l'épandage et de l'amortissement des matériels qui sont faibles, voisins de  $90 \times 10^6$  cal./ha pour les cultures classiques les plus exigeantes (blé, betterave). Les cultures se répartissent par ailleurs en deux groupes pour les coûts énergétiques : celles à « faibles coûts » comprenant dans l'ordre le pois, l'orge, le colza, le blé ( $4\ 000$  à  $6\ 000 \times 10^6$  cal.), et celles à « coûts élevés », la betterave, le maïs et la pomme de terre ( $8\ 000$  à  $10\ 000 \times 10^6$  cal.).

Les efficacités énergétiques données sont définies classiquement en calories produites pour les seules parties récoltées par calorie d'entrant. Si les coûts énergétiques calculés sont caractéristiques de façons culturales et fertilisations données dans des assolements définis, en revanche les efficacités énergétiques sont d'une part relatives à une productivité qui varie avec les effets variétés, les effets milieux et les interactions génotypes  $\times$  milieux et, d'autre part, ne sont pas des indices comparables de l'efficacité physiologique des plantes puisque la proportion des parties récoltées et la qualité des produits récoltés (amidons ou

sucres, protéines, lipides) varient avec les espèces. Elles permettent cependant de mesurer les performances des méthodologies agronomiques employées et de comparer plus directement des cultures du même type (blé, orge, maïs). Les valeurs obtenues dans ces conditions sont relativement proches pour les différentes cultures, celle du colza paraissant toutefois plus faible (oléagineux et protéagineux) et celle du maïs étant réduite de 4,0 à 2,6 (4,7 à 2,8) par le coût très élevé du séchage. Une productivité supérieure de 10 q (75 q/ha au lieu de 65), à fertilisation égale, augmente l'efficacité d'une culture de blé de 0,6 cal./cal., tandis que celle d'une culture de maïs n'est augmentée que du tiers (0,2 cal./cal.) en raison de l'augmentation proportionnelle des frais de séchage. D'autre part, les pailles produites par les céréales représentent soit  $15\,000 \times 10^6$  cal./ha lorsqu'elles sont utilisées comme combustible (déduction faite des coûts de la récolte et du transport), soit seulement  $560 \times 10^6$  cal./ha d'équivalent fertilisant quand elles sont enfouies, mais il faut alors tenir compte de leur contribution au maintien de la structure des sols (C.N.E.E.M.A., 1975a). Ceci montre aussi une efficacité énergétique plante entière très élevée pour les céréales, supérieure à 6,0.

Enfin, si l'on compare les efficacités énergétiques ainsi obtenues en région nord à celles obtenues par HUTTER (1976, 80) en région toulousaine, on constate une valeur égale pour le blé avec une productivité et un coût égaux, une efficacité supérieure des maïs du sud, en culture sèche ou irriguée, malgré le coût élevé de l'irrigation ( $2\,200 \times 10^6$  cal./ha), en raison d'une productivité supérieure et d'un moindre coût de séchage, une efficacité supérieure des colzas du nord en raison d'une productivité plus forte avec un coût égal.

#### IV. CONCLUSION

Le problème du coût énergétique des entrants des cultures ne doit pas faire perdre de vue d'une part que la finalité première de l'agriculture est de satisfaire des besoins alimentaires et que, d'autre part, le solde est très nettement positif à ce niveau puisque les seules parties récoltées représentent 3 à 4 fois ces entrants. « Comment s'énonce alors le problème abordé ? Compte tenu des ressources naturelles et humaines disponibles, réduire au minimum la consommation d'énergie primaire nécessaire à la satisfaction d'une demande définie quantitativement et qualitativement » (TIREL, 1978).

Des améliorations techniques peuvent contribuer à réduire ces coûts énergétiques, comme l'augmentation du rendement des moteurs thermiques, l'augmentation du

rendement des séchoirs (le brûlage des pailles étant une économie en devises et non en énergie), la diminution des coûts de synthèses industrielles, en particulier pour les engrais azotés. Ils peuvent également être réduits selon des voies agronomiques (façons culturales, adéquation des quantités d'engrais apportées aux besoins réels des cultures), microbiologiques (fixation de l'azote) et génétiques (amélioration variétale). Ainsi l'augmentation des transferts vers l'épi chez les céréales ou vers la graine chez le colza permettrait, à coût énergétique constant, d'augmenter la productivité de la partie récoltée et l'efficacité agricole de la culture, à condition de maîtriser les problèmes de pourriture de tiges. L'amélioration de la précocité des maïs, à productivité égale, est un des objectifs principaux, mais une augmentation de la teneur en protéines du grain ou de la plante entière pourrait aussi contribuer à notre autonomie. La sélection de pois protéagineux de type réellement hiver permettra sans doute d'augmenter la productivité de cette culture. Enfin l'étude des interactions génotypes-milieux permettra d'une manière générale de mieux valoriser les entrants énergétiques des cultures.

Les notions d'autonomie et d'économie sont par ailleurs relatives puisque le calcul théorique montre qu'il est légèrement plus efficace (3,7 contre 3,5) de produire 160 q de blé sur 2 ha de façon très intensive plutôt que sur 3 ha de façon peu intensive et apparemment peu coûteuse. De même s'il existe des différences importantes de coûts des différentes cultures, en revanche, et compte tenu des réserves que nous avons formulées, les efficacités énergétiques sont proches pour les plantes bien adaptées à leur milieu de culture où les investissements élevés sont donc bien valorisés. La marche vers une agriculture réellement « plus économe et plus autonome » pourrait alors se faire par le choix des espèces, des variétés, des fertilisations et des techniques culturales conduisant à la meilleure efficacité énergétique pour des besoins alimentaires donnés dans un contexte économique donné, en tenant compte de la nécessaire et impérative protection du milieu, au sein de rotations équilibrées. Enfin, même s'il convient de ne pas généraliser trop rapidement ces résultats qui ne concernent directement qu'une région précise du nord de la France, leur étude devrait permettre de prendre en compte de façon plus précise les coûts, répartitions des coûts et bilans énergétiques des cultures parmi les critères de sélection.

Reçu le 12 décembre 1981.

Accepté le 15 mai 1982.

#### REMERCIEMENTS

Nous remercions W. HUTTER (I.N.R.A., Station d'Agronomie, Centre de Recherches de Toulouse) pour l'aide qu'il nous a apportée lors de la réalisation de ce travail.

#### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Boyardieu J., 1975. Rendement énergétique de la production agricole, les bilans d'énergie. *Agriculture*, 386.
- C.N.E.E.M.A. Etudes :  
 1975a n° 404 : Essai sur l'énergie dans l'agriculture ou dans le système agro-alimentaire en France.  
 1975b n° 408 : L'activité agricole et l'énergie (2<sup>e</sup> essai de réflexion).  
 1976 n° 421 : L'énergie en agriculture, et l'agriculteur face à la crise de l'énergie (tome 1).  
 1978 n° 439 : Traduction rapide d'un rapport sur l'énergie pour l'agriculture mondiale (tome 1).  
 1979a n° 457 : Application de l'analyse énergétique à 14 exploitations agricoles.  
 1979b n° 458 : L'analyse énergétique de l'acte agricole.

- Hutter W., 1976. Energie consommée pour la production de quelques cultures. *C.R. Acad. Agric. Fr.*, 62, 297-308.
- Hutter W., 1980. Consommation et bilan d'énergie. *Séminaire C.E.E. Systèmes de culture*, Toulouse, 7-8-9 Mai 1980.
- Poly J., 1978. *Pour une agriculture plus économe et plus autonome*. I.N.R.A., juillet 1978, 75 pages ronéotées.
- Tirel J.-C., 1978. *Comment valoriser les résultats de l'analyse énergétique en agriculture ? Quelques réflexions méthodologiques*. I.N.R.A., septembre 1978, 50 pages ronéotées.