

É C O N O M I E D ' É N E R G I E E T P R O D U C T I O N F O U R R A G È R E

UN AGRICULTEUR-ÉLEVEUR DISPOSE D'UNE SURFACE, DE BATIMENTS, DE MATÉRIEL, DE CHEPTEL. EN AYANT RECOURS A DES TECHNIQUES ADAPTÉES, MISES EN ŒUVRE dans le cadre d'un système de production donné, il s'efforce de gagner sa vie et d'entretenir, voire d'améliorer son outil de production.

Il se trouve que des événements économiques mondiaux et récents : crise de l'énergie, embargo temporaire sur le soja, se sont manifestés comme sources de contraintes supplémentaires à celles qu'il avait l'habitude de considérer. Ces événements, en particulier le second, ont eu une répercussion directe sur les charges des entreprises et, par contre-coup, sur le revenu net des exploitations. Les données exposées par CARLES, au cours de cette session, illustrent parfaitement l'importance de ces effets. La crise de l'énergie risque de se manifester de façon plus durable. Il semble donc important de consacrer quelques instants de réflexion à l'analyse de situations actuelles et prévisibles de certains types d'entreprises, puis, partant d'éléments connus actuellement, d'estimer le bien-fondé de l'adoption de telle technique, en tenant compte d'une raréfaction (ou d'un accroissement inéluctable de coûts) des ressources en énergie auxquelles on a recours sans s'être soucié par trop de leur coefficient de valorisation jusqu'à présent.

Sur la base de quelques exemples, nous nous livrerons à des réflexions sur ces thèmes, rejoignant, pour une large part, les préoccupations générales exposées par M. HENIN au début de cette session.

I. Les répercussions économiques perceptibles des crises mondiales.

Grâce aux données du RICA, il est possible d'apprécier les effets, d'ailleurs pondérés, des crises de l'énergie et du soja, constituant important des aliments du bétail, sur l'économie d'une entreprise moyenne : 20 à 50 ha, pratiquant un système de production bovine.

La décontraction partielle du chapitre des « consommations intermédiaires » se présente de la manière suivante, pour les années 1972 et 1973.

Tableau 1

	1972	1973	Taux d'accroissement
Consommations intermédiaires totales ..	24 970 F (749 F/ha)	31 686 F (956 F/ha)	26,9 %
dont :			
Travaux par tiers	1 258	1 669	32,6 %
Entretien du matériel	2 813	3 111	10,6 %
Carburants et lubrifiants	1 408	1 455	3,3 %
Aliments du bétail	8 999	11 829	31,4 %
Frais spéciaux d'élevage	2 504	3 189	27,3 %
Semences et plants	734	1 028	40,0 %
Engrais et amendements	4 323	5 722	32,3 %

On voit que les postes les plus importants : aliments du bétail, engrais, sont affectés d'une hausse de plus de 30 %. L'effet de la crise de l'énergie ne s'est que partiellement fait sentir sur les carburants, mais les données citées par CARLES en projection pour 1974 ne laissent aucune illusion, même si la levée de l'embargo sur le soja se traduit par une réduction des coûts des aliments.

A terme, tous les éléments de consommation intermédiaires incluant une part importante d'énergie fossile et de valeur ajoutée vont devenir de plus en plus onéreux. Il est donc impérieux d'examiner, en termes d'efficacité, c'est-à-dire de rapport produit/charge, et, en première analyse, sous un aspect physique, s'il est justifié d'avoir recours à des techniques que nous avons recommandées sans nous soucier d'un bilan mondial de disponibilité de ressources en énergie fossile.

II. Fertilisation des prairies et cultures fourragères.

En dehors de la rationalisation du mode d'exploitation des prairies, l'un des facteurs importants du progrès fourrager est l'utilisation des fumures.

De la revue « SPAN », je tire les éléments de base suivants :

Energie nécessaire à la production d'une unité d'élément fertilisant :

Azote	19.200 calories (1 kg de N)
Acide phosphorique	2.880 calories (1 kg de P ₂ O ₅)
Potasse	1.920 calories (1 kg de K ₂ O)

Reprenant les résultats d'essais de fertilisation de prairies naturelles, réalisés par l'I.T.C.F. et l'I.N.R.A., cités par LAISSUS lors de la réunion d'hiver de 1974 et publiés dans « Fourrages » n° 58, il est possible d'estimer, en terme de bilan d'énergie, l'efficacité des apports d'engrais azotés (les plus dispendieux en énergie fossile par unité fertilisante).

Le tableau 2 résume les éléments de cette traduction, où l'on considère que le fourrage produit a une valeur énergétique moyenne de 0,75 UF/kg de matière sèche, ce qui est justifié par le fait qu'il s'agit de prairies pâturées (1 UF = 3.500 cal.).

Tableau 2

Fertilisation		Ardennes	Haute-Marne
N = 0	Production	6,1 t de M.S.	8,0 t de M.S.
	Equivalent UF	4.500 UF	6.000 UF
	Equivalent calories	15,75 × 10 ⁶ cal.	21,0 × 10 ⁶ cal.
N = 80	Dépense énergétique	1,60 × 10 ⁶ cal.	1,60 × 10 ⁶ cal.
	Accroissement Rend ^t	4,85 × 10 ⁶ cal.	0,84 × 10 ⁶ cal.
	Produit		
	Rapport $\frac{\text{Produit}}{\text{Charges}}$	3,00	0,52
N = 160	Dépense énergétique	3,10 × 10 ⁶ cal.	3,10 × 10 ⁶ cal.
	Accroissement Rend ^t	6,90 × 10 ⁶ cal.	2,10 × 10 ⁶ cal.
	Produit		
	Rapport $\frac{\text{Produit}}{\text{Charges}}$	2,20	0,67
N = 240	Dépense énergétique	4,60 × 10 ⁶ cal.	4,60 × 10 ⁶ cal.
	Accroissement Rend ^t	8,90 × 10 ⁶ cal.	4,20 × 10 ⁶ cal.
	Produit		
	Rapport $\frac{\text{Produit}}{\text{Charges}}$	1,93	0,91

Il existe donc des situations dans lesquelles la valorisation d'un apport d'énergie sous forme de fertilisation azotée est bonne, d'autres où elle l'est moins.

Dans une optique « d'économie de l'énergie », cette observation prend toute sa valeur, au même titre que l'acquisition de connaissances ou la mise au point de tests qui permettent d'estimer, *a priori*, l'intérêt potentiel de réaliser cet investissement.

Remarquons, en outre, qu'une réflexion sur le « niveau d'intervention » est également importante : dans la prairie ardennaise, les 80 premières unités d'azote apportées ont un « rendement calorique » de 3 pour 1. Ce rapport décroît lorsque la quantité d'engrais est accrue. Le phénomène inverse se produit sur le peuplement à base de Ray-grass anglais, Trèfle blanc de Haute-Marne : rien ne dit (et l'on peut regretter de n'avoir pas d'autres traitements) que si la quantité d'azote apportée avait atteint 300 kg, par exemple, le rapport Produit/Charges n'aurait pas dépassé le seuil de l'unité.

D'ailleurs, ce seuil d'équivalence est à examiner plus à fond. En effet, il s'applique au cas où l'on récupérerait l'énergie contenue dans le fourrage, en combustion dans une bombe calorimétrique. Dans la réalité, l'herbe supplémentaire produite est destinée à l'alimentation d'animaux qui en utilisent une fraction pour la couverture de leurs besoins vitaux, le reste servant à assurer leur croît ou leur production. SPEDDING cite des coefficients d'efficacité dans la transformation de l'énergie, à la sortie de la ferme, qui sont repris dans le Tableau 3.

Tableau 3

Produits végétaux				Produits animaux
Pays tropicaux		Pays tempérés		
Riz	3 à 34	Blé.....	2,2	Vache de réforme +
Maïs	40	Maïs	2,8	Lait
Canne à sucre ..	11	Avoine	2,0	Agneau d'herbe
Patate douce	4 à 16	Orge	1,8	Poulet
Banane	130	Betterave sucre ..	1,8	Poule de réforme +
		Pommes de terre	1,1	œufs

224 Revenant, sur ces bases, à l'analyse du cas examiné précédemment, si l'on valorise à travers une production laitière (et la récupération des carcasses des

animaux de réforme), un accroissement de rendement fourrager, pour atteindre un rapport unitaire entre le produit final et les charges supplémentaires consenties en engrais, il faut qu'au niveau de la production primaire d'herbe on observe un taux de valorisation de l'énergie supplémentaire fournie de

$$\frac{1}{0,62} = 1,6 \text{ environ.}$$

Les coefficients de 3, 2,2, 1,93, deviennent, en production finale Lait + Vache de réforme = 1,9 - 1,37 - 1,2. Si l'on avait fait consommer l'herbe de la prairie ardennaise par des agneaux, seul le traitement à 80 kg/N/ha aurait été justifié sous l'angle où nous nous plaçons.

A ces éléments de réflexion relatifs à la fertilisation des prairies permanentes, il convient d'ajouter ceux qui se rapportent aux cultures d'herbe, plus spécifiquement à celles de graminées. Transposant en termes d'énergie les données rapportées par PLANCQUAERT, qui recherche à travers un critère d'accroissement de production de matière sèche à optimiser l'emploi de l'azote sur diverses variétés, on trouve que l'équilibre Produit/Charges est atteint si, pour 1 kg d'élément fertilisant supplémentaire, on obtient 7 kg de matière sèche au stade de « pâture » et 11 à 12 kg au stade « fauche », compte tenu de l'évolution moyenne de valeur énergétique décrite par DEMARQUILLY. Ces deux limites encadrent le niveau de 10 kg de matière sèche auquel PLANCQUAERT a fait allusion. Mais une autre conclusion apparaissait de son exposé : la réaction différentielle des variétés qui, par exemple, se traduisait par le fait qu'il n'est pas opportun de fournir plus de 160 kg N/ha à Ariès, alors que l'optimum d'apport dans le cas de Prairial est de 280 kg. Cette donnée expérimentale est à mettre en parallèle avec les résultats d'une étude faite en 1959 par Mme BLANC, analysant la réaction de deux variétés à des concentrations croissantes en azote d'une solution nutritive. (« Fourrages », n° 4.)

Tableau 4

Concentration en NO ₃ de la solution	Poids des pertes aériennes des plantes	
	Ariès	Floréal
1 me/NO ₃ /litre	17,3	14,75
5 me/NO ₃ /litre	30,8	26,9
15 me/NO ₃ /litre	44,0	83,6

Un test relativement simple doit donc permettre aux sélectionneurs de préparer, entre autres, un matériel apte à fournir de bons rendements même si les quantités de fertilisation azotée qu'on lui fournit sont limitées.

Je n'insisterai pas sur l'intérêt des associations « graminées-légumineuses » qui ressort suffisamment des exposés de PICARD et PLANCQUAERT. Simplement, il me paraît utile de relancer les études sur ces thèmes.

III. Les modes d'exploitation des prairies et cultures fourragères.

Nos collègues Zootechniciens nous ont rappelé comment, en réexaminant les conditions d'alimentation de divers types d'animaux, il était possible, sans pour autant abaisser les performances, voire même en les améliorant, de mieux valoriser les fourrages classiques.

Deux thèmes ont particulièrement retenu mon attention : l'un se rapporte à la conduite de l'exploitation de l'herbe en période de production, l'autre à la constitution des réserves hivernales car bon nombre d'exploitations d'élevage se situent dans des zones où l'on doit affourager les animaux pendant 4 à 6 mois à partir de foin, d'ensilage ou de produits traités par la filière industrialisée de la déshydratation à laquelle on a reconnu l'intérêt de limiter les pertes généralement encourues en conservation.

a) Pâturage direct ou affouragement en vert.

L'importance des refus en pâturage direct a été l'argument essentiel de promotion du système d'affouragement en vert. S'y adjoignent parfois des considérations de structure du foncier, des bâtiments, etc.

Dans une expérience conduite à Lusignan, rapportée par HUGUET, les résultats physiques suivants ont été obtenus, à partir de cultures identiques exploitées selon l'une ou l'autre des versions :

	<i>Matières sèches disponibles</i>	<i>Matière sèche utilisée</i>
Pâturage direct	6.600 kg	4.365 kg
Affouragement	6.530 kg	6.340 kg
		Différence : 1.975 kg

Il s'agissait de cultures de Ray-grass d'Italie exploitées par des vaches laitières. On peut donc estimer que l'énergie contenue dans ces 1.975 kg de matière sèche correspondait à : $1.975 \times 0,7 \text{ UF/kg} \times 3.500 \text{ cal.} = 4,84 \times 10^6 \text{ cal.}$

Pour exploiter en pâturage rationné, on estime qu'il faut 10 h de main-d'œuvre/ha et que la coupe des refus (1 fois par an) consomme 1,5 h de tracteur et de main-d'œuvre. Ces travaux correspondent sensiblement à une dépense d'énergie de *68.850 cal.*

La voie de l'affouragement, pour une même surface de 1 ha, et pour une production annuelle correspondant aux 6.500 kg de M.S. de la parcelle, en 3 ou 4 exploitations nécessite environ :

7 h de main-d'œuvre

7 h de tracteur + remorque à déchargement latéral ;

ce qui équivaut sensiblement à une charge de *316.000 cal.*

(Dans les 2 calculs on a imaginé que

— 1 homme/jour = 3.200 cal.

— le même tracteur de 50 CV consommant 5 lit./h était employé).

Le bilan s'établit donc ainsi :

— Fourrages récupérés en supplément	$4,84 \times 10^6 \text{ cal.}$
— Dépenses supplémentaires	$2,5 \times 10^6 \text{ cal.}$
— Bénéfice au profit de l'affouragement	# $4,6 \times 10^6 \text{ cal.}$
soit l'équivalent de	1.300 UF
pour lesquelles on a dépensé en plus environ..	80 UF

Naturellement, ne sont prises en compte, dans ce calcul, que les charges spécifiques de l'opération, comme le diraient les économistes. En matière de charges fixes, la différence est faible si l'on admet que l'on doive, en tout état de cause, faucher des refus au moins une fois par an sur une parcelle : il reste à imputer en supplément pour le système de l'affouragement, 1 remorque-autochargeuse qui, pour sa fabrication et sa livraison, a nécessité une consommation d'énergie.

Si on l'amortit sur 6 ou 7 ans, elle aura, à ce rythme, permis la récupération de 30 millions de calories environ, ce qui n'est pas négligeable et correspond à près de 9.000 UF, soit 2 récoltes de 45 q. d'orge !

Il faut donc bien peser les décisions que l'on prend, et toute mécanisation n'est pas obligatoirement à proscrire, même en ces temps où l'on préconise des économies de carburants.

b) *Analyse de 4 filières de production de récolte et de conservation de fourrages.*

Les éléments en sont présentés dans le tableau 5.

Ces 4 filières sont :

Maïs fourrage :	déshydraté ensilé	}	Production de 10.000 UF/ha au champ
Luzerne :	fanée au champ post-séchée en ventilation chaude	}	10 t. de MS/ha

Les quantités d'énergie produites et consommées pour la réalisation des différentes opérations culturales sont, naturellement, des approximations normalisées.

Tableau 5

MAIS	LUZERNE
10.000 U.F./ha 150 kg de P ₂ O ₅ et K ₂ O 200 kg de N	10 t/MS/ha → 6.500 UF 100 kg de P ₂ O ₅ et K ₂ O
Culture { Main-d'œuvre 5.000 cal. { Traction 1.665.000 cal. et { Fertilisation 4.560.000 cal. Récolte { Désherbage 30.000 cal.	Main-d'œuvre 8.300 cal. Traction 900.000 cal. Fertilisation 480.000 cal.
6.260.000 cal. # 6,3 × 10 ⁶ cal.	1.388.300 cal. # 1,4 × 10 ⁶ cal.
Valeur énergétique du produit brut au champ # 35 × 10 ⁶ cal. # 22,75 × 10 ⁶ cal.
↙ ↘ <i>Ensilage</i> <i>Déshydratation</i>	↙ ↘ <i>Fanage au sol</i> <i>Post-séchage</i>
Pertes : 2 à 3 % Valeur énergétique 0,7 à 1,0 × 10 ⁶ cal.	Pertes de 25 % 5,0 × 10 ⁶ cal.
Consommation d'énergie 18 × 10 ⁶ cal.	Consommat. d'énergie et pertes de valeur 5,0 × 10 ⁶ cal. + 2,0 × 10 ⁶ cal.
<i>Bilans :</i> Produit brut 35,0 × 10 ⁶ cal. 35,0 × 10 ⁶ cal. Charges Prod. 6,3 × 10 ⁶ cal. 6,3 × 10 ⁶ cal. » Conserv. — 18,0 × 10 ⁶ cal. Pertes » 1,0 × 10 ⁶ cal. —	22,75 × 10 ⁶ cal. 22,75 × 10 ⁶ cal. 1,4 × 10 ⁶ cal. 1,4 × 10 ⁶ cal. — 5,0 × 10 ⁶ cal. 5,0 × 10 ⁶ cal. 2,0 × 10 ⁶ cal.
Produit net 27,7 × 10 ⁶ cal. 10,7 × 10 ⁶ cal.	16,35 × 10 ⁶ cal. 19,35 × 10 ⁶ cal.

Il ressort quelques conclusions très évidentes de l'examen de ce tableau, qui indique des ordres de grandeur.

Dans le cas du Maïs, produit relativement favorable à la filière déshydratation puisque l'on récolte un matériau dont la teneur en matière sèche est de l'ordre de 30 à 35 %, on réduit de façon considérable l'effet du travail de la photosynthèse par le recours à cette opération. A la sortie du champ, le rapport produit/charges est de l'ordre de 5,5. Il se trouve ramené à 1,7 à la sortie de la déshydrateuse, ce qui est à peine supérieur à 1,6, barrière en dessous de laquelle la valorisation d'un produit par une vache laitière dont on exploite la carcasse en fin de carrière nécessite un apport complémentaire d'énergie !

Par contre, le Maïs ensilé laisse un produit net disponible 4,4 fois plus élevé que l'apport d'énergie qui lui a été fourni. En le valorisant à travers la même filière (vache laitière + carcasse), l'homme récupère 2,7 fois plus d'énergie qu'il n'en a fourni au système de production.

La Luzerne valorise potentiellement les charges engagées pour l'amener au stade coupé, sans perte au fanage, à un coefficient qui atteint presque 16. Les pertes courantes par fanage au champ ramènent ce coefficient à une valeur voisine de 11, soit encore 2 fois plus que pour le Maïs à la sortie du champ.

La justification du post-séchage ressort très nettement : pour une très faible dépense d'énergie, de l'ordre de $2 \text{ à } 5 \times 10^3$ calories, selon que l'on ventile seulement ou que l'on réchauffe l'air, on limite statistiquement les pertes de valeur énergétique du fourrage traité de 3×10^6 calories : le rapport entre charges et produit est donc de l'ordre de 1.000 !

IV. Conclusion.

Ce coup d'œil insolite sur des problèmes que nous avons abordés jusqu'alors sous d'autres angles, fait apparaître le poids de critères actuels et futurs de choix des techniques de production, de traitement, d'utilisation des fourrages. Il relance donc des réflexions à tous les niveaux des processus de production : de la nature du matériel végétal employé à celle du transformateur final retenu ou à retenir.

Vraisemblablement, l'homme trouvera des solutions lui permettant de disposer de l'énergie qui lui est nécessaire pour survivre et poursuivre ses activités consommatrices, mais productrices. Il est cependant difficile d'imaginer qu'une distribution très dispersée de l'énergie produite par des centrales électriques nucléaires, par exemple, sera aussi aisée que celle du fuel ou de l'essence, sauf si l'on passe par un véhicule issu d'une transformation supplémentaire qui pourrait être l'hydrogène. Mais toute transformation s'effectue avec un rendement inférieur à l'unité !

L'agriculture, par vocation, consomme de façon très dispersée, puisqu'elle s'occupe de 80 à 85 % de la surface totale du territoire. Elle a besoin, pour faire face à une demande croissante de ressources alimentaires, d'accroître encore sa production. Nous avons vu que d'autres voies qu'une surconsommation d'énergie pouvaient permettre, dans le domaine restreint des productions fourragères et de leur utilisation, d'améliorer l'efficacité des opérations qu'elle engage, avec l'aide des transformateurs d'énergie solaire que sont les végétaux. Améliorer ces derniers pour leur capacité spécifique de photosynthèse est une piste de travail déterminante pour notre avenir : nos Chercheurs sont d'ailleurs engagés dans cette voie.

J. REBISCHUNG.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- R. LAISSUS : Possibilités d'amélioration de la prairie permanente française. *Fourrages*, n° 58, p. 41-62, 1974.
- J. DUJARDIN, J. REBISCHUNG : L'amélioration des espèces prairiales. Buts, Méthodes, Portée générale. *Fourrages*, n° 4, p. 26-45, 1960.
- L. HUGUET, A. MOURGUET, Y. LE MEUR : Utilisation des fourrages. *Fourrages*, n° 41, p. 223-242, 1970.
- C. DEMARQUILLY, P. WEISS : Tableau de la valeur alimentaire des fourrages. *Etude S.E.I.* n° 42, p. 64, 1970.
- R. JARRIGE et al : Préparation et utilisation des fourrages conservés. Supplément à la Revue *Fourrages* n° 55, p. 315, 1973.
- C.R.W. SPEDDING, J.H. WALSINGHAM : Energy use in agricultural systems. *Span*, 18 janvier, p. 7-9, 1975.