

LES DÉPENSES D'ÉNERGIE DANS LES SYSTÈMES DE RÉCOLTE ET DE CONSERVATION DES FOURRAGES

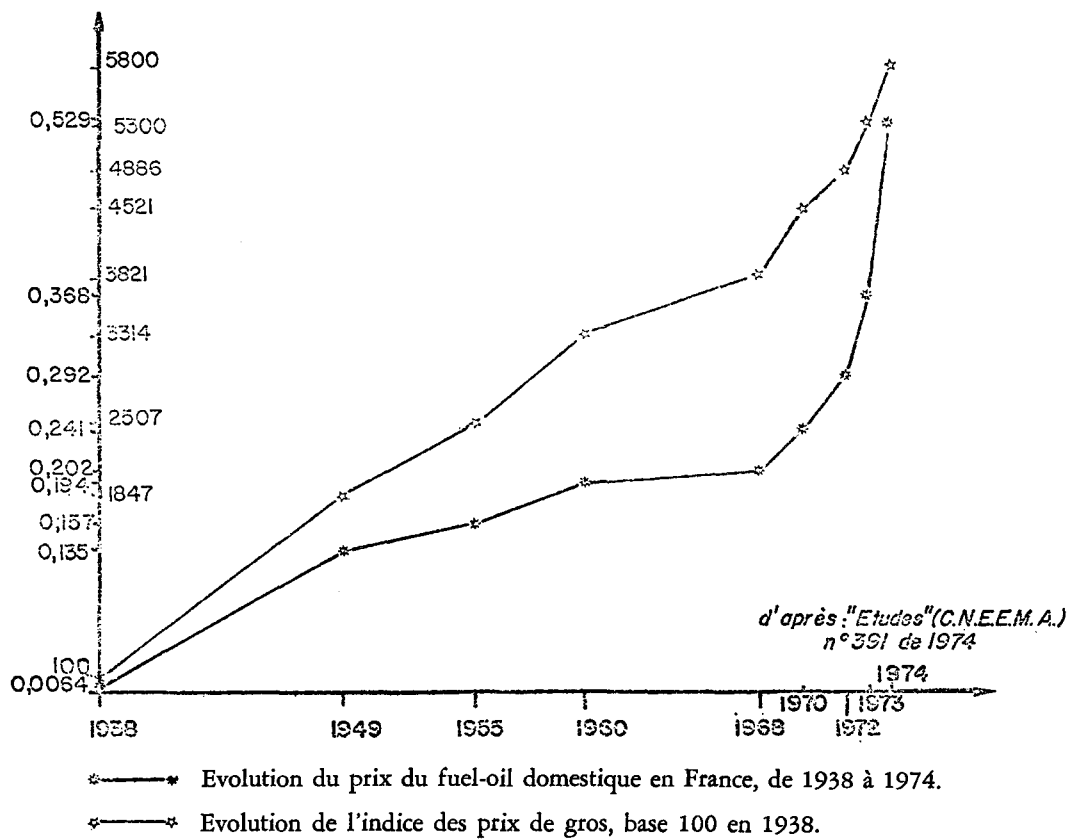
I. — GÉNÉRALITÉS

L'UN DES PLUS GRANDS SUJETS DE PRÉOCCUPATION DE L'AGRICULTEUR AU COURS DE CES DEUX DERNIÈRES ANNÉES EST, AVEC LES DIVERSES FLUCTUATIONS DU coût des protéines, l'augmentation non réversible et considérable du prix de l'énergie due à la nouvelle politique des pays producteurs.

L'agriculture, dans une proportion plus faible que l'industrie, est tributaire pour une large part des produits pétroliers. En effet, la part des travaux agricoles dans la consommation du pétrole est passée en vingt ans, de 1952 à 1972, de 770.000 tonnes à 2.780.000 tonnes, ce qui correspond presque à un quadruplement. Cet accroissement, considérable en valeur absolue, correspond à une baisse en valeur relative (de 5,3 à 2,5 %), due à l'accroissement bien plus important de la consommation industrielle.

Au total, la consommation d'énergie dérivée du pétrole par l'agriculture et les activités annexes, c'est-à-dire les travaux agricoles, le séchage, la déshydratation, le chauffage des locaux, atteint 3,750 millions de tonnes.

On peut estimer que 80 % des besoins énergétiques sont assurés directement par des produits pétroliers et que 20 % viennent de l'électricité. L'engouement pour les premiers, constaté au cours de la première décennie, est dû aux commodités d'utilisation et surtout à la baisse continue des prix en valeur relative, que concrétise le graphique suivant.



1) Nature des besoins en énergie de l'agriculture.

Les besoins en énergie de l'agriculture sont donc de différentes formes.

— Tout d'abord *les travaux agricoles*, qui supposent la mise en œuvre de moyens mécaniques faisant appel à l'énergie thermodynamique des moteurs, obtenue à partir de combustibles ou carburants dérivés du pétrole (fuels, essence).

— Puis *les activités de traitement par chauffage*, telles que le séchage des grains, la déshydratation des fourrages, le réchauffage des serres.

— Enfin, la fabrication de produits mettant en jeu l'énergie comme les engrais, les produits phytosanitaires, ou provenant eux-mêmes de produits pétroliers (plastique, produits dérivés).

En ce qui concerne notre propos, nous ne nous attacherons qu'à l'étude des deux premiers points et en particulier aux consommations d'énergie entraînées par les travaux de récolte ainsi que par la mise en œuvre de certains systèmes de conservation des fourrages.

2) Origine de la dépendance actuelle de l'agriculture vis-à-vis des sources d'énergie extérieures pour l'exécution des travaux agricoles.

L'évolution constatée au cours des dernières décennies réside essentiellement dans le remplacement de l'énergie animale par l'énergie mécanique (énergie thermodynamique) des moteurs, accéléré par la raréfaction de la main-d'œuvre et le remplacement progressif de celle-ci par la machine pour des raisons tant de pénibilité que de prix de revient.

C'est ainsi que l'on est passé de 3 millions d'unités de traction (chevaux) pour 33 millions d'hectares de S.A.U. en 1930-1938, à 1,35 million de tracteurs d'une puissance moyenne de 38 ch pour 30 millions d'hectares de S.A.U. en 1972-1973 ; ceci correspond en énergie spécifique à un passage de 145 ch/hectare/an sur la base de 1.600 heures de travail annuel, avant la dernière guerre, à 350 ch/hectare/an, répartis sur une moyenne de travail de 620 heures.

C'est dire que cette transition de la traction animale à la traction mécanique s'est traduite par un accroissement considérable de l'énergie appliquée à l'unité de surface (environ 240 %) accompagné d'une réduction corrélative du temps de travail annuel moyen, de l'ordre de 260 %.

Cette évolution s'accompagne, eu égard aux consommations d'énergie, d'un changement radical des besoins en carburant primaire. En effet, ceux-ci qui étaient jusqu'alors satisfaits par l'agriculture elle-même à partir des ressources céréalières et fourragères propres à l'exploitation (avoine), se sont trouvés transférés à des produits pétroliers extérieurs à celle-ci.

C'est dire que l'agriculture est passée, en quelques décennies, d'un état d'autosuffisance, donc d'indépendance énergétique, à un état de dépendance vis-à-vis de sources extérieures à la fois à l'exploitation et au territoire national.

Il faut toutefois reconnaître que la mécanisation a entraîné une croissance économique importante par une meilleure valorisation du territoire, due tant à l'accroissement de l'efficacité de l'agriculture qu'aux conditions de travail meilleures qu'elle suggère.

En particulier, des surfaces importantes, jadis destinées à l'alimentation des moyens de traction qu'étaient les chevaux, ont pu être rendues disponibles pour d'autres cultures plus rentables. C'est ainsi que les surfaces emblavées en avoine sont passées de 3,2 millions d'hectares à 0,7 million d'hectares, soit un gain de 2.500.000 hectares.

Enfin, l'intérêt de la mécanisation n'est plus à démontrer et on lui reconnaît en général les mérites suivants :

- accroissement de l'efficacité et de la qualité du travail (14 % de la population active travaille la terre, contre 38 % avant la dernière guerre) ;
- augmentation de la rapidité d'exécution des travaux avec une meilleure indépendance vis-à-vis des facteurs climatiques ;
- diminution de la pénibilité des tâches (économie de fatigue).

Il s'agit donc là d'un acquis non négligeable sur le plan humain qui fait que le processus de la mécanisation est irréversible. Le maintien à la terre d'un minimum de nouvelles générations et la mise en valeur soutenue, sinon améliorée, des 30 millions d'hectares de S.A.U. actuels passent par cette indispensable mécanisation, c'est-à-dire par une *dépendance* certaine vis-à-vis de l'énergie primaire que constituent les produits pétroliers.

En conséquence, compte tenu sinon de la rareté mais du coût de ces produits dont une grande partie est consommée sous forme de fuels domestique ou lourd, il s'agit de déterminer la part des techniques de récolte et de conservation des fourrages dans cette consommation, ainsi que les moyens — s'ils existent — de réduire celle-ci.

3) Sources de consommation d'énergie en matière de récolte et de conservation des fourrages.

L'agriculture s'avère consommatrice de produits pétroliers à différents stades de la production, mais plus particulièrement au niveau :

- des travaux mécaniques, qui supposent la mise en œuvre de moyens de traction ou de manutention, grâce à des matériels spécialisés dans les différentes tâches de la récolte et de la conservation des fourrages ;
- des travaux de traitement artificiel des produits pour réaliser soit leur stabilisation en vue de leur conservation, soit leur conditionnement qui facilite leur manutention.

Toutes ces activités font appel à une source d'énergie : fuel ou électricité.

Les moyens de traction représenteraient à eux seuls l'essentiel de la consommation agricole, soit 2,8 millions de tonnes de fuel, cependant que les activités de traitement de produit, qui impliquent un réchauffage (déshydratation des fourrages, séchage des grains, ventilation en grange, chauffage des serres), utiliseraient 1 million de tonnes de fuel.

Au sein des activités agricoles, la récolte et la conservation des fourrages mettent en œuvre essentiellement des moyens de traction et, accessoirement, des procédés de traitement artificiel des produits verts.

a) *Les moyens de traction.*

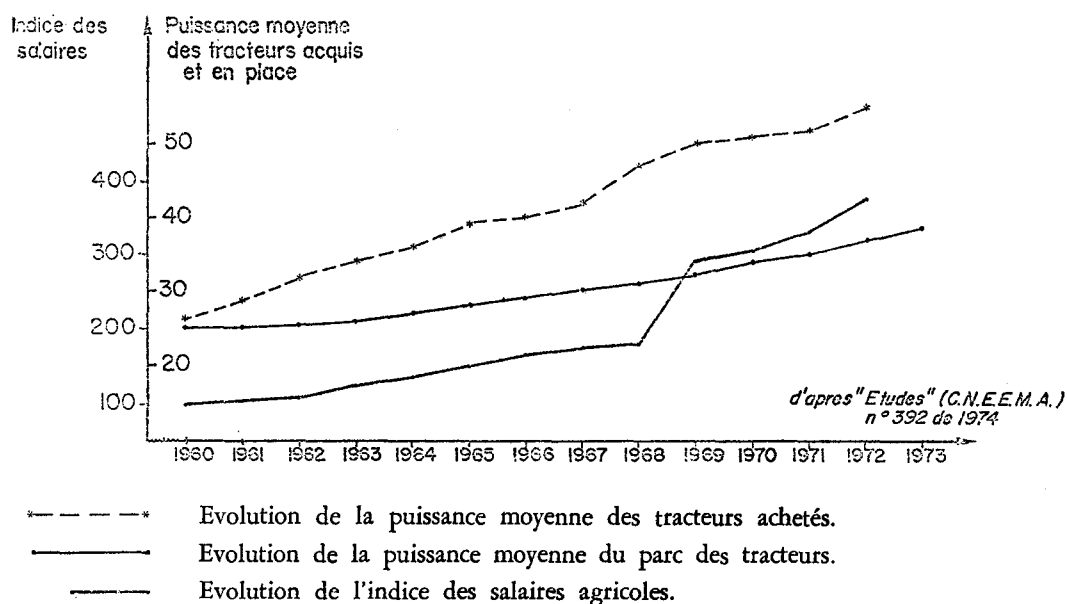
Ils sont représentés essentiellement par les tracteurs et les appareils de récolte automoteurs ou à moteur auxiliaire.

En ce qui concerne les premiers, leur nombre serait de 1,350 million, dont 1,2 million équipés de moteur diesel. Ce dernier type, qui s'est considérablement développé depuis 1956, année où fut mise en application la détaxe du carburant agricole, a supplanté rapidement les moteurs à essence, voire à pétrole, apparus dans l'immédiat après-guerre et dont il ne resterait en service que 150.000 unités environ.

On constate que la puissance de ces matériels s'est accrue et tend encore à augmenter avec le temps.

Ainsi, la puissance moyenne des tracteurs diesel en service est de l'ordre de 40 ch, cependant que celle des tracteurs à essence utilisés il y a vingt ans atteignait en moyenne 20 ch.

L'évolution se fait vers des engins de plus en plus gros, de plus en plus performants et ce au fur et à mesure que la main-d'œuvre se raréfie et que, corrélativement, les charges salariales augmentent (voir graphique ci-dessous).



On assiste ainsi à un transfert progressif de l'énergie humaine vers l'énergie mécanique. Cette évolution actuelle de la puissance des engins de traction qui conduit à un développement considérable de la gamme des tracteurs de 60 à 80 ch — cette limite supérieure optimale permettant de faire face à la majorité des situations difficiles — ne s'arrête pas à ce niveau moyen et certains travaux, dans de très grosses exploitations ou dans des situations particulières, nécessitent le recours à des engins dépassant les

On arrive ainsi à n'être plus limité en puissance mais en *adhérence*, car la quasi-totalité des tracteurs agricoles est à roues avec l'inconvénient majeur de ce type d'équipement qui est un coefficient de glissement assez élevé, le poids du tracteur ne pouvant pas être alourdi à l'infini et le rapport puissance/poids devenant élevé de ce fait.

Pour pallier ces inconvénients, on a recours à l'adoption des quatre roues motrices qui permet une meilleure répartition de l'effort de traction.

Enfin, ces moteurs de plus en plus puissants ont aussi des exigences en matière de consommation qu'il ne faut pas négliger. Celles-ci sont directement liées à la puissance nominale et au degré d'utilisation de cette dernière.

Comme l'indique le tableau ci-après, les moteurs à essence s'avèrent plus gourmands en énergie que les moteurs diesel. En effet, leur consommation spécifique atteint 0,19 l/ch/heure, contre 0,10 l/ch/heure pour le deuxième type.

TABLEAU I
CONSOMMATION SPÉCIFIQUE COMPARÉE
DE DEUX TYPES DE MOTEURS
EN FONCTION DE LA PUISSANCE UTILISÉE
(grammes/ch/heure)

% puissance max. . .	33	50	66	75	100
<i>Type moteur :</i>					
Diesel (F.O.D.)	265	225	200	190	061
Essence	480	360	310	280	240

Mais comme les moteurs diesel équipent l'essentiel du parc de tracteurs, c'est au niveau de l'utilisation de leurs possibilités en puissance qu'il est intéressant de comparer les consommations de carburant. En effet, beaucoup de

travaux agricoles, au nombre desquels figurent essentiellement des activités de transport, ne requièrent pas beaucoup de puissance, ce qui fait qu'en moyenne, les tracteurs ne sont employés qu'à 38 % de leur capacité. Or, la consommation spécifique optimale est obtenue à partir d'une charge de 75 à 80 % de la puissance maximale, avec 180-190 g de fuel/ch/heure.

TABLEAU II
CONSOMMATIONS SPÉCIFIQUES DES TRACTEURS
(en g/ch/heure) (essais à la p.d.f.)

<i>Charge</i>	<i>30 cb</i>	<i>30-40 cb</i>	<i>40-50 cb</i>	<i>50-60 cb</i>	<i>60-70 cb</i>	<i>70-80 cb</i>	<i>80-90 cb</i>	<i>90 cb</i>
85 %	205	197	194	195	193	190	198	203
75 %	217	218	207	208	204	192	212	219
50 %	253	253	247	242	235	229	239	258
25 %	370	371	362	363	335	338	350	383
Régime normalisé de p.d.f.	200	191	183	188	186	185	187	192

A 38 %, on se trouve dans une phase d'utilisation défavorable où la consommation est de l'ordre de 250 g/ch/heure. Compte tenu de la tendance croissante à l'augmentation des puissances, on peut donc se demander si on ne risque pas pour l'avenir des taux d'utilisation encore plus bas avec le gaspillage d'énergie qui en résulte, d'où l'intérêt de bien peser le choix des tracteurs et d'apprécier au mieux la difficulté et la pénibilité mécanique des tâches à exécuter pour guider celui-ci vers la gamme de puissance la plus susceptible d'absorber les pointes de travail inhérentes aux différents types de spéculation, sans pour cela tomber dans des puissances abusivement élevées.

Il est possible d'ailleurs de concevoir le recours aux services de l'entreprise ou de la C.U.M.A. spécialisée pour l'exécution de certaines tâches exceptionnelles de brève durée, mais exigeantes en puissance, telle la réalisation des opérations d'ensilage de fourrages.

Quoi qu'il en soit, le principe directeur du choix des tracteurs doit rester l'adéquation de celui-ci au travail demandé et aux outils utilisés, une certaine surpuissance pouvant être tolérée pour pallier les à-coups éventuels

et pour tenir compte de certains cas particuliers, de *relief par exemple*, dus à la situation géographique ou topographique du sol, voire à la variété des spéculations pratiquées.

TABLEAU III

PART DES DIFFÉRENTES PRODUCTIONS FOURRAGÈRES
DANS LA CONSOMMATION TOTALE DES PRODUITS PÉTROLIERS
PAR L'AGRICULTURE POUR LES TRAVAUX MOTORISÉS

<i>Cultures</i>	<i>Besoin d'énergie utile/hectare (cb-b/ha)</i>	<i>F.O.D. (l/ha)</i>	<i>Part de la culture dans consommation d'énergie (%)</i>
Prairies artificielles	365	110	4,3
Prairies temporaires	330	100	6,8
Toujours en herbe	230	70	23,2
Betteraves four. et maïs four.	660	200	2,3
Blé tendre de plante sarclée	230	70	3,8
Blé tendre de luzerne	300	90	3,6
Maïs-grain	495	150	5,9
Betterave sucrière	1.320	400	4,3
Moyenne générale par ha S.A.U.	405	120	
Moyenne générale (ha ex- ploité)	290	90	

En ce qui concerne ces dernières, il est certain que les différentes cultures fourragères peuvent être plus ou moins gourmandes en énergie, en particulier selon les modes de culture et de conservation envisagés. L'herbe résultant de la production des prairies naturelles et qui représente un volume important des fourrages traités est généralement conservée sous forme de foin séché naturellement. L'investissement en énergie exprimé en fuel est faible, en particulier en regard de celle demandée par les plantes sarclées, dont le maïs qui nécessite à lui seul 200 l de fuel par hectare pour sa culture.

b) *Le traitement des produits fourragers.*

Les traitements artificiels des fourrages faisant appel à l'énergie calorifique des combustibles, au premier rang desquels figure la déshydratation des fourrages verts, ne semblent pas excéder, pour cette dernière activité, 0,30 à 0,40 million de tonnes de fuel.

En ce qui concerne le séchage en grange, étant donné son importance relative assez restreinte et l'incidence directe des conditions climatiques de l'année sur la consommation d'énergie, on ne peut chiffrer exactement cette dernière, mais il est certain qu'elle demeure, sur le plan national, à un niveau très bas.

**II. — LES SYSTÈMES DE RÉCOLTE ET DE CONSERVATION
DES FOURRAGES: APPROCHE DE LEURS BESOINS EN ÉNERGIE
AU TRAVERS DE CHANTIERS-TYPES
OBSERVÉS EN SITUATION**

TABLEAU IV

**SYSTÈMES DE RÉCOLTE ET DE CONSERVATION
DES FOURRAGES**

<i>Voie humide</i>	<i>Voie sèche</i>
<i>Ensilage d'herbe :</i> — direct, avec ou sans conservateur ; — préfané.	<i>Naturelle</i> (foin traditionnel) : — bottes moyenne densité ou balles cylindriques de grosse taille ; — vrac mécanisé ou meules. <i>Artificielle :</i> Ventilation en grange : — vrac mécanisé. Déshydratation (avec ou sans préfanage) : — basse température ; — haute température.

1) Voie humide : l'ensilage.

C'est une technique de conservation des fourrages verts, plus ou moins riches en eau, qui met en jeu une variété plus ou moins grande de matériels selon que les fourrages sont ensilés directement après récolte ou à la suite d'un temps de préfanage au soleil plus ou moins long, variant avec le degré d'appauvrissement souhaité. Les opérations intermédiaires entraînent, dans ce cas, une certaine complication de la tâche, avec cependant, finalement, des résultats plus que probants, tant au niveau des pertes de matière sèche que de la consommation du produit conservé par les animaux.

Il va de soi que, quels que soient les types de chantiers considérés, des différences importantes peuvent s'observer selon l'adaptation des moyens aux besoins et selon l'organisation des chantiers.

a) Description de chantiers-types.

TABLEAU V

COMPOSITION DE CHANTIERS-TYPES - HERBE EN COUPE DIRECTE

<i>Chantier</i>	<i>Récolte</i>	<i>Transport</i>	<i>Chargement tassement</i>
Agriculteur ..	Ensileuse à fléaux + remorque + tracteur 65 ch + 1 homme	1 tracteur 58 ch + remorque 6-7 m ³ (1,5 t) + 1 homme	<i>Vidange sur tas :</i> 1 tracteur 58 ch avec fourche AV + 1 chauffeur + 2 ouvriers
Entreprise ..	Ensileuse à fléaux double coupe + tracteur 90 ch + 1 homme	2 remorques F.M. (5 t) + tract. 60 et 80 ch + 2 hommes	<i>Vidange sur tas :</i> 1 tracteur 58 ch + fourche frontale + 1 tracteur éparpilleur 40 ch + 1 tracteur tasseur 25 ch

TABLEAU VI
ENSILAGE PRÉFANÉ

<i>a) PREFANAGE</i>		
<i>Coupe</i>	<i>Fanage - Aération</i>	<i>Andainage</i>
Fauçonneuse-conditionneuse à fléaux + tracteur 45 ch + 1 homme (51'/ha)	1 aérofaneur + 1 tracteur 37 ch + 1 homme (34'/ha)	1 rateau faneur + 1 tracteur 55 ch + 1 homme (43'/ha)
8,2 l F.O.D./ha	5 l F.O.D./ha	9,3 l F.O.D./ha
<i>b) RECOLTE</i>		
<i>Récolte</i>	<i>Transport</i>	<i>Chargement - Tassement</i>
1 ensileuse traînée pick-up + 1 tracteur 89 ch	3 remorques bennantes + 3 tracteurs de 70 ch, 45 ch et 45 ch + 3 hommes	1 tracteur de 56 ch avec fourche frontale + 1 homme + 2 ouvriers

TABLEAU VII
COMPOSITION DE CHANTIERS-TYPES - MAIS-PLANTE ENTIÈRE

<i>Chantier</i>	<i>Récolte</i>	<i>Transport</i>	<i>Chargement - Tassement</i>
Agriculteur ..	Ensileuse traînée 1 rang + tracteur 72 ch + 1 homme	2 remorques 6-8 m ³ 2,5 tonnes + 2 tracteurs 64 et 53 ch + 2 hommes	<i>Vidange sur tas :</i> 1 tracteur 58 ch avec fourche frontale
Agriculteur pointe	Ensileuse traînée 2 rangs + tracteur 82 ch (+ remor- que 4 roues 5 t, ensilage en flèche) + 1 homme	1 tracteur 45 ch + 2 remorques 5 t + 1 homme	<i>Vidange au pied du tas :</i> 1 tracteur 56 ch avec fourche frontale + 1 homme

b) *Consommation d'énergie mécanique et humaine.*

Elle sanctionne, en final, le niveau d'organisation des chantiers et l'adaptation des moyens au type et aux conditions de travail.

On peut l'exprimer par des ratios :

- chevaux/tonne-heure de débit de chantier pour les investissements en puissance ;
- heures de main-d'œuvre/tonne de produit ensilé pour les investissements humains qui permettent, par leur comparaison, d'apprécier finalement l'efficacité de tel ou tel type de chantier.

TABLEAU VIII

ÉNERGIE SPÉCIFIQUE COMPARÉE
AU NIVEAU DE DIFFÉRENTS CHANTIERS D'ENSILAGE

<i>Nature ensilage</i>	<i>Cchantier</i>	<i>Main-d'œuvre (heures/tonne M.S.)</i>	<i>Puissance</i>	<i>Consommation F.O.D. (litres/tonne M.S.)</i>
Herbe ...	A	6,50	229	82,75
	E	3,24	153	41,02
	Diff.	— 50,1 %	— 33,2 %	— 50,4 %
Maïs	A	3,49	125	41,30
	Ap	0,76	47,7	10,40
	Diff.	— 78,2 %	— 61,84 %	— 74,81 %

TABEAU IX
ÉNERGIE SPÉCIFIQUE CONSACRÉE
AUX CHANTIERS DE RÉCOLTE D'ENSILAGE D'HERBE
EN DIRECT ET EN PRÉFANÉ

Localisation silos	Puissance (ch/t-h débit)		Main-d'œuvre (heures/tonne ensilée)	
	Produit humide	Matière sèche	Produit humide	Matière sèche
<i>Blain :</i>				
1	22	163	0,466	3,44
2	21,8	152	0,461	3,22
3	22	145	0,467	3,06
<i>Les Bouillons:</i>				
1	43,97	127	0,824	2,38
2	21,36	71	0,524	1,74
<i>Sainte-Même :</i>				
1	27,37	83	0,482	1,47
2	30,16	97	0,528	1,70

TABEAU X
COMPARAISON DE L'ÉNERGIE SPÉCIFIQUE
UTILISÉE PAR DIFFÉRENTS TYPES D'ENSILAGES

Nature ensilage	Chantier	Main-d'œuvre heures/tonne M.S.	Puissance (ch/t-h débit chantier M.S.)	Consommation F.O.D. (litres/tonne M.S.)
Herbe direct	Entreprise	3,24	153	41,02
Herbe préfan.	C.U.M.A.	1,74 (0,6 préfanage)	77	20,4 (6,2 préfanage)
Maïs	Agriculteur	0,76	48	10,40

Les tableaux ci-dessus, relatifs aux chantiers décrits plus haut, montrent que :

- pour un type de chantier donné, herbe ou maïs, les différences d'investissement en énergie (traction, heures de travail) peuvent être considérables. La puissance des moyens mécaniques et leur judicieuse application aux différentes phases du chantier réduisent considérablement la part de la main-d'œuvre — poste coûteux — cependant qu'elle limite la consommation d'énergie par une meilleure utilisation de la puissance disponible et des capacités des matériels mis en œuvre ;

L'idéal, en la matière, semble être atteint par le chantier réalisé par trois personnes : une par phase (récolte, transport, chargement-tassement du silo), avec recours à la remorque à quatre roues, assez peu utilisée en agriculture, et à l'attelage en flèche derrière l'ensileuse ;

- en ce qui concerne le type de fourrage considéré, le maïs semble autoriser des chantiers plus performants en raison de son rendement/hectare instantané plus élevé, donc d'une plus grande efficacité potentielle de travail des appareils de récolte ;
- le traitement subi par l'herbe (préfanage au champ) autorise des débits de chantiers supérieurs grâce à une réduction considérable de la teneur en eau du fourrage et à un regroupement des andains qui autorise un maximum d'efficacité de la part des appareils de récolte.

Finalement, on observera que l'énergie spécifique requise dépend, en sus de l'organisation des chantiers, de la nature du fourrage traité, c'est-à-dire plus particulièrement de sa teneur en matière sèche et de son rendement à l'hectare.

Il est certain que l'homme peut avoir une action sur l'un et sur l'autre tant par l'emploi de techniques culturales plus élaborées que par l'adoption de techniques de traitement des fourrages susceptibles d'accroître artificiellement leur teneur en matière sèche par une certaine durée d'exposition au soleil dispensateur d'énergie gratuite.

c) *Causes de fluctuations observées dans les performances et consommations.*

La récolte et la conservation des fourrages par voie humide peuvent donc s'effectuer selon un schéma général identique, mais qui s'accommode

de nombreuses interprétations et adaptations. On conçoit donc que des niveaux d'efficacité assez différents puissent être observés et ce pour de multiples raisons.

1) *Organisation des chantiers :*

Comme nous l'avons vu plus haut, il s'agit d'adapter les moyens aux besoins de façon à éviter ou à limiter les goulots d'étranglement.

En particulier, le volume et le nombre de remorques doivent être adaptés au débit de l'appareil de récolte, c'est-à-dire à sa puissance et à l'éloignement des parcelles.

TABLEAU XI
INCIDENCE DES MOYENS DE TRANSPORT
SUR LE DÉBIT DE CHANTIER

<i>Distance (km)</i>	<i>Remorques</i>		<i>Débit chantier (t.M.S./h)</i>
	<i>Capacité (t.M.S.)</i>	<i>Nombre</i>	
12	1,074	5	4,43
12	1,690	5	5,47
10	1,090	6	4,43
10	1,950	4	6,71
4	1,240	6	6,20
0,7	0,959	2	5,50

2) *Entretien du matériel :*

Les ensileuses et particulièrement les engins modernes à couteaux nécessitent de fortes puissances pour leur mise en œuvre. Des différences d'exigence en cette matière se font jour, selon la conception des matériels mais aussi selon le réglage et l'entretien de ceux-ci.

On notera en effet un accroissement certain du débit et une moindre consommation de puissance de la part des matériels de récolte convenablement et fréquemment réglés et aiguisés, avec comme corollaire important une coupe plus fine et régulière et un chargement plus important de remorques de transport disponibles.

TABLEAU XII
INCIDENCE DE L'AIGUISAGE DES COUTEAUX
SUR LA FINESSE DE HACHAGE
ET LA DENSITÉ DU MAIS-FOURRAGE DANS LES REMORQUES

<i>Entretien</i>	<i>Vert</i> (kg/m ³)	<i>M.S.</i> (kg/m ³)
Avant aiguisage	320	90,4
Après aiguisage (a)	386	115
(b)	410	117

3) *Dimensions et forme des parcelles :*

Le morcellement, la dispersion et l'éloignement des parcelles sont des facteurs défavorables, car ils nécessitent la mise en œuvre d'un plus grand nombre de matériels de transport et ne permettent pas au matériel de récolte de travailler dans les meilleures conditions. En particulier, l'importance relative des temps morts s'accroît avec la diminution de la taille des parcelles, mais aussi avec la puissance, c'est-à-dire la vitesse de travail des appareils de récolte, comme en témoigne le tableau ci-après :

TABLEAU XIII
INCIDENCE DE LA FORME ET DE LA DIMENSION DES PARCELLES
SUR L'IMPORTANCE RELATIVE DES TEMPS MORTS
(ensileuse New-Holland 717, traînée, 2 rangs maïs + tracteur 75 ch)

<i>Dimensions parcelles</i>	<i>Côtés récoltés</i>	<i>TEMPS</i>			<i>Virages/total</i>
		<i>Virages</i>	<i>Récolte</i>	<i>Total</i>	
150 × 160	2	0,560	1,313	1,873	29,9 %
180 × 80	4	0,440	1,380	1,82	24,4 %
400 × 50	4	0,207	1,218	1,425	14,5 %
400 × 25	2	0,178	1,175	1,353	9,4 %

TABLEAU XIV

INCIDENCE DE LA FORME ET DE LA DIMENSION DES PARCELLES
SUR L'IMPORTANCE RELATIVE DES TEMPS MORTS,
EN FONCTION DU TYPE DE MATÉRIEL UTILISÉ

<i>Nature matériel</i>	<i>Dimensions parcelles</i>	<i>Temps de virage (% temps de travail total)</i>
Récolteuse-hacheuse automotrice NH 1880 (168 ch)	160 m × 40-45 m	39
Ensileuse traînée 2 rangs NH 717 + tracteur 80 ch	180 m × 80 m	25
Ensileuse NH 717 1 rang + tracteur 75 ch	400 m × 40-45 m	15
Ensileuse J. Deere 34, 2 rangs + tracteur 89 ch + remorque en flèche	380 m × 25-30 m	13

4) *Influence du type de matériel :*

Comme cela a déjà été précisé, des variations importantes de consommation peuvent être mises en évidence selon la puissance des tracteurs et la proportion de celle-ci réellement utilisée, mais il peut exister aussi des différences selon la conception des moteurs donc, en fin de compte, selon les constructeurs.

Par ailleurs, les matériels de récolte réclament eux aussi des puissances assez variables selon la complexité de leur conception et leur degré de sophistication.

En effet, on peut logiquement penser que plus est grand le nombre d'organes spécialisés pour une ensileuse à couteaux, plus grande est la puissance perdue par les différents organes nécessaires à la transmission du mouvement.

5) *Influence des accessoires :*

Un certain nombre d'appareillages peuvent équiper les ensileuses afin, en particulier, de leur permettre de produire un ensilage plus finement broyé, avec des grains — lorsqu'il s'agit d'ensilage de maïs — plus fréquemment blessés.

Il s'agit de grilles dites de rebroyage ou d'affinage, dont la densité et la dimension des trous peuvent varier assez considérablement.

Ces accessoires, en principe inutiles avec des matériels bien réglés et pour de l'ensilage plante entière, sont utilisés pour la réalisation d'ensilage d'épis broyés. Quoi qu'il en soit, leur emploi nécessite un surcroît de puissance d'autant plus grand que le maillage est plus fin.

Parallèlement, certains matériels de hachage à tambours peuvent recevoir un nombre variable de couteaux (de six à douze). Il est certain que plus ce nombre est élevé, plus la puissance requise pour la mise en œuvre est grande.

TABLEAU XV

INCIDENCE DE L'EMPLOI D'UNE GRILLE D'AFFINAGE
SUR LES PERFORMANCES
ET LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE
D'UNE ENSILEUSE AUTOMOTRICE

(Someca TH 150)

Marque et type d'ensileuse	Accessoires	Débit chantier (t M.S./h)	Poids moyen d'une remorque (tonnes)	Nombre remorques /heure	Energie spécifique	
					M.O. (b/t)	Puissance (ch/t-h)
Someca TH 150	Avec grille 75 mm	3,03	1,21	3,98	2,14	132,3
	Sans grille	4,71	1,16	4,08	1,38	85,1

TABLEAU XVI
CONSOMMATION D'ÉNERGIE
PAR LES APPAREILS DE RÉCOLTE POUR L'ENSILAGE :
INCIDENCE DE L'EMPLOI D'UNE GRILLE D'AFFINAGE
(en litres de F.O.D.)

<i>Marque et type ensileuses</i>	<i>Vitesse avancement (km/h)</i>	<i>Sans grille</i>	<i>Avec grille</i>	
			<i>50 × 50</i>	<i>30 × 30</i>
John Deere 34 (2 rangs)	3,3	10,75 l	12,63 l	
	5,2	11,91 l	15,51 l	
Rochland P.T. 900 (2 rangs)	3,3	9,72 l	10,12 l	14,02 l
			12,41 l	16,93 l
	5,03	11,32 l		

d) *Possibilités d'amélioration des rendements et d'économie d'énergie.*

Elles sont suggérées par ce qui a été dit plus haut et sont :

- soit sous la dépendance directe de l'utilisateur,
- soit indépendantes de lui et inhérentes aux possibilités d'aménagement du milieu dans lequel il œuvre.

Dans la première alternative, il est certain qu'une bonne organisation des chantiers grâce à une adaptation correcte des moyens aux besoins, une utilisation raisonnée de la puissance de traction disponible dans la plage de consommation spécifique optimale peuvent permettre de réaliser des économies sérieuses.

Mais cela ne saurait être vrai si les réglages et l'entretien des appareils de récolte, gourmands en puissance, ne sont pas correctement réalisés.

Enfin, la pratique du préfanage semble suggérer des économies sérieuses au niveau de la partie chère du chantier, le ramassage-hachage, cependant qu'elle limite considérablement le transport d'eau que l'on effectue en pure perte avec les fourrages récoltés et conservés en direct.

En ce qui concerne les facteurs extérieurs qui conditionnent l'efficacité, les structures foncières figurent au premier plan des obstacles que l'agriculteur peut rencontrer dans la mise en œuvre de chantiers de travail bien équilibrés ; l'éloignement et la dispersion des parcelles, le relief et la précarité des voies d'accès comme l'insuffisance de portance du sol à certaines époques peuvent encore constituer autant d'éléments défavorables susceptibles d'aggraver ces difficultés.

2) Voie sèche.

a) *Elimination naturelle.*

1) *Fanage traditionnel au sol :*

C'est la technique de conservation des fourrages la plus largement et la plus anciennement employée, en raison essentiellement du caractère particulièrement économique de l'énergie utilisée pour le séchage à l'air ambiant : le soleil, qui est utilisé à plein pour amener le fourrage à stabilisation sur le champ.

Toutefois, les opérations de fauche, de fanage, d'andainage, de pressage, de transport et de rangement, stockage ont recours à de l'énergie primaire coûteuse.

C'est pourquoi, de l'utilisation et de la combinaison, avec ou sans répétition pour certaines, de tout ou partie de ces opérations, va dépendre en final le coût énergétique du chantier. Les exemples choisis dans les tableaux ci-après correspondent à des techniques modernes, en particulier au niveau de la manutention, c'est-à-dire qu'elles mettent en œuvre le minimum de personnel nécessaire.

Les chantiers envisagés sont les suivants :

- Foin bottelé en moyenne densité et ramassé mécaniquement à l'aide d'une remorque ramasse-balles équipée d'un chargeur adapté, manutention sous hangar par transporteur-élévateur ;
- Foin en vrac ramassé à l'autochargeuse et manutentionné sous hangar par griffe et pont roulant, avec ou sans ventilation ;
- Foin en vrac ramassé par un appareil à faire les meules (stakhand) et stocké en plein air.

Il va sans dire que le conditionnement des fourrages, au moment de la fauche, peut être envisagé ou non dans tous les cas.

Les tableaux ci-après résument les investissements en matériel et en main-d'œuvre, ainsi que les consommations estimées en énergie.

- Conditionnement en bottes moyenne densité.

TABLEAU XVII
CHANTIER DE FAUCHE

<i>Nature chantier</i>	<i>Type de machine</i>	<i>PERFORMANCES</i>					<i>Investissements (francs)</i>
		<i>Temps chantier (h/ha)</i>	<i>Par hectare</i>		<i>Par tonne de M.S.</i>		
			<i>Main-d'œuvre (heures)</i>	<i>Carburant (litres)</i>	<i>Main-d'œuvre (heures)</i>	<i>Carburant (litres)</i>	
Fanage classique	Faucheuse à doigts (1,80 m)	1,50	1,50	10,7	0,37	2,7	2.000 à 2.500
	Fanage (faneuse « Pirouette », 4 toupies, 2 passages)	1,0	1,0	7,2	0,25	1,8	5.000 à 7.000
	Andainage (« Pirouette », 4 toupies)	0,50	0,50	3,6	0,12	0,9	
	<i>Total</i>	3	3	21,5	0,74	5,4	7.000 à 9.500
Fauche avec conditionnement	Faucheuse-conditionneuse à rouleaux (2,10 m)	1,25	1,25	16,7	0,31	4,17	12.000 à 15.000
	Aérofaneur (1 passage) .	0,50	0,50	3,6	0,12	0,90	4.000 à 5.500
	<i>Total</i>	1,75	1,75	20,3	0,43	5,07	16.000 à 20.500
Pressage	Presse M.D.	1,30	1,30	14	0,32	3,5	
Ramassage Stockage	Chargeur + 1 remorque basculante (30 m ³) ..	2,7	8,1	26,3	2	6,6	

TABLEAU XVIII
CHANTIER DE FANAGE — RÉCAPITULATIF

Opérations	PERFORMANCES					Investissements (francs)
	Temps chantier (heures/ha)	Par hectare		Par tonne de M.S.		
		Main-d'œuvre (heures)	Carburant (litres)	Main-d'œuvre (heures)	Carburant (litres)	
Fanage classique ...	3	3	21,5	0,74	5,40	7.000 à 9.500
Fanage av. condition.	1,75	1,75	20,3	0,43	5,07	16.000 à 20.500
Pressage	1,30	1,30	14,0	0,32	3,50	15.000 à 20.000
Ramassage-stockage .	2,70	8,10	26,3	2,00	6,60	10.000 à 20.000
<i>Total :</i>						
Classique	7,00	12,40	61,8	3,06	15,50	32.000 à 49.500
Avec conditionnem.	5,75	11,15	60,6	2,75	15,17	41.000 à 60.500

- Conditionnement en tas réalisés mécaniquement (Stakhand).

Cette technique de conditionnement, nouvelle en France, permet une mécanisation totale des différentes phases. La récolte et les opérations de fanage demeurent semblables au système traditionnel.

TABLEAU XIX
FANAGE AVEC CONDITIONNEMENT EN TAS RÉALISÉS MÉCANIQUEMENT

Opérations	PERFORMANCES					Investissements (francs)
	Temps chantier (heures/ha)	Par hectare		Par tonne de M.S.		
		Main-d'œuvre (heures)	Carburant (litres)	Main-d'œuvre (heures)	Carburant (litres)	
Fauchage-fanage andainage	3	3	21,5	0,74	5,4	7.000 à 9.500
Ramassage Stak- hand 30 (+ Stak-mover) ..	1,3	1,3	22,0	0,37	6,3	130.000
<i>Total</i>	4,3	4,3	43,5	1,11	11,7	200.000 à 225.000

- Ramassage-stockage en vrac sous hangar avec manutention mécanisée.

La préparation du fourrage peut être effectuée selon l'une des voies exprimées ci-dessus avec ou sans conditionnement, la mécanisation intégrale du ramassage étant assurée par la remorque autochargeuse puis la griffe et le pont roulant sous hangar.

TABLEAU XX
RAMASSAGE-STOCKAGE DE FOIN SEC

Foin en vrac	Temps/ ha	Temps/ t M.S.	Main-d'œuvre		F.O.D./ ha (litres)	M.O./ t M.S. (heures)	F.O.D./ t M.S. (litres)	KW h/ t M.S.	Investis- sements	
			Nombre	M.O./ ha (heures)						
Remorque autochargeuse (27 m ³) + tracteur 45 ch	2,5	0,60			24,5	0,60	6,12		15.000 à 20.000	
Chargement :										
— griffe	1,20	0,30				0,30		1,3	30.000 à 40.000	
— pont roulant 6 ch (4,4 kW)										
<i>Total</i>		0,90	2	3,7		0,90	6,12	1,3		
									Stockage pour 300 tonnes	110.000
									Ventilateur et caillebotis	15.000
									Réchauffage	7.000
									TOTAL	180.000 à 200.000

2) Ventilation en grange :

Cette technique fait appel en partie au fanage traditionnel pour amener le fourrage au champ à un degré de siccité suffisant pour en permettre le ramassage et le stockage en tas avec utilisation de la ventilation séchante.

Toutefois, seule une chaîne vrac peut permettre de tirer pleinement parti de la technique qui gagne encore en perfection par la pratique systématique du conditionnement du fourrage à la fauche. C'est pourquoi le chantier envisagé tient compte de ces impératifs.

*Récolte, conservation
et dépenses d'énergie*

TABLEAU XXI

CHAÎNE FOIN VENTILÉ : FOURRAGE A DEMI-SÉCHÉ AU CHAMP

<i>Opérations</i>	<i>Temps/ha (heures)</i>	<i>M.O./ha (heures)</i>	<i>F.O.D./ha (litres)</i>	<i>KWh/ha</i>	<i>KWh/ t M.S.</i>	<i>M.O./t M.S. (heures)</i>	<i>F.O.D./t M.S. (litres)</i>
Fanage avec conditionnement	1,75	1,75	20,3			0,43	5,07
Ramassage-stockage (autochargeuse + griffe, pont roulant)	2,50	3,70	24,5	5,30	1,30	0,90	6,12
Ventilation	35		230	250	95		80
<i>Total</i>	39,25	5,45	275	255,3	96,3	1,30	91,19

3) Performances comparées des quatre types de chantier « foin » envisagés :

TABLEAU XXII

COMPARAISONS DE CHANTIERS « FOIN » TYPES

<i>Type de chantier</i>	<i>PERFORMANCES A L'HECTARE</i>				<i>ENERGIE SPECIFIQUE</i>			<i>Investissements</i>
	<i>Heures</i>	<i>M.O. (heures)</i>	<i>F.O.D. (litres)</i>	<i>KWh</i>	<i>M.O. (h/t M.S.)</i>	<i>F.O.D. (l/t M.S.)</i>	<i>KWh/ t M.S.</i>	
Bottelage, manutention mécanisée ..	7,00	12,40	61,8		3,06	15,5		35.000 à 50.000
Vrac, ramassage, stockage mécanisé, en tas (Stakhand) ...	4,30	4,30	43,5		1,11	11,7		140.000
Vrac, foin ventilé, manutention mécanisée (pont roulant)	39,25	5,45	275	255,30	1,30	91,20	96,3	180.000 à 200.000
Vrac mécanisé, griffe et pont roulant (sans ventilation)	4,25	5,45	44,8	5,30	1,30	11,20	1,30	170.000 à 180.000

Le tableau comparatif ci-dessus met en évidence les performances des quatre systèmes envisagés qui offrent tous un degré de mécanisation intéressant, mais dont la pénibilité des tâches — au moins pour le premier d'entre eux — s'avère très différente de celle des autres.

Il apparaît bien, là encore, que les chantiers les mieux mécanisés économisent une main-d'œuvre considérable, mais aussi obtiennent finalement les dépenses énergétiques les plus faibles. La ventilation en grange, en effet, qui est une technique de traitement de produit, vient ajouter ses propres besoins énergétiques à ceux du chantier qu'elle met en œuvre et qui sont, eux, plus que raisonnables.

b) *Elimination artificielle de l'eau : la déshydratation des fourrages.*

Cette technique à caractère industriel met en œuvre de grandes quantités d'énergie pour l'évaporation de l'eau contenue dans les fourrages traités.

Deux niveaux de travail sont envisageables :

- la déshydratation à basse température, qui est une technique artisanale, pratiquée par l'agriculteur ou le petit groupe d'agriculteurs, et où la température d'attaque du fourrage se situe aux environs de 150° C ;
- la déshydratation à haute température, à caractère industriel, qui se pratique au niveau du groupe d'agriculteurs, et où le fourrage est attaqué à des températures de 900 à 1.200° C.

La deuxième voie ci-dessus est de loin la plus répandue en raison :

- des facilités techniques et du soulagement total qu'elle apporte à l'agriculteur, au niveau de la récolte et du traitement des fourrages ;
- de la consommation spécifique de fuel beaucoup moins élevée qu'elle entraîne (850-900 kilocalories/kg d'eau évaporée, contre 1.200 à 1.300 kilocalories en basse température).

L'organisation des chantiers en déshydratation à basse température s'apparente, soit à un chantier de fanage avec ventilation en grange qui suppose l'utilisation d'une chaîne vrac avec mise en œuvre d'une remorque autochargeuse, soit à un chantier d'ensilage avec utilisation de récolteuse à fléaux ou à double coupe, étant entendu que le conditionnement final du

produit sec est appelé, en milieu strictement agricole, à être réalisé en bottes moyenne densité, ce qui suppose des brins suffisamment longs pour une bonne tenue de celles-ci.

En ce qui concerne la déshydratation à haute température, le chantier de récolte et de transport correspond exactement à un chantier d'ensilage disposant de moyens de transport puissants. Celui-ci ne représente toutefois qu'une faible part de la consommation énergétique totale (voir tableau XXIII).

TABLEAU XXIII
CONSOMMATION D'ÉNERGIE
AUX DIFFÉRENTES PHASES DE TRAITEMENT DES FOURRAGES,
DANS UNE UNITÉ DE DÉSHYDRATATION
(RIOZ, 1971)

<i>Chantier</i>	<i>NATURE ENERGIE</i>			
	<i>M.O.</i> <i>(h/t P.S.)</i>	<i>F.O.D.</i> <i>(l/t P.S.)</i>	<i>Fuel lourd</i> <i>(kg/t P.S.)</i>	<i>Electricité</i> <i>(kWh/t P.S.)</i>
Récolte	0,317	4,92		
Transport . . .	0,654	5,10 (9,0)		
Usine	1,810	14,60 (6,3-8,9)	264	84
<i>Total</i>	2,781 (5,46-3,33)	24,62	264 (254-311)	84 (99-105)

En effet, la grosse source de dépense énergétique vient du traitement lui-même du fourrage, qui nécessite fuel lourd et léger ainsi qu'électricité.

En la matière, des différences non négligeables peuvent être observées qui sont dues tant à la conception des unités de déshydratation qu'à leur conduite.

TABLEAU XXIV

CONSOMMATION D'ÉNERGIE —
PERFORMANCES COMPARÉES DE DIFFÉRENTES INSTALLATIONS

	Années	UNITES DE DESHYDRATATION			
		Auberive	Domagné	Donzy	Puzieux
Débit moyen horaire (kg produit sec)	1970	1.095	1.275	1.525	556
	1971	1.117	1.436	2.298	692
	1972	1.020	1.385	1.054	611
<i>Energie spécifique :</i> — Fuel lourd (kg/t produit sec)	1970	256	237	—	243
	1971	218	275	210	245
	1972	303	262	274	300
— Electricité (kWh/t de produit sec)	1970	116	118	94	296
	1971	123	160	114	225
	1972	—	109	131	234

Mais il est certain, s'agissant d'évaporation d'eau, que la teneur en humidité des fourrages joue un rôle non négligeable dans les performances. C'est dire l'importance du stade de récolte et l'incidence non négligeable des conditions de milieu et du facteur année sur les résultats finaux des unités de déshydratation observées.

C'est dire également que des différences notables peuvent être observées entre certaines espèces fourragères dont le stade normal de récolte est atteint à des teneurs en matière sèche fort éloignées l'une de l'autre.

Récolte, conservation

TABLEAU XXV

CONSOMMATION D'ÉNERGIE EN DÉSHYDRATATION
SELON LES ESPÈCES FOURRAGÈRES TRAITÉES

<i>Nature énergie</i>	<i>Unité</i>	<i>Moyenne campagne</i>	<i>Herbe</i>	<i>Maïs</i>
Fuel lourd (kg/tonne de produit sec) ..	Auberive 1971	219	249	168
	Domagné 1972	—	300	222
	Donzy 1971	210	238	142
	Rioz 1970	254	262	231
Electricité (kWh/t de produit sec)	Auberive 1971	123	134	100
	Domagné 1972	—	140	109
	Donzy 1971	94	101	82
	Rioz 1970	99	105	80
Main-d'œuvre (h/t de produit sec)	Rioz 1970 (chantier)	5,46	5,99 (2,98)	3,43 (1,52)

1) *Possibilités d'amélioration :*

S'agissant d'une technique faisant appel à de l'énergie coûteuse, la déshydratation doit s'astreindre à une réduction des frais de fonctionnement, en particulier au niveau des combustibles.

Cela est possible grâce à :

- l'amélioration des performances, c'est-à-dire du rendement évaporatoire des matériels, qui tient tant à la bonne conduite de ceux-ci qu'à certains perfectionnements techniques, au nombre desquels on peut citer le recyclage de l'air usé ;

— l'utilisation de techniques visant à appauvrir en eau le fourrage avant passage dans la déshydrateuse. Il s'agit là soit de techniques mettant en jeu de nouveaux matériels consommant eux aussi de l'énergie chère : c'est le cas de l'extrusion des jus par différents procédés de pressage et d'écrasement, soit de la mise en œuvre du préfanage mécanique qui fait appel à l'énergie naturelle et gratuite fournie par le soleil. Cette dernière solution, déjà préconisée pour l'ensilage, semble de nature à apporter des économies non négligeables au niveau de la déshydratation, qui seraient de l'ordre de 15 à 20 % en ce qui concerne l'énergie.

TABLEAU XXVI

CONSOMMATION THÉORIQUE DE FUEL LOURD
EN FONCTION DE L'HUMIDITÉ DU PRODUIT A DÉSHYDRATER

Teneur en eau (%)	Evaporation (l/i)	Bouchons (t/i)	Consommation de fuel	
			g/l d'eau	g/kg de bouchons
74	185.000	75	81	200
76	180.000	65	83	229
78	175.000	57	84	258
80	170.000	49	85	296
82	166.000	42	86	340
84	162.000	35	87	403
86	156.000	29	89	479
88	147.000	23	93	596
90	140.000	18	96	750

TABLEAU XXVII
BILAN DE LA PRATIQUE DU PRÉFANAGE
POUR DEUX UNITÉS DE DÉSHYDRATATION

Localisation	Direct		Préfané		Bilan		Bilan économique (centimes/kg)		
	Humidité (%)	Fuel (g/kg)	Humidité (%)	Fuel (g/kg)	Humidité (%)	Fuel (g/kg)	Economies en fuel	Dépenses supplémentaires chantier préfanage	Solde
Calvados	84,0	369	77,1	234	6,9	135 (37 %)	4,7	3,0	+ 1,7
Marne	78,0	248	68,0	146	10,0	102 (41 %)	3,6	2,0	+ 1,6

(Prix F.O.L. n° 2 : 350 F/tonne)

3) Consommation d'énergie par différentes chaînes-types de récolte et de conservation des fourrages.

TABLEAU XXVIII
ÉNERGIE EXPRIMÉE EN PRODUITS DE CONSOMMATION DE BASE

Type de chaîne de récolte	M.O./t M.S. (heures)	Carburant F.O.D. l/t M.S.	Combustible FO2-F.O.D. l/t M.S.	Electricité (kWb/t M.S.)
Foin classique	3,10	15,5		
Foin en meules (stakhand) .	1,10	11,7		
Foin ventilé (griffe)	1,30	11,2	80 l	96
Déshydratation	2,80	10,0	264 kg + (14,6 l)	84
Ensilage d'herbe direct	3,24	41		
Ensilage d'herbe préfané ..	1,74	20,4		
Ensilage maïs-plante entière	0,76	10,4		

et dépenses d'énergie

TABLEAU XXIX

ÉNERGIE EXPRIMÉE EN KILOCALORIES

Type de chaîne de récolte	M.O. (heures/t M.S. ensilée)	Consommation d'énergie d'apport (en kilocalories par tonne de M.S. stockée)			
		Chantier récolte transport stockage	Traitement du produit		Consom- mation totale
			Combustible	Electricité	
Foin classique	3,10	157.325			157.325
Foin en meules mécanisées (Stakhand)	1,10	118.755			118.755
Foin ventilé mécanisé (griffe et pont roulant)	1,30	113.680	812.000	8.269	933.949
Déshydratation	2,80	101.500	2.547.600 148.190	7.236	2.804.526
Ensilage d'herbe direct (*) ..	3,24	416.150			416.150
Ensilage d'herbe préfané (*) ..	1,74	207.060			207.060
Ensilage maïs-plante entière ..	0,76	105.560			105.560

(*) Les différences importantes d'investissements en énergie mises en évidence dans ce tableau entre les deux types d'ensilage portent sur l'observation de *matériels tractés*. De plus récents contrôles effectués sur des récolteuses automotrices ne permettent pas de distinguer à leur niveau des différences aussi importantes permettant de trancher sur ce point entre les deux systèmes. Il semble, en effet, que jouent de façon marquante la *conception et le réglage* des matériels pour une bonne absorption du produit préfané, plus délicat et plus coriace à traiter que l'herbe verte, et que les possibilités des matériels rencontrés sur le marché soient assez différentes d'un modèle ou d'une marque à l'autre avec ce type de produit. C'est ce que de nouvelles observations devraient nous permettre de préciser.

Quoi qu'il en soit, le tableau ci-dessus met en évidence, au niveau de l'énergie extérieure, des différences considérables selon la technique de conservation prise en compte. Les méthodes classiques simples, qu'il s'agisse de fanage d'herbe ou d'ensilage de plantes à forte teneur en matière sèche, semblent les moins gourmandes en énergie d'apport.

Elles peuvent être considérablement améliorées par une mécanisation judicieuse qui permet d'abaisser sensiblement les investissements en main-d'œuvre.

Enfin, il paraît utile de préciser que les différentes méthodes évoquées supportent diverses contraintes qui peuvent ternir plus ou moins leur intérêt pratique et économique. En particulier, les *coûts d'installation et les pertes de matière première en cours de conservation* sont susceptibles de modifier sensiblement l'image rendue par le précédent tableau qui ne fait état que des *coûts énergétiques* de fonctionnement.

III. — POSSIBILITÉS D'ÉCONOMIE DANS LES DIFFÉRENTES CHAINES DE RÉCOLTE ET DE CONSERVATION

1) Matériel de traction, moteurs.

Les possibilités d'amélioration de l'utilisation des moteurs portent d'abord sur le choix des matériels en fonction des usages auxquels ils sont destinés. Il y aura lieu, pour travailler dans la zone d'utilisation optimale, de s'en tenir à des puissances raisonnables.

Actuellement, la moyenne de puissance des tracteurs est de 60 à 70 ch et c'est dans la gamme des 60-80 ch que l'on trouve les consommations spécifiques les plus raisonnables.

La majorité des travaux courants peuvent être effectués avec des tracteurs de 80 ch et si une puissance supérieure est parfois nécessaire, il peut être plus intéressant de confier ces travaux particuliers à une entreprise spécialement équipée.

Au choix judicieux des matériels de traction s'ajoutent ensuite leur entretien et leur réglage.

Il est certain qu'en cas de non-utilisation, les moteurs doivent être stoppés et non tourner au ralenti à longueur de journée comme cela se voit trop fréquemment. Par ailleurs, de bons réglages des moteurs peuvent faire gagner encore 10 % sur la consommation en énergie, cependant que la bonne conduite qui se concrétise par une utilisation judicieuse des combinaisons de la boîte de vitesses pourrait encore permettre une économie de l'ordre de 10 %.

C'est dire que, par sa seule action de surveillance, de contrôle, et sa compétence de chauffeur, l'agriculteur peut espérer économiser 20 % de carburant sur l'année de travail.

2) Matériels tractés.

Les différents instruments ou matériels utilisés pour les travaux de récolte présentent des caractéristiques de conception ainsi que des possibilités de réglage telles que des différences de puissance pour leur mise en œuvre peuvent être constatées.

C'est le cas, en particulier, pour les ensileuses où les réglages et l'entretien des couteaux ont un rôle considérable sur la puissance absorbée.

Enfin, là encore, la taille des appareils doit être en rapport avec les structures foncières et les rendements fourragers normalement escomptés.

En effet, chacun sait l'importance de la taille des parcelles sur l'efficacité du matériel, des bandes de grande longueur et de faible largeur assurant le minimum de temps morts.

L'utilisation, enfin, des différents matériels et leur combinaison pour la constitution d'un chantier sont d'une importance capitale pour l'économie finale de la chaîne de récolte. On retiendra, et c'est l'observation qui nous l'enseigne, que des moyens suffisamment puissants judicieusement répartis permettent d'obtenir les meilleurs résultats sans qu'il soit nécessaire de recourir à des puissances excessives. Le bon sens a, là aussi, sa valeur et c'est grâce à cette qualité ainsi qu'à son expérience personnelle que l'agriculteur peut choisir et mettre en œuvre le système qu'il jugera le plus susceptible de résoudre ses problèmes.

3) Matériels et systèmes de séchage.

Ce sont de gros consommateurs d'énergie extérieure à l'exploitation et toute technique, toute précaution particulière susceptibles d'améliorer le rendement des appareils risquent d'avoir des répercussions sérieuses sur l'économie du système de séchage.

Dans les appareils de séchage, des améliorations sont possibles :

- au niveau du rendement thermique, par la pratique du recyclage de l'air usé, par exemple, qui peut permettre de gagner 7 à 10 % d'énergie calorifique, ou bien par la conception du sécheur lui-même qui peut autoriser de meilleures performances ;
- au niveau du produit, par une finesse de hachage suffisante et régulière facilitant les échanges avec l'air chaud et, par suite, l'élimination de l'eau.

En matière de ventilation, une bonne conception de l'installation par le respect des normes établies, ainsi qu'une utilisation judicieuse du réchauffage, c'est-à-dire seulement lorsque cela s'avère indispensable, peuvent assurer un fonctionnement plus économique de l'installation.

Enfin, il faut se rappeler que, dans les systèmes de séchage existants, le traitement à haute température permet une bien meilleure utilisation des calories dispensées que le système dit à basse température ou que la ventilation avec réchauffement (le rendement passe en effet de 850-900 kcal/kg d'eau évaporée à 1.100-1.200 kcal dans le second cas et à 1.200-1.300 kcal dans le dernier cas).

Pour terminer, il faut signaler que pour toutes ces techniques de conservation par la voie sèche, la pratique du préfanage, qui permet l'élimination de quantités d'eau importantes à peu de frais, est toujours souhaitable malgré les obstacles climatiques ou mécaniques qu'on lui oppose trop souvent et inconsidérément.

CONCLUSIONS

Les techniques modernes de culture mettent de plus en plus en œuvre des moyens mécaniques consommateurs d'énergie extérieure à l'exploitation. La raréfaction de la main-d'œuvre, la pénibilité des travaux et, enfin, les contraintes économiques obligent l'agriculteur à passer par cette nécessaire mécanisation.

Compte tenu de l'importance du choix en matériels de travail et de la multiplicité des solutions envisageables pour chaque type d'exploitation, c'est d'abord au niveau de *l'information* que doit porter l'effort qui permettra aux utilisateurs d'effectuer le meilleur choix en matériel.

Mais c'est à ces derniers qu'incombent le plein-emploi des matériels, leur utilisation judicieuse et l'organisation des chantiers que sous-entend toute technique de conservation des fourrages.

Aussi est-ce à leur bon sens, à leur expérience personnelle et à leur capacité propre d'assimilation que la mise en œuvre de telle ou telle chaîne de récolte s'avérera, à l'usage, couronnée ou non de succès, étant entendu que les contraintes du milieu : structures foncières, climat, sol, doivent demeurer présentes en permanence à l'esprit du chef d'exploitation qui décide, en dernier recours, des investissements.

L'entretien et le réglage comme le bon usage des matériels sont des facteurs de succès non négligeables que trop d'exploitants tendent à sous-estimer, mais qui sont, à eux seuls, susceptibles d'apporter des améliorations de la consommation en énergie de l'ordre de 15 à 20 %.

C'est donc, en définitive, à l'homme que revient la responsabilité du succès, de l'échec ou du demi-succès des techniques qu'il aura choisi de mettre en œuvre.

BARTHELEMY et MOSNIER (*I.T.C.F.*).