

Faut-il sécher ou ensiler les céréales?

Les différences de prix sont minimales

Rudolf Jakob, Helmut Ammann et Alfons Schmidlin, Station fédérale de recherches d'économie d'entreprise et de génie rural (FAT), CH-8356 Tänikon

Le but des différents essais pratiques de la FAT était d'ensiler des céréales humides avec le moins de pertes possible. Nous avons donc poursuivi le développement de procédés déjà connus.

Une teneur en matière sèche élevée de l'ensilage entraîne une grande sensibilité aux moisissures et aux post-fermentations. Provoquées par la présence d'oxygène, ces fausses fermentations ne peuvent être prévenues qu'au moyen d'agents d'ensilage chimiques du genre acide

propionique. Pour conserver les grains humides de manière optimale (en-dessus de 60% MS), il faut recourir à un système absolument étanche à l'air. La surface de l'ensilage ne doit en aucun cas entrer au contact de l'air, donc de l'oxygène, lors de la reprise de l'ensilage. Ceci n'est réalisable qu'en utilisant un système de compensation des gaz (poumon) et une fermeture étanche à l'air sur le dispositif de reprise (vis d'Archimède ou vis de compression).

Quatre procédés d'ensilage différents ont été comparés à la récolte traditionnelle avec séchage:

- Stockage échelonné d'orge grain humide et de maïs grain avec reprise par le bas.
- Stockage en une seule fois de maïs grain avec reprise par le bas.
- Stockage en une seule fois de maïs grain avec reprise par le haut.
- Stockage d'un mélange d'orge sèche et de maïs grain humide avec reprise par le bas.

La comparaison selon les critères d'économie de main d'oeuvre et d'économie d'entreprise s'appuie sur un exemple avec des porcs à l'engrais où l'on engraisse 1 000 animaux par année. La comparaison se limite au domaine situé entre la production de céréales et la reprise de l'aliment au silo. Les heures de travail nécessaires vont de 385 à 450. Calculés par place porc, les coûts du procédé avec reprise par le haut dépassent ceux d'un procédé économique comme le stockage échelonné de Fr. 6.60.



Fig. 1: Pour conserver les grains ensilés à plus de 60% de MS, il faut un silo parfaitement étanche au polyester vitrifié (GFK) ou en acier.

Sommaire:	page
Problème	2
Comparaison des procédés	2
Résultats	5
Economie de main d'oeuvre	6
Economie d'entreprise	6
Conclusions	7

Problème

En plaine, l'orge mûrit en général suffisamment pour qu'on puisse, à degré de propreté normal, la conserver sans qu'il soit nécessaire de procéder à un séchage complémentaire. En revanche, le maïs grain n'atteint chez nous la plupart du temps que la maturité pâteuse. Le séchage ou l'ensilage s'avèrent donc nécessaires.

Les raisons parlant en faveur de l'ensilage sont d'ordre organisationnel:

- On évite de longs trajets jusqu'à la station de séchage.
- Une récolte précoce de l'orge offre des conditions favorables pour la culture suivante lorsqu'il s'agit de cultures fourragères ou de légumes. Plus la date de semis est avancée, meilleures sont les conditions de croissance. Chaque jour gagné en été correspond à plusieurs jours en automne!

Le séchage artificiel nécessite beaucoup d'énergie: il faut environ 300 litres de mazout pour un hectare de maïs grain.

Comparaison des procédés

Bases de planification:

Effectifs

Places porcs à l'engrais	400
Séries par année	2.5
Nombre de porcs engraisés par année	1 000

Besoins alimentaires

Tranche d'engraissement	25-100 kg
Indice de consommation	2,4 kg MS ou 2,8 kg d'aliment (87% MS)/kg d'accroissement
Besoins alimentaires par animal	180 kg MS ou 207 kg d'aliment (87% MS)

Composition de la ration (exprimée en MS)

Maïs grain	50%
------------	-----

Tab. 1: Densité

	Teneur en MS %	MS / m ³ kg	aliment / m ³ kg
Concentré protéique	90	675	750
Maïs grain	87	650	750
Orge	87	575	660
Maïs grain humide	65	510	785
Orge humide	70	550	785
Mélange Harvestore	70	520	740

Orge	30%
Concentré protéique	20%

Rendement des céréales à la surface

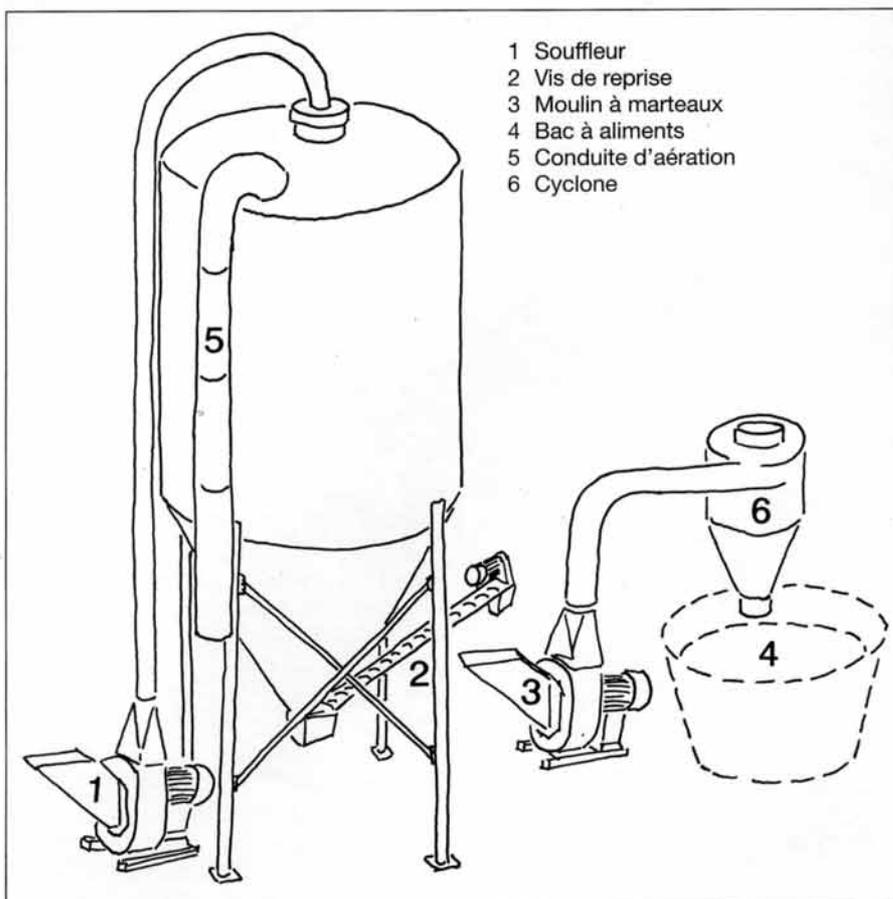
Maïs grain	75 dt MS/ha
Orge	60 dt MS/ha

Orge: moisson, nettoyage dans l'installation de séchage, reprise tous les trois mois pour remplir le silo à concentrés, puis mouture au moulin à marteaux.

Maïs: moisson, nettoyage dans l'installation de séchage, reprise tous les trois mois pour remplir le silo à concentrés, puis mouture dans le même moulin à marteaux que pour l'orge.

Description des procédés

Procédé 1: «Conventionnel», stockage et mouture des céréales séchées (Fig. 2)



- 1 Souffleur
- 2 Vis de reprise
- 3 Moulin à marteaux
- 4 Bac à aliments
- 5 Conduite d'aération
- 6 Cyclone

Fig. 2: Procédé 1: déchargement et mouture d'une céréale sèche.

Procédé 4: stockage du maïs grain humide, reprise par le haut (fig. 4)

Maïs humide: moisson à la mi-octobre, mouture lors du remplissage, reprise par une désileuse par le haut.

Procédé 5: stockage de maïs grain humide et d'orge sèche, reprise par le bas (fig. 5)

Maïs humide: moisson à la mi-octobre, conservation toute l'année dans un silo Harvestore.

Orge sèche: moisson, stockage intermédiaire avant le mélange avec le maïs humide lors de l'ensilage. Mouture du mélange à la reprise.

Indications importantes

Procédé 1

- Pour maintenir les pertes au stockage à 0,2% de la MS, il faut que l'orge nettoyée ait au moins 86% de MS. Si la teneur en MS est inférieure on court le risque de voir apparaître des moisissures et donc de subir des pertes plus importantes encore.

Procédés 2, 3 et 5 (reprise par le bas)

- Récolter le maïs grain avec 10% de rafles au maximum! Si les rafles se trouvent en plus grande proportion, l'aliment se démélange fortement à la fin de la reprise de l'ensilage.

- Au moment de la récolte et du remplissage, il faudrait veiller à ce que les grains se cassent le moins possible, voire pas du tout, afin que la céréale humide conserve un maximum de fluidité. Si le déchargement s'effectue au moyen d'un souffleur-hacheur, il faut réduire le régime du moteur, ou verser les céréales humides dans le canal sans passer par le souffleur, comme pour les procédés 2 et 3 (fig. 3).

- Les céréales humides doivent être stockées entières. L'aliment humide moulu forme des ponts à l'intérieur du silo.

- La distribution de l'aliment aux animaux peut commencer sitôt le remplissage terminé, à condition de travailler avec du CO₂, surtout si le silo

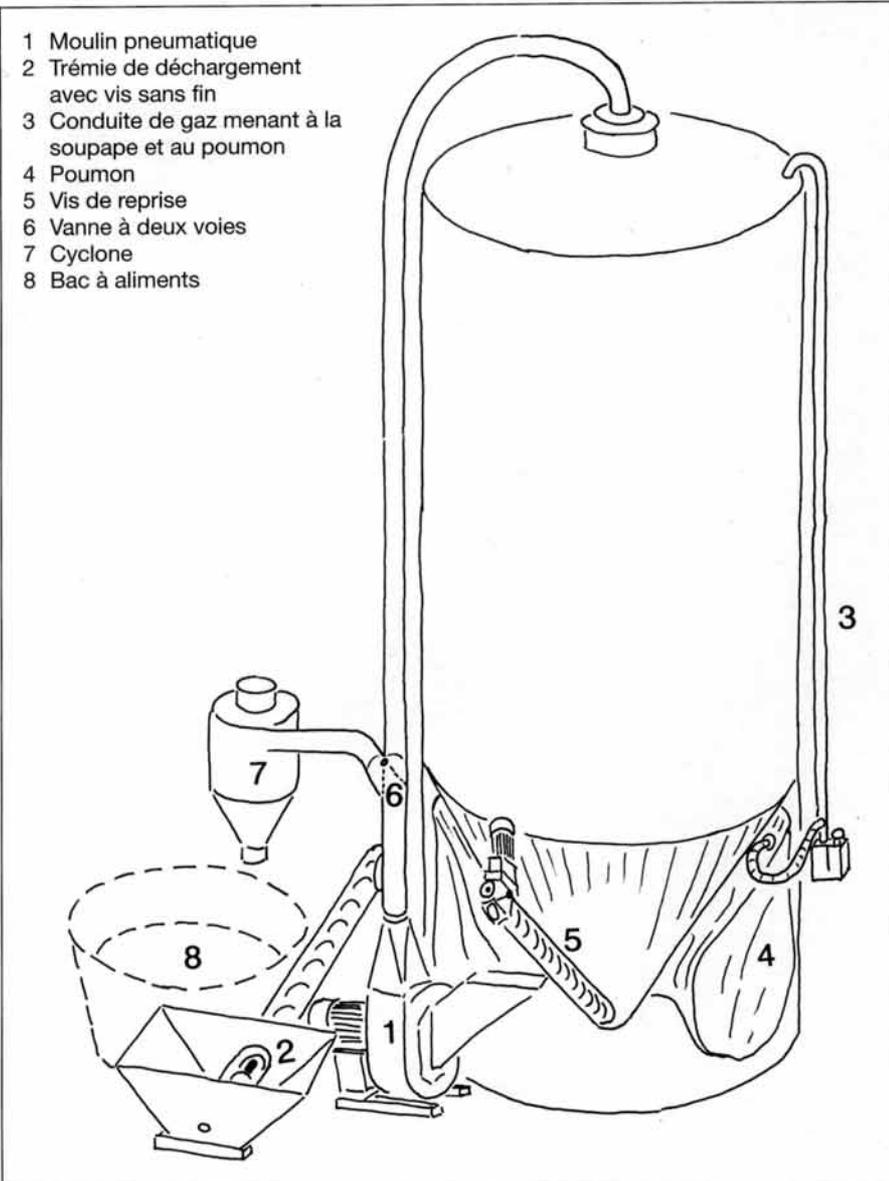


Fig. 3: Procédé 2: déchargement échelonné de céréales humides
Procédé 3: déchargement de maïs grain humide.

Procédé 2: stockage échelonné: l'orge humide avant le maïs grain humide (fig. 3)

Orge humide: moisson à la mi-juin, stockage du grain entier dans un silo GFK (polyester renforcé de fibre de verre). Mouture à la reprise. Distribution: dès le stockage jusqu'à la mi-octobre. Ration (exprimée en MS) pendant trois mois: orge 80%, concentré protéique 20%.

Maïs humide: moisson à la mi-octobre, stockage en grain entier dans le même silo. Distribution: dès le stockage jusqu'à la mi-

juin. Ration (exprimée en MS) pendant neuf mois: maïs grain 50%, orge 30%, concentré protéique 20%. Le souffleur utilisé pour l'ensilage fait également office de moulin, l'hélice étant remplacée par un dispositif de marteaux et de crible.

Procédé 3: stockage de maïs grain humide, reprise par le bas (fig. 3)

Maïs humide: moisson à la mi-octobre, conservation toute l'année dans le même silo. Le remplissage et la mouture s'effectuent de la même manière que pour le procédé 2.

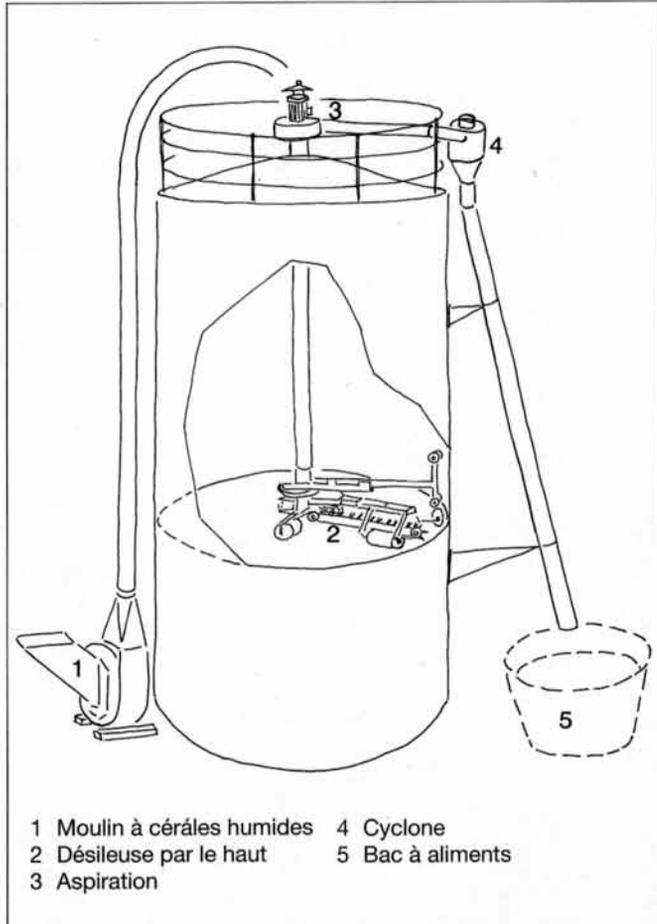


Fig. 4: Procédé 4: déchargement de maïs grain humide.

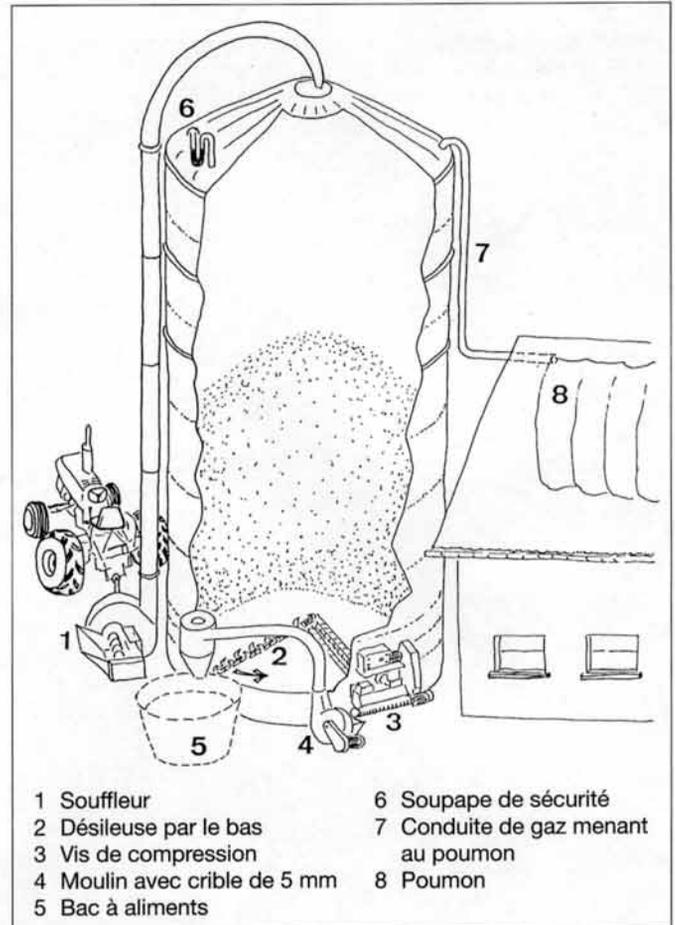


Fig. 5: Procédé 5: Déchargement de maïs grain humide et d'orge sèche.

n'est pas complètement plein. La meilleure façon d'introduire le CO₂ dans le silo est de le faire passer par la vis de la désileuse. Le gaz traverse ainsi l'aliment de bas en haut, pour s'amasser finalement dans le poumon. Ceci est également nécessaire lorsque le pou-

mon reste vide pendant la reprise. Si l'on ne procède pas à cette opération, des moisissures se forment à la surface de l'ensilage.

– Le volume du poumon devrait au moins correspondre au 15% du volume du silo.

Procédé 4 (reprise par le haut)

– Seules des conditions de fermentation irréprochables permettent de ne pas dépasser 6% de pertes en MS, ce qui signifie qu'il ne doit pas y avoir de post-fermentations ni de formation de moisissures à la surface de l'ensilage. Les pertes maximales observées à la FAT – provoquées par des post-fermentations – se sont montées à 17% de la MS.

– Le silo ne peut être ouvert que quatre semaines après le remplissage, sans quoi des post-fermentations sont susceptibles d'apparaître, provoquées par la température extérieure. Si l'on doit continuer immédiatement à utiliser l'aliment ensilé, il faut traiter les 3 m de la couche supérieure de l'ensilage au moyen d'un agent d'ensilage – par exemple l'acide propionique. L'épaisseur du front d'attaque ne doit pas être inférieure à 4 cm.

Tab. 2: Besoin en volume de stockage, pertes en MS

Procédé		1	2	3	4	5
		sec, reprise par le bas	silo GFK, reprise par le bas	silo GFK, reprise par le bas	silo GFK, reprise par le haut	Harvestore, reprise par le bas
Concentré protéique	unité x	1 x 13	1 x 13	1 x 13	1 x 13	1 x 13
Maïs grain	m ³	1 x 35	--	--	--	--
Orge sèche	m ³	1 x 24	1 x 18	1 x 24	1 x 24	--
Maïs grain humide	m ³	--	1 x 135	2 x 90	2 x 105	1 x 285
Orge humide	m ³	--	1 x 66*	--	--	--
Pertes en MS	%	0,2	1,5	1,5	6	1,5

* Il n'y a pas de besoin particulier en volume, le remplissage étant échelonné

Procédé 5 (Harvestore, reprise par le bas)

– Une teneur en matière sèche d'au moins 68–70% est indispensable pour un tel procédé. Le maïs grain récolté en Suisse n'atteignant que rarement ce niveau de MS, il convient de le mélanger à une céréale sèche. L'orge sèche est mélangée au maïs grain humide lors de l'ensilage et moulue avec ce dernier à la reprise (fig. 5).

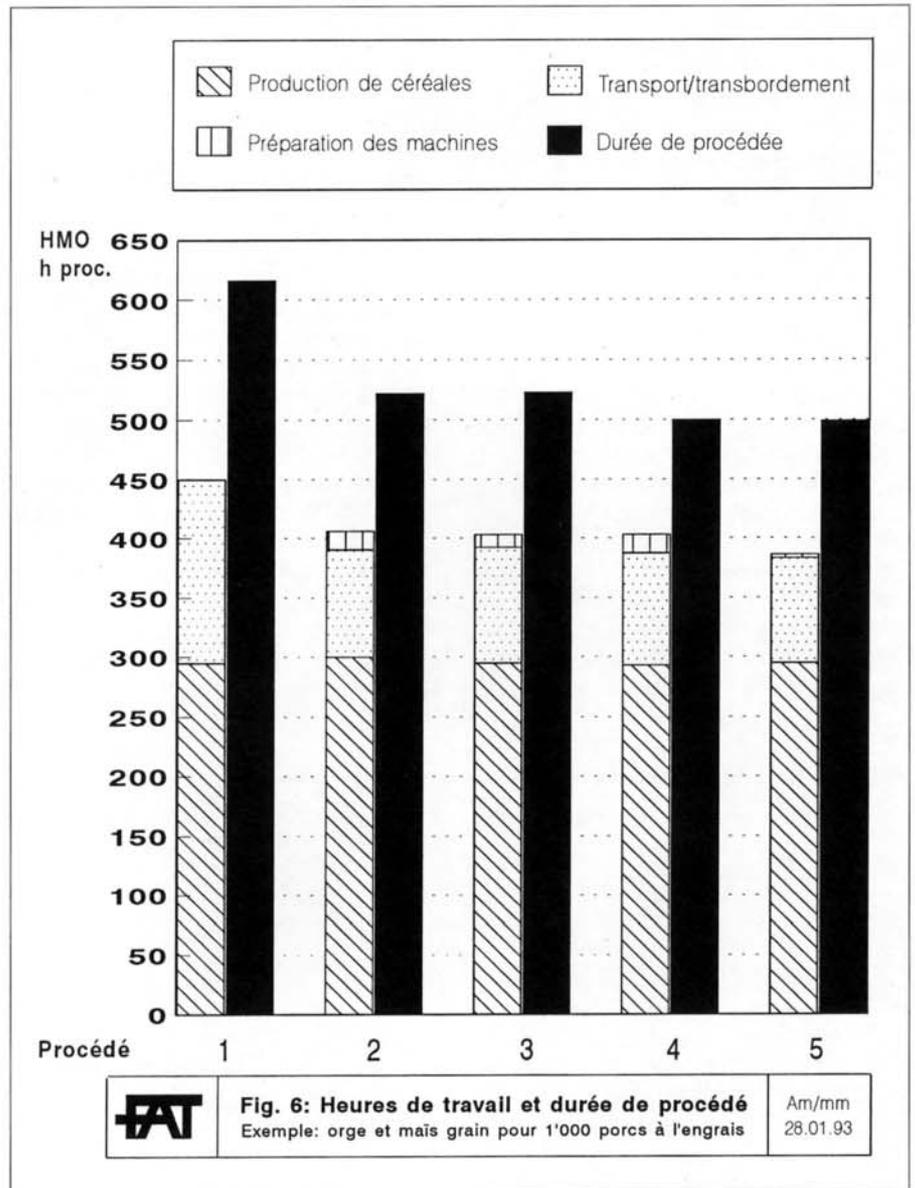
Résultats

Nous partons du principe que l'exploitation en question produit elle-même les céréales dont elle a besoin pour l'alimentation des 1 000 porcs engraisés annuellement. Pour ce faire, il lui faut une surface de 21 hectares (procédé 1), qu'il n'est pas possible d'agrandir. Au cas où l'orge produite sur le domaine ne suffit pas, il faut en acheter ailleurs (procédés 2 à 5). Les quantités à acheter sont déterminées par la ration alimentaire choisie et par les pertes en matière sèche liées au procédé utilisé.

Les critères de comparaison retenus en matière d'économie d'entreprise et de main d'œuvre sont:

- la production de céréales fourragères sur l'exploitation.
- le transport et le transbordement, le stockage et la reprise, ainsi que la mouture de la quantité totale d'orge et de maïs nécessaire.

Les installations, les machines et les silos sont choisis en regard des dif-



férents procédés. Le transbordement de céréales et d'aliment est fréquent et s'effectue, en fonction des besoins, au moyen de dispositifs de transport

pneumatiques ou mécaniques. Les solutions retenues sont motivées par un allègement du travail.

Certains travaux s'effectuent de manière totalement automatique, sans participation ni surveillance humaine. C'est le cas d'une part pour la mouture des céréales, excepté l'amenée et la mouture du maïs grain humide au moyen d'un moulin à grain humide pour le procédé 4. D'autre part, nous partons du principe que la reprise des aliments peut être organisée sans surveillance, la distribution se faisant automatiquement (alimentation par ordinateur).

Tab. 3: Répartition de la surface de céréales fourragères pour 1 000 porcs à l'engrais et de la surface de céréales achetées

	Procédé 1 ha	Procédé 2 ha	Procédé 3 ha	Procédé 4 ha	Procédé 5 ha
Auto-approvisionnement:					
Maïs grain	12.00	9.10	12.20	12.70	12.20
Orge	9.00	11.90	8.80	8.30	8.80
Total	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
Orge achetée	0.00	0.90	0.20	0.70	0.30
Surface de céréales	21.00	21.90	21.20	21.70	21.30

Appréciation selon les critères de l'économie de main d'œuvre

Temps nécessaire au travail et au procédé (fig. 6)

Il y a peu de différences entre les procédés en matière de besoins en main d'œuvre, l'écart entre le besoin le plus élevé et le plus faible s'élevant à 17%. Dans notre exemple, le besoin de main d'œuvre pour alimenter 1'000 porcs à l'engrais varie annuellement entre 385 et 450 heures de travail.

La phase de travail du désilage peut être automatisée dans tous nos exemples. Un contrôle constant et personnel s'avère donc superflu pour cette tranche de travail. Si l'on tient compte d'une durée de surveillance variant entre 95 et 165 heures par procédé, le temps total nécessaire pour un

procédé oscille ainsi entre 500 et 620 heures.

Appréciation selon les critères de l'économie d'entreprise

Les cinq procédés diffèrent fortement en ce qui touche les **investissements**. Les différences marquantes se situent au niveau des quantités d'aliment à stocker, du système de transport et de mouture, ainsi que du type de silo.

Chaque exploitation doit se procurer elle-même ses propres installations, mais une utilisation en commun des machines et des appareils nécessaires amènerait à une économie d'investissements et de frais. La plupart de ces installations, comme les vis de transport, les moulins à marteaux etc. sont

utilisées quotidiennement, ce qui, pour des raisons d'organisation, rend leur utilisation en commun précaire.

Investissements dans les machines, les installations et les bâtiments (fig. 7)

Dans notre exemple, les investissements dans les machines, les installations et les silos en fonction de chaque procédé varient de Fr. 44 500.- (procédé 1) à Fr. 152 300.- (procédé 5). Pour le procédé 1, on n'a besoin que d'un endroit où stocker les céréales sèches, et l'entreposage dure 3 mois. Le transport et la mouture des céréales sèches s'effectue avec le même système pour tous les procédés. Les investissements consentis pour cette installation se montent à Fr. 19 000.-. Les investissements nécessaires au transbordement, au stockage et à la mouture des céréales humides varient entre Fr. 74 200.- pour le procédé 2 et Fr. 152 300.- pour le procédé 5.

Tab. 4: Procédé utilisé, provenance des machines et frais

Travaux, machines utilisées	Procédé					Provenance des machines	Valeur à neuf Fr.	Frais fixes par année Fr.	Frais variables/UT Fr.
	1	2	3	4	5				
Production de céréales									
charrue bissoc	x	x	x	x	x	en propre	8'500	1'358	33,58/ha
vibroculteur, 2.2 m	x	x	x	x	x	en propre	3'100	674	5,98/ha
distributeur d'engrais centrifuge	x	x	x	x	x	en propre	2'300	453	2,20/ha
semoir à maïs mono-graine	x	x	x	x	x	en régie			120,00/ha
semoir, 2.5 m	x	x	x	x	x	en propre	8'100	1'152	9'51/ha
bineuse à dents vibro avec distributeur d'engrais	x	x	x	x	x	location			45,00/ha
pulvérisateur, 12 m	x	x	x	x	x	en propre	8'500	1'295	6,35/ha
moisson du maïs grain	x	x	x	x	x	en régie			520,00/ha
moisson des céréales	x	x	x	x	x	en régie			470,00/ha
char à pneus, 8 t	x	x	x	x	x	en propre	11'500	1'945	2,03/ha
tracteur, traction 2 roues, 33 kW	x	x	x	x	x	en propre	33'000	5'817	8,86/ha
tracteur, traction 4 roues, 50 kW	x	x	x	x	x	en propre	62'000	9'884	13,47/ha
Déchargement et reprise des céréales sèches									
souffleur à grain	x	x	x	x		en propre	5'900	760	11,49/h
vis à grain	x	x	x	x		en propre	2'400	599	11,90/h
moulin à marteaux	x	x	x	x		en propre	11'600	1'585	5,12/h
Déchargement et reprise des céréales humides									
vis à grain		x	x			en propre	3'800	640	5,00/h
moulin à pneumatique		x	x			en propre	6'000	896	10,30/h
moulin à céréales humides					x	location			270,00/ha
désileuse par le haut					x	en propre	25'000	4'475	2,00/h*
vis à grain					x	en propre	2'400	599	11,90/h
hacheur-souffleur					x	en propre	8'600	1'327	10,01/h
désileuse par le bas					x	en propre	24'700	4'421	3,85/h*
vis de compression					x	en propre	5'000	667	6,20/h
moulin à marteaux					x	en propre	11'600	1'585	5,12/h

*) seulement l'énergie électrique

Coûts annuels des procédés (fig. 8)

Pour la surface de l'exploitation consacrée à la production de céréales, on compte:

- les moyens de production, les frais de machines et de main d'œuvre.

Pour la quantité totale de céréales, on retiendra:

- les frais de nettoyage, de séchage et de stockage des céréales

- les frais fixes de machines et d'installations imputables directement au procédé

Exemple: les vis de transport, les moulins pneumatiques, les désileuses

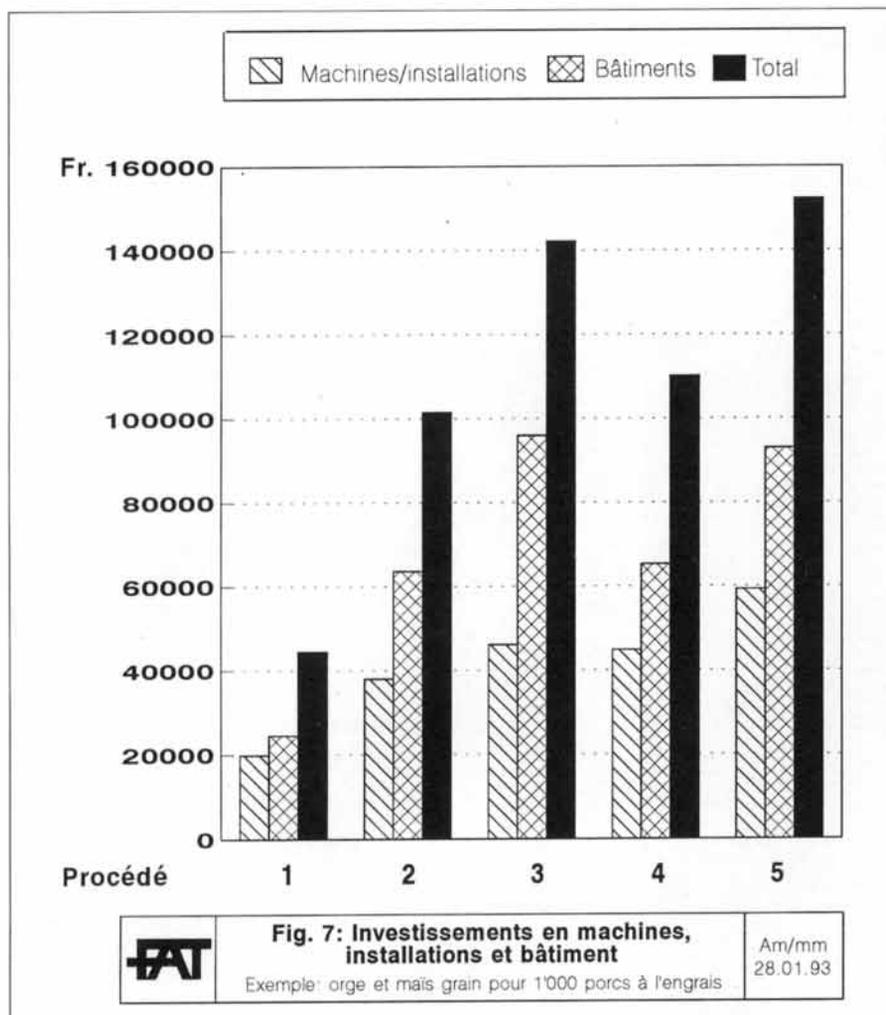
- les frais variables de machines et d'installations

- les frais de bâtiment, avant tout les silos pour les céréales sèches et humides

- les frais de main d'œuvre

- les frais pour d'éventuels achats d'orge, prise sur le champ.

Les frais liés à chaque procédé oscillent entre Fr. 67 600.- pour le procédé 2 et Fr. 71 800.- pour le procédé 4. Les écarts les plus importants se trouvent dans les différents postes de frais. Pour le procédé 1, les frais de réception, de séchage et de stockage des céréales



Tab. 5: Entreposage des céréales, avec les éventuels accessoires

Type d'entreposage	Volume de stockage	Valeur à neuf Fr.	Frais annuels Fr.
Procédé 1			
Maïs grain sec	1 x 35 m ³	14'600	2'248
Orge sèche	1 x 24 m ³	10'000	1'540
Procédé 2			1'155
Orge sèche	1 x 18 m ³	7'500	5'498
Maïs grain humide	1 x 135 m ³	56'100	1'416
Poumon, conduite de gaz, vis		8'300	
Procédé 3			
Orge sèche	1 x 24 m ³	10'000	1'540
Maïs grain humide	2 x 90 m ³	86'000	8'428
Poumon, conduite de gaz, vis		16'600	2'817
Procédé 4			
Orge sèche	1 x 24 m ³	10'000	1'540
Maïs grain humide	2 x 105 m ³	55'200	4'475
Procédé 5			
Mélange orge-grain de maïs	1 x 285 m ³	93'000	7'719
Poumon et conduite de gaz		7'000	1'043

se montent à Fr. 14 200.-. Pour les autres procédés avec ensilage d'une partie des céréales, ces frais sont nettement moins élevés, s'abaissant jusqu'à Fr. 1 700.- pour le procédé 2.

Il en va de manière inverse pour les frais de machines, d'installations et de bâtiment, qui se montent à Fr. 26 000.- pour le procédé 1, le moins coûteux. Pour les autres procédés, ces frais s'élèvent jusqu'à Fr. 36 900.- (procédé 5).

Les achats d'orge nécessaires pour les procédés 2 à 5 varient entre 12 dt pour le procédé 3 et 65 dt pour le procédé 2. Les frais qui en résultent oscillent entre Fr. 760.- et Fr. 4 100.-.

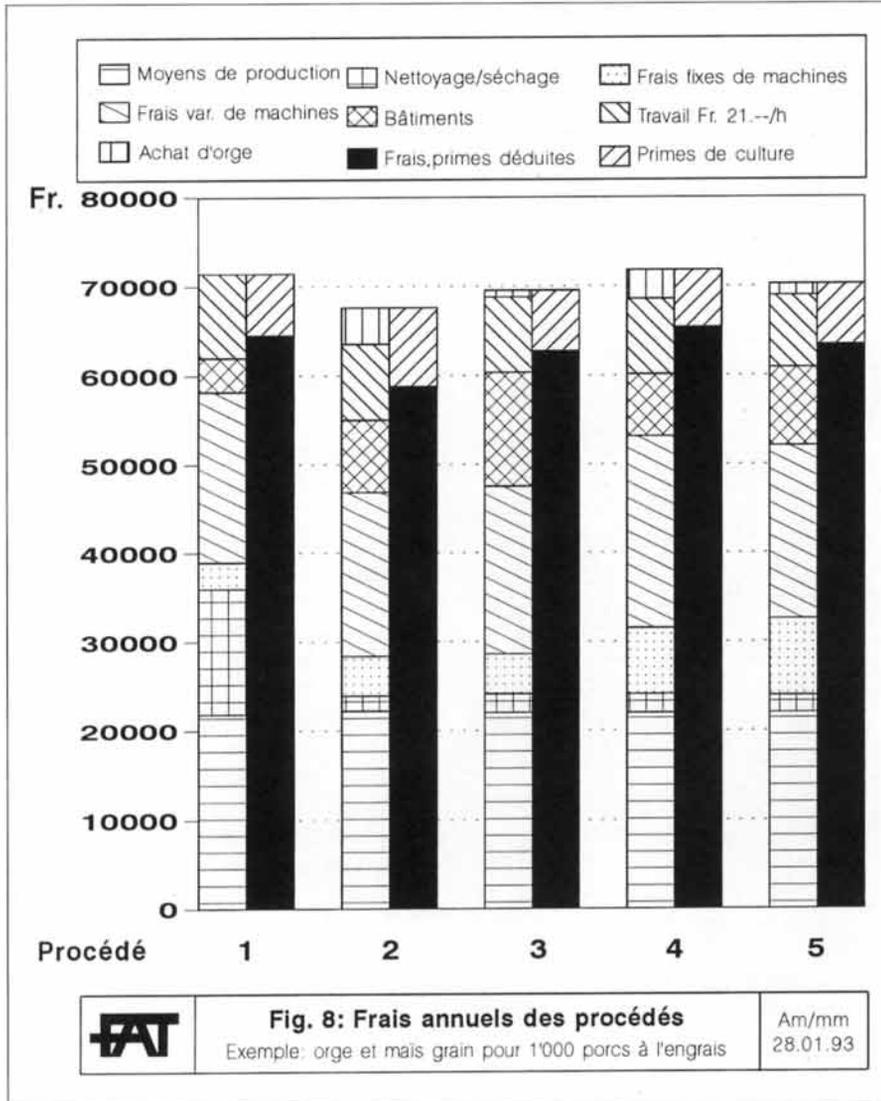
Dans la comparaison, il faut tenir compte de la **diminution des frais** engendrée par les différentes **primes de cultures** allouées pour la culture de l'orge. Selon les normes valables dès 1993, ces valeurs se situent dans notre exemple entre Fr. 6 400.- pour le procédé 4 et Fr. 8 800.- pour le procédé 2. Si l'on tient compte de ce facteur, les procédés 2 et 3 avec les silos GFK et la reprise par le bas présentent les frais les moins élevés: de Fr. 58 800.- à Fr. 62 700.-. A mi-chemin entre les deux extrêmes, nous trouvons le procédé 5 avec le silo Harvestore, alors que les coûts les plus conséquents proviennent des procédés avec céréales sèches (procédé 1) et silo en polyester avec reprise par le haut (procédé 4), s'élevant à Fr. 64 500.- et Fr. 65 400.-.

Calculée par porc engraisé, la différence la plus importante se monte à Fr. 6.60.

Il est toutefois entièrement envisageable de produire l'intégralité des céréales sur le domaine si la surface le permet. Cela nécessite bien sûr d'adapter la rotation des cultures et d'inclure dans la comparaison les frais et les rendements des surfaces non utilisées.

Conclusions

- Considérés sur la base de 1 000 porcs engraisés annuellement, les cinq procédés décrits se différencient essentiellement du point de vue des



Tab. 6: Frais liés au procédé, en tenant compte des primes de culture et des achats d'orge

Exemple	Frais liés au procédé Fr.	Orge achetée Fr.	Primes de culture de l'orge Fr.	Frais liés au procédé, moins les primes de culture de l'orge Fr.
Procédé 1	71'400	0	6'900	64'500
Procédé 2	67'600	4'100	8'800	58'800
Procédé 3	69'500	760	6'800	62'700
Procédé 4	71'800	3'200	6'400	65'400
Procédé 5	70'200	1'300	6'800	63'400

techniques d'appoint utilisées et de l'organisation.

- Pour le procédé 2 (séchage), l'accent est mis sur la préparation et le stockage des céréales hors de l'exploitation, ce qui l'expose plus fortement aux influences extérieures, comme une modification à court terme des frais de séchage.

- Les procédés 2 à 5 nécessitent une adaptation de la mécanisation et la construction de silos adéquats. Pour conserver des céréales humides avec une perte de MS limitée à 1,5%, il faut disposer de silos étanches et faire usage de CO₂. Une bonbonne de CO₂ suffit en règle générale pour un silo pendant 6 mois. Les frais par bonbonne (30 kg resp. 15 m³) se montent à Fr. 80.-. Attention: il faut constamment surveiller l'installation!

- Les procédés ne présentent pas de grande différence en matière d'économie de main d'œuvre. Ce qui est important, c'est que la reprise et la mouture s'effectuent sans qu'une personne doivent assurer une surveillance.

Questions non résolues

- Dans quelle mesure une céréale humide avec une teneur en eau de 13 à 40%, traitée au CO₂ dans un silo étanche peut-elle être qualifiée d'ensilage?

- L'utilisation de céréales humides est-elle limitée à l'alimentation en soupe ou est-il également possible d'en faire usage dans les automates à aliments?