

## ENRICHISSEMENT EN PROTEINES DES TOURTEAUX DE TOURNESOL PAR VOIE MECANIQUE

A. PREVOT, Melle C. BLOCH, C. DEFROMONT (France)

### INTRODUCTION

Dans notre premier rapport, nous avons montré que les décortiqueurs actuellement utilisés en France ne permettent pas de décoller complètement les coques des amandes de la graine de tournesol. Malgré tout le soin apporté à cette opération, beaucoup de graines restent entières ou mal décortiquées. En conséquence, il est difficile d'améliorer la qualité des tourteaux obtenus par cette méthode. Il était donc nécessaire de chercher une autre voie. Le blutage avait été préconisé dans notre précédente étude, mais les essais en étaient restés au stade laboratoire et avaient été effectués sur quelques kilogrammes.

Cette seconde étude a pour but de compléter la première et surtout d'étudier les conditions industrielles afin d'informer les producteurs de tourteaux et les Pouvoirs publics des possibilités offertes par cette technique.

Ce travail a été mené en collaboration avec un certain nombre d'industriels de l'huilerie, de la meunerie et des fabricants d'aliments. Nous les en remercions vivement. Grâce à cette collaboration, il a été possible d'effectuer un travail industriel et d'arriver à une conclusion pratique.

Pour le contrôle analytique, il a été utilisé les techniques classiques. Pour la cellulose, nous avons adopté la détermination de la cellulose de WEENDE comme nous l'avions décrite dans notre précédent rapport.

### I - OBTENTION DES TOURTEAUX

Les graines de tournesol de provenance française ont été décortiquées par un appareil du type à friction permettant de traiter 600 kg/heure, débit volontairement réduit pour obtenir le maximum d'efficacité.

Cette opération a permis d'obtenir :

76,8 % de graines décortiquées  
et  
23,2 % de coques

alors que la graine contenait 72 % d'amandes et 28 % d'enveloppes.

La composition de ces produits est donnée dans le tableau I.

Macroscopiquement, les graines décortiquées contenaient :

86 % d'amandes  
7,8 % de graines entières  
3,1 % de coqués libres  
3,1 % de farinettes.

Ces graines décortiquées ont été d'abord broyées, puis elles sont passées dans un conditionneur thermique où elles sont amenées à 88°C en 30 minutes en présence d'eau pour favoriser l'extrusion de l'huile. Les tourteaux obtenus, dont la composition est donnée dans le tableau II, sont ensuite traités à l'hexane de façon à retirer le maximum d'huile. Ils sont ensuite desessenciés sous vide. Une légère injection de vapeur d'eau est faite en fin de traitement pour supprimer toute trace d'hexane. La composition du produit obtenu est donnée dans le tableau III.

Dans une précédente étude, nous avons déjà montré qu'il était possible d'obtenir un tourteau plus riche en protéines par séparation de la cellulose APRES dégraissage.

Le but du présent travail est de montrer l'intérêt d'une telle technique, tout en recherchant la meilleure combinaison possible des différentes opérations industrielles.

## II - BLUTAGE

Nous avons utilisé une installation artisanale de meunerie. Elle comprenait 4 étages de travail. Nous avons essayé de déterminer le nombre d'étages optimum pour l'obtention d'un produit de qualité.

Les résultats obtenus ont permis de définir les possibilités industrielles d'un tel traitement. Le coût de l'opération est d'environ 12 centimes par kg.

La farine obtenue contient plus de 50 % de protéines (sur sec et dégraissé) et moins de cellulose que les amandes elles-mêmes, tout au moins dans les conditions opératoires utilisées.

Nous avons trouvé que le blutage est une opération de même efficacité que le décortilage et on peut, dans certains cas, supprimer complètement ce dernier au profit du blutage. Le tableau IV montre les quantités de cellulose retirées au cours des diverses phases du traitement. Il apparaît que le blutage permet d'enlever autant de cellulose que le décortilage avec l'appareillage utilisé dans la présente expérimentation. Il permet également d'obtenir des farines de diverses qualités et, par là même, de répondre au mieux aux diverses utilisations qui peuvent s'offrir sur le marché.

Le blutage est une opération couramment utilisée en meunerie. Elle consiste en un broyage suivi du passage du produit pulvérisé sur des toiles métalliques à mailles calibrées.

Les tamis ou planschiters sont actionnés par un système de balourd qui permet la classification des produits.

La distribution du produit sur le séparateur se fait par une écluse qui le répartit d'une façon uniforme en couche très mince. Il sort de ces appareils trois produits :

la farine,  
les déchets,  
les refus.

Les paramètres de marche sont :

la granulométrie du produit,

- . le débit du produit à traiter,
- . la dimension des mailles de tamis,
- . le nombre de passages.

Nous envisagerons ici les divers paramètres.

#### Qualités du tourteau

Le produit à traiter doit posséder certaines qualités et, en particulier, ne pas être trop humide ni trop gras pour éviter de coller sur les toiles. Ces conditions opératoires sont bien connues des meuniers et nous nous sommes contentés de suivre leurs conseils.

Les tourteaux que nous avons utilisés avaient une teneur en humidité inférieure à 10 % ; la teneur en matières grasses était inférieure à 1,5 %.

Des essais d'orientation avaient été effectués avec des tourteaux de pression dont la teneur était voisine de 15 % et la séparation était très mauvaise, c'est pourquoi nous nous sommes limités aux farines dites deshuilées.

### III - INFLUENCE DU BROYAGE PREALABLE

Le produit sortant de l'extraction avait une granulométrie très hétérogène et il était nécessaire de briser les plus gros morceaux par passage dans un broyeur à marteaux. Cependant, ce mode de broyage présente l'inconvénient de donner beaucoup de poussières et de farinettes. On peut aussi utiliser le broyeur sans grille et son rôle est alors de détruire uniquement les plus gros morceaux.

Nous avons testé ce mode de préparation et les résultats sont donnés dans le tableau V. Le broyage préliminaire au broyeur à marteaux sans grille permet, après blutage, d'obtenir une farine plus pauvre en cellulose (6,56 % contre 8,63 %) ; malheureusement, dans ce cas, les déchets sont plus riches en protéines.

Avec grille, la teneur en cellulose des déchets est de 56,1 % ; sans grille, cette teneur passe à 45,6 %. (Les teneurs en protéines sont respectivement de 9,36 % et 13,6 %).

Ceci montre que le degré de finesse joue un rôle important sur les possibilités d'extraire tel constituant ou tel autre et obtenir des produits résiduels plus ou moins purs.

Cette étude demanderait à être complétée par la recherche d'une granulométrie précise et peut-être d'effectuer, avant l'opération de blutage proprement dite, une classification des tourteaux. Il est d'ailleurs courant, industriellement, d'effectuer une classification préalablement au broyage.

### IV - INFLUENCE DU NOMBRE DE PASSAGES

Dans le système de planschiters, il est possible de reprendre le refus du tamis et de le broyer à nouveau pour essayer de faire une nouvelle extraction. On peut donc multiplier le nombre d'étages pour obtenir la meilleure séparation possible. Nous avons donc effectué successivement deux, trois puis quatre passages avec, chaque fois, un broyage. (voir tableau VI)

Les résultats de ces essais figurent au tableau VI, dans lequel est résumée la composition des différentes phases obtenues. On peut tirer les conclusions suivantes :

1. deux passages sont déjà suffisants pour obtenir un résultat intéressant,
2. l'augmentation du nombre de passages ne favorise pas la séparation,
3. la plus forte teneur en protéines est obtenue avec trois passages,
4. les déchets les plus purs, c'est-à-dire les plus riches en cellulose (donc conduisant à la plus faible perte en protéines) sont ceux obtenus avec trois passages.

Les farines les plus riches en protéines ainsi que les déchets les plus riches en cellulose sont obtenus avec le minimum de broyages et de passages aux tamis.

On peut admettre qu'il existe une granulométrie optimale où la différence de densité apparente entre la cellulose et les protéines est la plus importante permettant une bonne classification. D'autre part, puisqu'il est nécessaire d'effectuer un broyage très poussé du produit pour obtenir une séparation des constituants, cela veut dire que ces derniers sont encore très liés l'un à l'autre. Nous retrouvons là un problème bien connu, notamment lors de la séparation des coques et des amandes après décorticage : si cette dernière opération n'est pas effectuée soigneusement, le % de coques entraînés avec les amandes est très important. Les meilleurs résultats sont obtenus lorsque les amandes sont entières et les coques complètement décollées de celles-ci. Dans l'opération de blutage, c'est le même phénomène qui se produit : l'adhérence de la coque à l'amande joue un rôle très important. Le broyage préliminaire doit être mené très correctement pour favoriser le "décollement" des deux produits.

#### V - INFLUENCE DE LA GRANULOMETRIE

C'est là un problème technologique très important et qui, à lui seul, pourrait faire l'objet d'une étude.

Nous nous sommes limités aux tamis qui étaient alors à notre disposition, c'est-à-dire des tamis d'ouverture de mailles de 1 300, 1 200, 900 et 800 microns.

Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau VII : il apparaît que le tamis à mailles de 900 microns donne les meilleurs résultats pour les teneurs en protéines, et les écarts sont suffisamment nets pour être significatifs.

L'explication que l'on peut donner à ce résultat recoupe les résultats précédents. Pour obtenir une finesse très élevée du produit, il faut broyer le tourteau d'une façon très poussée et, dans ces conditions, il devient difficile au tamisage d'obtenir la séparation entre les deux constituants. Il est évident que lorsque le broyage est insuffisant, les particules sont trop grosses et la cellulose reste collée aux protéines ; le tamisage ne peut pas alors conduire à une séparation. Un broyage optimal est donc nécessaire et il semble que la zone favorable soit assez étroite. Il est possible également que cet optimum ne soit pas le même pour toutes les conditions expérimentales : variété de tournesol traité, degré d'humidité, teneur en matières grasses, mode d'obtention du produit (avec ou sans pression), etc... Seule une étude statistique des résultats obtenus permettrait, après de nombreux essais, de déterminer les dimensions de mailles les mieux adaptées à tous les cas qui pourront se présenter.

#### VI - EXTRACTION DE FARINES A MOYENNE TENEUR EN CELLULOSE A PARTIR DES REFUS

Nous avons vu, au paragraphe I, que les appareils de blutage permettaient de produire trois constituants différents : la farine, le refus et les déchets. Suivant leur importance respective, il peut être intéressant de valoriser le refus et les déchets : avec un appareillage similaire au précédent, on peut extraire un produit enrichi de valeur marchande certaine. Dans le tableau VI, nous voyons que les "refus" contiennent 10 à 16 % de cellulose et nos essais nous ont montré qu'ils peuvent représenter 30 à 40 % du produit traité. Il était donc intéressant d'essayer de les valoriser en leur faisant subir un passage supplémentaire.

Dans ce but, nous avons repris le "refus" de l'essai ayant donné la moins bonne farine. Le tableau VIII donne la composition des produits obtenus au cours de ce nouveau traitement. On voit que ce nouveau passage permet d'obtenir une farine contenant 8,25 % de cellulose et 41,2 % de protéines, ce qui est une amélioration certaine par rapport au produit obtenu directement après extraction (tableau IX). Ce traitement est donc très intéressant du point de vue qualitatif. Quantitativement, nous avons obtenu 38,6 % de ce produit enrichi par rapport au refus ; nous verrons, dans la dernière partie de ce travail, que cela représente une revalorisation certaine.

Cette technique permet donc de produire une farine très acceptable pour l'alimentation animale, comparée à celle couramment obtenue par la technique classique utilisant le décorticage.

#### VII - RENTABILITE DU BLUTAGE

Pour effectuer un classement de toutes les farines obtenues au cours de ces essais, nous pouvons dresser le tableau X, dans lequel il apparaît que les farines obtenues après trois passages de blutage arrivent en tête ; les amandes peuvent être classées en seconde position avec près de 52 % de protéines, et les tourteaux d'extraction n'ayant subi aucun traitement arrivent au dernier rang.

La précision de l'analyse pourrait être ici discutée, car la teneur en protéines est obtenue en multipliant la teneur en azote par 6,25 et de faibles différences sont ainsi amplifiées ; mais les écarts entre les extrêmes sont ici suffisamment significatifs pour retenir notre attention.

D'autre part, si nous examinons la pureté des "déchets" exprimée non plus en "teneur en cellulose" mais en "teneur en coques" (le calcul étant fait en prenant comme base le pourcentage de cellulose dans les coques), nous pouvons dresser le tableau XI. Les déchets obtenus au cours des différentes opérations de blutage permettent d'obtenir des déchets celluloseux d'une plus grande pureté en coques que ces mêmes coques obtenues directement après tamisage.

#### VIII - INFLUENCE DU BLUTAGE SUR LES PERTES EN MATIERES GRASSES

Comparons les pertes en huile entraînées par les coques dans les trois techniques qui suivent. Pour plus de clarté, nous exprimerons ces pertes en kg d'huile pour une tonne de graines :

- a) Technique classique (décorticage, séparation des coques, pression, extraction) : Comme une tonne de graines contient 230 kg de coques à 5 % d'huile (valeur obtenue pour des coques industrielles), la perte en huile est de :

$$230 \text{ kg} \times 0,05 = \underline{11,5 \text{ kg}}$$

- b) Technique classique + blutage : même perte d'huile.

- c) Technique par extraction directe avec blutage (décorticage, extraction, blutage).

La quantité d'huile entraînée dans les coques est beaucoup plus faible avec cette technique, pour la simple raison que les coques ont subi une extraction par solvant. Nous avons trouvé que les "déchets" du blutage contenaient 1,6 % d'huile (tableau V). Ces déchets représentent en moyenne 78 % de la quantité théorique de coques (calculé d'après le tableau XI), soit pour une tonne de graines :

$$230 \text{ kg} \times 0,78 = \underline{179 \text{ kg}}$$

La perte en huile dans ce cas n'est que de :

$$179 \text{ kg} \times 0,016 = \underline{2,87 \text{ kg}}$$

Cela représente un gain de 8,6 kg d'huile par tonne de graines traitées ou encore un gain de 2,1 % d'huile par rapport à l'huile totale pouvant être obtenue à partir de ces graines.

Il faut cependant, dans l'étude de la rentabilité, considérer le problème dans l'ensemble de l'huilerie. Il se peut que ce supplément d'huile augmente les pertes au raffinage. En effet, une grande partie de la teneur en extractible par l'éther de pétrole des coques de tournesol est constituée par des cires qui seront perdues au cours du raffinage ou rendront celui-ci plus difficile.

#### IX - INTERETS INDUSTRIELS DE CE MODE D'ENRICHISSEMENT EN PROTEINES DES TOURTEAUX DE TOURNESOL

Pour donner à cette étude un intérêt pratique, nous avons établi les bilans massiques donnés

dans les tableaux XII et XIII qui sont tirés de nos travaux expérimentaux et de résultats obtenus industriellement. C'est pourquoi on pourra remarquer que certains bilans de constituants ne donnent pas de valeurs exactes et qu'ils sont arrondis au nombre supérieur le plus près. Nous avons pris comme base une usine traitant 192 t/j. de graines de tournesol. Ce tonnage est celui d'une usine moyenne et représente un débit horaire de 8 t.

a) Technique classique (décorticage, séparation des coques, pression, extraction).

Nous rappellerons rapidement la technique habituellement pratiquée pour cette graine ; elle se décompose dans les phases suivantes : après nettoyage, la graine est décortiquée dans des appareils travaillant soit par friction, soit par percussion et, dans les deux cas, les amandes sont séparées des coques dans des appareils dits "séparateurs". Cette opération ne permet pas de retirer la totalité des coques et il reste toujours un pourcentage non négligeable de celles-ci dans les amandes. Si les séparateurs ne sont pas correctement réglés ou si l'on cherche une pureté trop grande des amandes, on obtient des coques très riches en amandes et contenant beaucoup d'huile, d'où une perte supplémentaire. C'est ce qui s'est produit au cours de notre expérimentation où nous avons une teneur en huile dans les coques de 14,4 %.

La graine décortiquée, encore appelée amande, passe ensuite à la préparation où elle subit en général un broyage ou un aplatissage puis une cuisson et passe ensuite à la trituration. Cette opération donne deux produits : de l'huile et du tourteau de pression ou expeller. Le tourteau obtenu à ce stade contient tous les constituants sauf une partie de l'huile de la graine.

Avec ou sans préparation spéciale, les tourteaux sont envoyés ensuite à l'extraction où s'effectue la dissolution de l'huile restante par de l'hexane. L'huile est récupérée par distillation de l'hexane. Le tourteau imbibé d'hexane subit un séchage à température de 100° en présence de vapeur d'eau pour éliminer le solvant.

En utilisant cette technique avec une installation de 8 t/h, nous obtenons :

1 856 kg de coques, soit .....	23,12 %
3 117 kg d'huile de pression, soit .....	38,81 %
407 kg d'huile d'extraction, soit .....	5,32 %
2 630 kg de farines deshuilées, soit .....	32,75 %

Les pourcentages étant rapportés à la graine entière.

La consommation horaire en énergie et fluides de la technique (a) se décompose ainsi :

	Electricité kWh	Vapeur kg	Eau m <sup>3</sup>	Solvant kg
préparation + décorticage .....	87			
pression .....	432	840	8	
extraction .....	48	990	48	9
Totaux .....	567	1 830	56	9

soit, environ 91,6 F.

b) Technique classique suivie de blutage (décorticage, séparation des coques, pression extraction, blutage).

Si la technique classique est complétée par une opération de blutage, le bilan massique devient alors :

coques .....	1 856 kg	23,12 %
huile pression .....	3 117	38,81

huile extraction .....	427 kg	5,32 %
farine à haute teneur en protéines (H.T.P.) .....	1 521	18,94
farine à moyenne teneur en protéines (M.T.P.) .....	411	5,12
farine à basse teneur en protéines (B.T.P.) .....	647	8,05
déchets celluloseux faible teneur en cellulose (F.T.C.) .....	6,3	0,07
déchets celluloseux haute teneur en cellulose (H.T.C.) ..	44,70	0,55

La consommation horaire en énergie de cette opération est supérieure à la précédente car l'atelier de blutage doit comprendre 4 cylindres et 4 sasseurs, soit environ 120 CV ou 88 kWh pour 2 630 kg de farine deshuilée.

La consommation horaire en énergie et fluides de la technique (b) se décompose ainsi :

Electricité kWh	Vapeur kg	Eau m3	Solvant kg
567 + 88 = 655	1 830	56	9

soit, environ 100,4 F.

Il faut donc que les produits obtenus soient particulièrement bien revalorisés pour rendre cette technique vraiment rentable pour le producteur.

c) Technique d'extraction directe (décorticage sans séparation des coques, extraction directe, blutage).

Pour valoriser les produits obtenus, il faut donc réduire la consommation en énergie, par exemple en supprimant l'importante consommation électrique des presses, ou diminuer la perte en huile dans les coques (voir paragraphe VIII). Cette solution pourrait être trouvée dans la technique dite "extraction directe" du tournesol sans pression préalable. Par contre, il y a lieu de prévoir des extracteurs plus importants que ceux utilisés dans le cas précédent mais qui consomment moins d'énergie électrique. Il faut cependant tenir compte d'un besoin supplémentaire en vapeur, ce qui, en fait, est légèrement plus coûteux. L'extraction directe, pour intéressante qu'elle soit, nécessite cependant de conserver le décorticage sans effectuer la séparation des coques. Notre précédent rapport avait montré qu'il est indispensable que les coques soient décollées des amandes pour obtenir un blutage correct. Le décorticage préalable permet, lors du blutage final, de séparer les constituants celluloseux des protéines.

D'autre part, les coques libres favorisent le passage de l'hexane dans la masse de produit en cours d'extraction car elle rend plus perméable la couche de graine.

Ainsi, l'opération (c) se limite à un décorticage (sans séparation des coques et des amandes par des sasseurs), un laminage, une extraction, un blutage.

On peut ainsi obtenir :

huile d'extraction .....	3 795 kg	47,36 %
farine H.T.P. ....	1 259	15,12
farine M.T.P. ....	486	6,06
farine B.T.P. ....	764	9,53
déchets celluloseux (F.T.C.) .....	8	0,10
déchets celluloseux (H.T.C.) .....	1 701	21,23

La consommation horaire en énergie et fluides de la technique (c) se décompose ainsi :

	Electricité kWh	Vapeur kg	Eau m3	Solvant kg
préparation .....	87	500		
extraction .....	108	2 640	96	24
blutage .....	240			
Totaux	435	3 140	96	24

soit environ 124,9 F.

d) Comparaison de la valeur des produits obtenus

Si nous prenons comme base 1,80 F pour l'huile et 0,01 F pour le point protéine par kg de farine, on obtient :

tourteau d'extraction ordinaire .....	0,41 F
farine haute teneur en protéines (H.T.P.) .....	0,46
farine moyenne teneur en protéines (M.T.P.) .....	0,45
farine basse teneur en protéines (B.T.P.) .....	0,30
déchets celluloseux .....	0,15

On peut dresser les tableaux XIV et XV toujours calculés dans le cas d'une usine traitant 8 t/h.

Le procédé classique (a) permet d'avoir une valeur de 7 635,90 F à l'heure, le second procédé (b) 7 643,96 F et le troisième (c) 8 113,40 F.

La différence de prix horaire entre le premier procédé et le second est de 8 F et entre le troisième et le premier de 477,50 F. Journellement, cela représente des valeurs supplémentaires, dans le premier cas, de 168 F et, dans le second, de 11 439 F, soit par tonne de graines traitées 0,87 F avec le procédé de pression + extraction + blutage et de 59,57 F avec le procédé extraction seule + blutage.

Il est donc certain que, compte tenu de l'amortissement de l'installation et des frais supplémentaires de fonctionnement (88 kWh), la seconde technique (b) est peu rentable dans ces conditions. Pour qu'elle soit adoptée, il faudrait révaloriser le point de protéine pour les tourteaux à basse teneur en cellulose.

Le troisième procédé (c) (extraction directe + blutage) apparaît comme le plus rentable et ceci même dans les conditions de prix fixées ci-dessus. La question qui se pose est l'adaptation d'une telle technique à l'appareillage existant. Il est certain que cela présente quelques difficultés et que, si elle est adaptable à certain type d'appareils, elle impose des diminutions de débit. Dans le cas d'une nouvelle unité, cela ne présente pas de difficultés particulières.

CONCLUSIONS

Cette étude sur l'enrichissement des tourteaux de tournesol a permis de montrer que :

1. le décortiquage n'est pas la seule opération permettant d'obtenir des tourteaux à faible teneur en cellulose.
2. le décortiquage peut être avantageusement remplacé par le blutage, opération relativement simple et bien connue.

Cependant, le blutage est une opération supplémentaire qui ne rencontrera un écho favorable auprès des fabricants de tourteaux que si les produits fabriqués sont nettement valorisés. Par contre, cette opération peut devenir nettement avantageuse en modifiant légèrement la technique habituelle de traitement des graines de tournesol. Les modifications préconisées sont les suivantes :

- simple décortiquage sans séparation des coques et des amandes,
- extraction directe par solvant.

La farine ainsi obtenue est très riche en cellulose, mais elle peut être facilement débarrassée de ce constituant par l'opération de blutage.

Ainsi, cette technique permet de gagner 2,1 % d'huile par rapport à l'huile totale de constitution de la graine.



Le tourteau ainsi purifié peut être classé en divers produits contenant entre 46 à 52 % de protéines (sur sec et dégraissé). D'autre part, le déchet cellulosique est lui-même revalorisé. En effet, pour de nombreux emplois, on reproche à ce sous-produit sa trop haute teneur en matières grasses. Dans le cas présent, il contient une teneur en extractible par l'éther de pétrole égal à celui du tourteau.

Il est bien certain qu'une telle technique demande un appareillage d'extraction par solvant de taille supérieure à celui habituellement utilisé pour le travail des tourteaux de pression ainsi qu'une distillation appropriée, mais elle permet une économie très appréciable de l'énergie (vapeur, électricité). Nos calculs ont montré qu'il était ainsi possible de réaliser un gain supplémentaire de 46 F par tonne de graines traitées.

Tableau I - Composition des graines du lot expérimenté

Produit	% eau	% matières grasses sur		% cellulose sur			% protéines sur		
		brut	sec	brut	sec	sec et dégraissé	brut	sec	sec et dégraissé
Graines entières	4,19	48,0	50,1	14,1	14,7	29,5	14,8	17,3	31,0
Amandes séparées à la main	2,96	59,0	60,9	3,20	3,30	8,41	19,8	20,4	52,0
Coques séparées à la main	7,04	5,00	5,36	41,4	45,0	47,1	6,45	6,93	7,33
Graines décortiquées ou amandes	3,05	58,1	59,9	5,05	5,22	13,0	18,65	19,1	48,0
Coques industrielles	7,95	14,4	15,6	44,0	47,8	56,5	2,23	2,42	3,11

Tableau II - Composition des tourteaux de tournesol obtenus par pression

	% eau	% matières grasses sur		% cellulose sur			% protéines sur		
		brut	sec	brut	sec	sec et dégraissé	brut	sec	sec et dégraissé
Tourteaux de pression	6,17	15,0	15,7	11,0	11,7	13,9	35,9	38,3	45,6

Tableau III - Composition des tourteaux de tournesol obtenus par extraction par solvant

% eau	% matières grasses sur		% cellulose sur			% protéines sur		
	brut	sec	brut	sec	sec et dégraissé	brut	sec	sec et dégraissé
8,75	1,05	1,15	12,5	13,3	13,5	41,9	45,5	46,0

Tableau IV - Tableau comparatif des teneurs en cellulose retirée au cours des opérations d'obtention

Etage du traitement	Teneur % en cellulose après traitement	% cellulose enlevée de la graine de départ	% cellulose enlevée par rapport au traitement précédent
Graine brute	29,5	0	0
Décorticage	13,0	55,9	55,9
Deshuilage par pression	13,5	52,9	0
Deshuilage par extraction	13,5	54,3	0
Broyage	11,1	62,3	20,6
Blutage	6,56	77,7	51,3

Tableau V - Influence du broyage préliminaire sur les farines de tournesol

Produit		% eau	% matières grasses sur		% cellulose sur			% protéines sur		
			brut	sec	brut	sec	sec et dégraissé	brut	sec	sec et dégraissé
Broyeur à marteaux sans grille	Farine brute après broyage	8,7	1,2	1,35	12,5	13,7	13,8	39,2	42,9	43,5
	Farine tamisée	9,7	1,15	1,3	7,7	8,5	8,6	46,4	51,9	52,0
	Refus tamis	9,3	1,1	1,25	14,6	16,1	16,3	37,1	40,9	41,4
	Déchets	10,0	1,3	1,4	49,8	55,3	56,1	8,6	9,55	9,7
Broyeur à marteaux sans grille	Farine brute après broyage	8,8	1,2	1,31	10,9	11,95	12,1	41,7	45,7	46,3
	Farine tamisée	9,7	1,2	1,31	5,85	7,0	6,6	45,3	50,2	50,8
	Refus tamis	9,6	1,2	1,35	17,4	19,2	19,5	35,6	39,4	39,9
	Déchets	10,5	1,4	1,6	40,2	44,9	45,6	12,0	13,40	13,6

Tableau VI - Influence du nombre de passes au tamisage sur la composition des farines de tournesol

Nombre de passes	Produit	% eau	% matières grasses sur		% cellulose sur			% protéines sur		
			brut	sec	brut	sec	sec et dégraissé	brut	sec	sec et dégraissé
2	Farines	8	1,40	1,52	6,30	6,8	7	46,8	50,2	51,7
	Refus	8	1,20	1,63	16,0	17,4	17,6	36,7	39,2	40,4
	Déchets	9,8	1,15	1,26	4,1	44,8	45,3	15,35	16,9	17,1
3	Farines	8,6	1,43	1,54	6,5	7,1	7,2	46,9	51,3	52,1
	Refus	8,4	1,24	1,35	14,9	16,3	16,2	38,6	42,1	42,7
	Déchets	8,3	1,35	1,85	42,5	46,3	47,0	9,80	10,7	10,8
4	Farines	9,7	1,2	1,31	5,85	6,4	6,5	45,30	50,2	50,8
	Refus	9,6	1,2	1,35	17,4	19,2	19,6	35,6	39,4	39,9
	Déchets	10,5	1,4	1,60	40,2	44,9	45,6	12,0	13,4	13,6

Tableau VII - Influence de la dimension des tamis sur la composition des farines de tournesol obtenues par blutage

Dimensions des tamis (en microns)	% eau	% matières grasses sur		% cellulose sur			% protéines sur		
		brut	sec	brut	sec	sec et dégraissé	brut	sec	sec et dégraissé
1 300	9,2	1,3	1,4	6,9	7,52	7,70	43,1	47,5	48,2
1 200	10	1,2	1,35	7,9	8,87	8,90	44,4	49,3	50,1
900	9,4	1	1,15	6,9	7,6	7,7	46,6	51,4	52,1
800	10,7	1,2	1,4	7,0	7,83	7,9	42,7	47,9	48,6

Tableau VIII - Composition des produits obtenus par tamisage des refus d'une farine de tournesol blutée

Produit	% eau	% matières grasses sur		% cellulose sur			% protéines sur		
		brut	sec	brut	sec	sec et dégraissé	brut	sec	sec et dégraissé
Refus de l'essai précédent	9,3	1,1	1,25	14,6	16,1	16,3	37,1	40,9	41,4
<u>Après repasse :</u>									
Farines	9,9	1,1	1,22	8,25	9,15	9,17	45,2	50,2	50,3
Refus	9,9	1,3	1,44	20,7	23,0	23,1	31,7	35,2	35,3
Déchets	10,8	1,6	1,79	38,7	43,4	43,7	15	16,8	16,9

Tableau VIII - Composition des produits obtenus par tamisage des refus  
d'une farine de tournesol blutée

Produit	% eau	% matières grasses sur		% cellulose sur			% protéines sur		
		brut	sec	brut	sec	sec et dégraissé	brut	sec	sec et dégraissé
Refus de l'essai précédent	9,3	1,1	1,25	14,6	16,1	16,3	37,1	40,9	41,4
<u>Après repasse :</u>									
Farines	9,9	1,1	1,22	8,25	9,15	9,17	45,2	50,2	50,3
Refus	9,9	1,3	1,44	20,7	23,0	23,1	31,7	35,2	35,3
Déchets	10,8	1,6	1,79	38,7	43,4	43,7	15	16,8	16,9

Tableau IX - Compositions comparées d'une farine d'extraction et d'une farine obtenue  
à partir d'un refus d'un premier blutage de farine de tournesol

Produit	% eau	% matières grasses sur		% cellulose sur			% protéines sur		
		brut	sec	brut	sec	sec et dégraissé	brut	sec	sec et dégraissé
Farine d'extraction	11,2	1,3	1,46	12,4	14,0	14,17	38,6	43,5	44,0
Farine obtenue à partir du refus d'un premier blutage	9,9	1,1	1,22	8,4	9,15	9,17	45,2	50,2	50,3

Tableau X - Classement décroissant des farines en fonction des teneurs en protéines sur sec et dégraissé

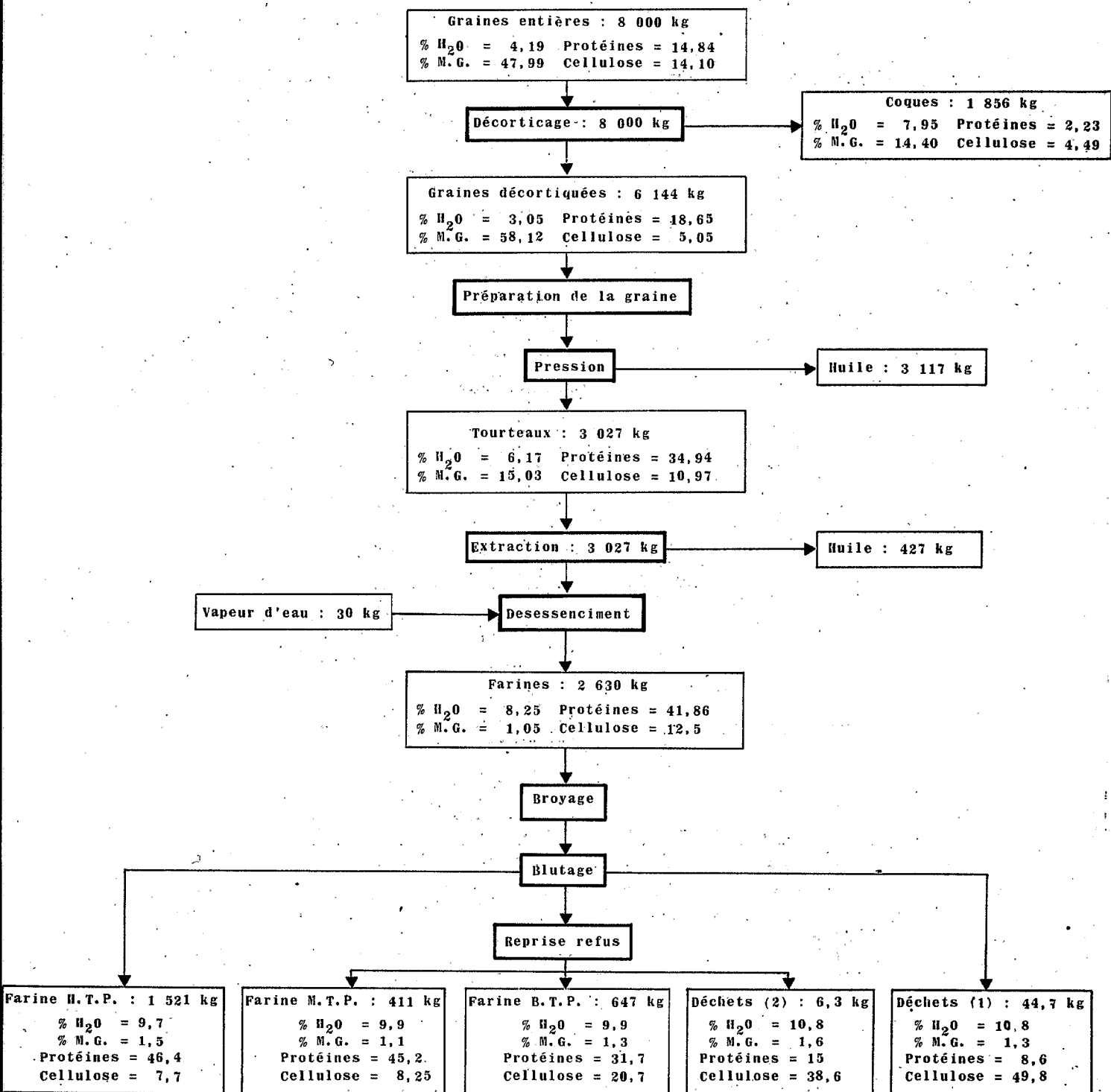
Produit	% eau	% matières grasses sur		% cellulose sur			% protéines sur		
		brut	sec	brut	sec	sec et dégraissé	brut	sec	sec et dégraissé
Farine obtenue avec 3 passages au tamis	8,6	1,43	1,54	6,46	7,06	7,18	46,9	51,3	52,1
Amandes décortiquées à la main	2,96	59,00	60,9	3,20	3,30	8,41	19,8	20,4	52
Farine obtenue avec 2 passages au tamis	8,0	1,4	1,52	6,30	6,84	6,96	46,8	50,9	51,7
Farine obtenue avec 4 passages au tamis	9,7	1,20	1,31	5,85	6,36	6,54	45,3	50,2	50,8
Farine obtenue par repasse d'un refus précédent	9,9	1,1	1,22	8,25	9,15	9,17	45,2	50,2	50,3
Graines décortiquées	3,05	58,1	59,9	5,05	5,22	13,00	18,65	19,2	48
Tourteaux d'extraction	8,25	1,05	1,15	12,5	13,3	13,5	41,9	45,55	46

Tableau XI - Classement décroissant des déchets des diverses opérations de blutage et décorticage

Origine des déchets	% cellulose sur sec et dégraissé	Teneur en coques
3 passes de blutage	47,0	87,5
4 passes de blutage	45,6	82,5
2 passes de blutage	45,3	76,7
Repasse d'un blutage	43,7	72,9
Coques de décorticage	44,9	76,0

**Tableau XII - Bilan massique de production de farine de tournesol (horaire)**

avec décortilage - base 192 tonnes/jour



**Tableau XIII - Bilan massique de production de farine de tournesol (horaire)**  
**sans décorticage - base 192 tonnes/jour**

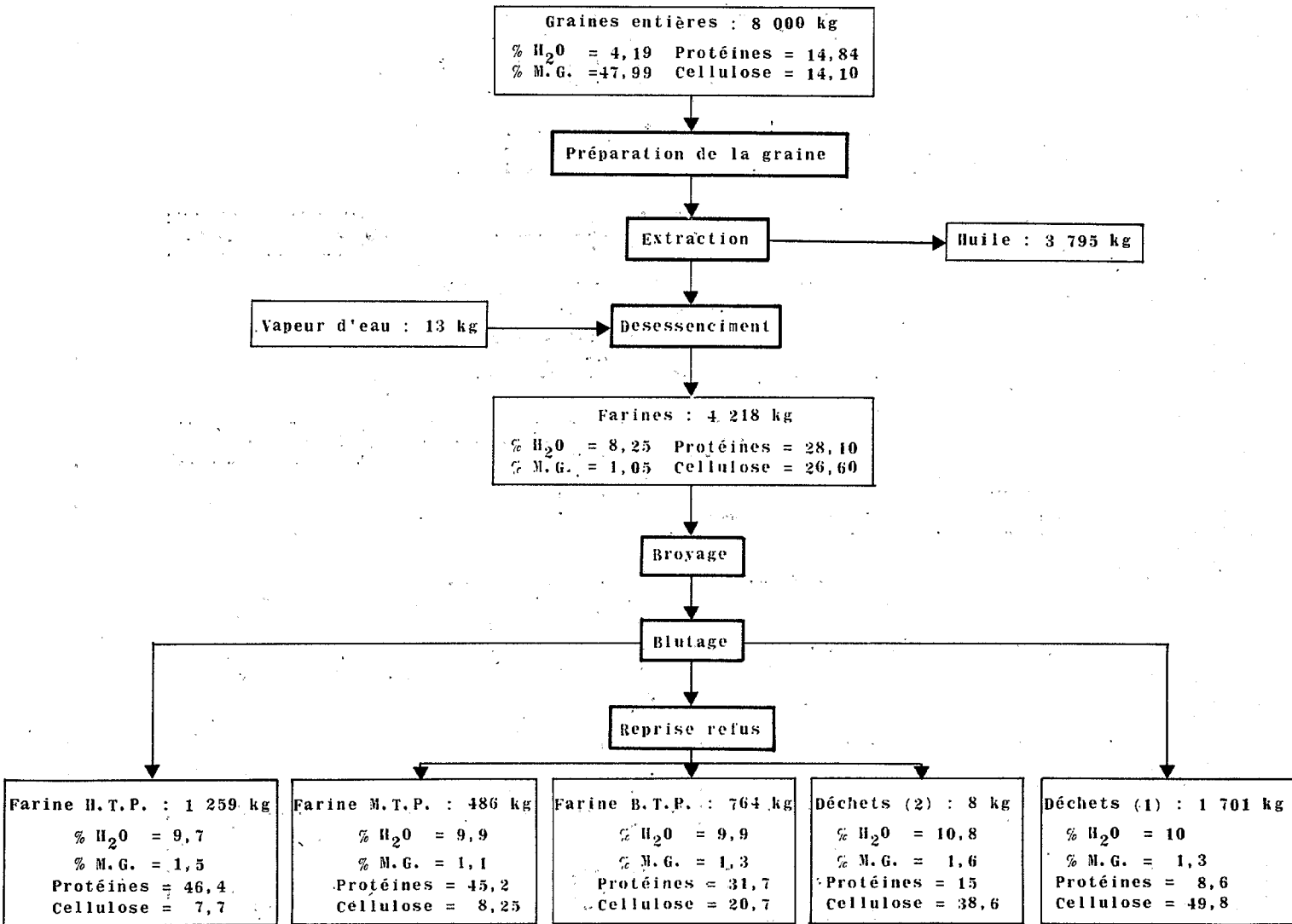


Tableau AIV - Bilans massiques comparatifs de 3 procédés d'obtention

de farines de tournesol (base horaire 8 t/graines)

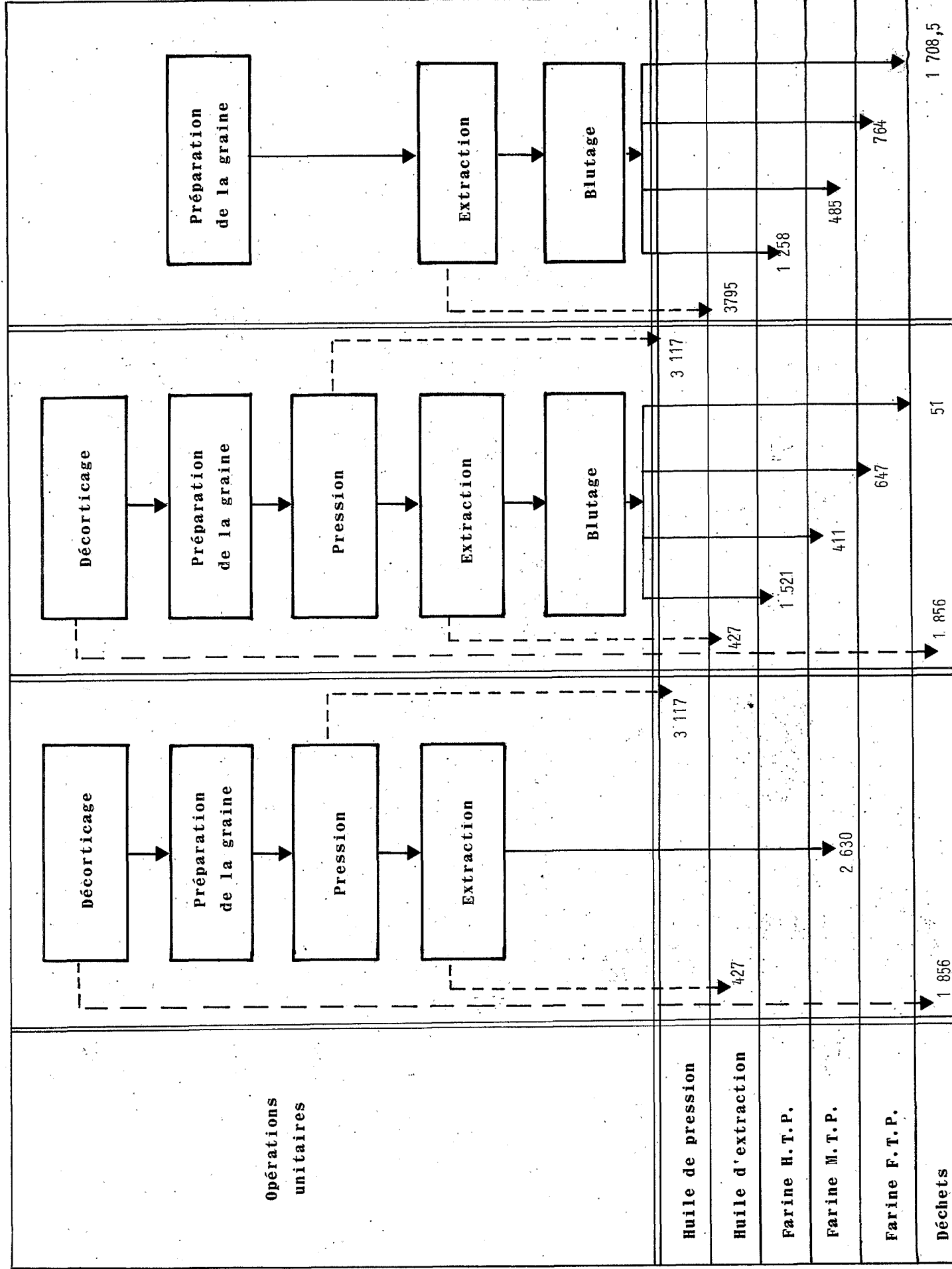




Tableau XV - Comparaison de la valeur en francs des produits obtenus en une heure suivant les procédés d'obtention\*

Opérations	(a) Décorticage avec séparation des coques + pression + extraction	(b) Décorticage avec séparation des coques + pression + extraction	(c) Décorticage sans séparation des coques + extraction directe + blutage
<u>1) Valeur des produits obtenus</u>			
Coques	178,40	178,40	
Huile pression	5 610,60	5 610,60	
Huile extraction	768,60	768,60	6 831,00
Tourteaux	1 078,30		
Farine H.T.P.		699,66	578,68
Farine M.T.P.		184,95	218,25
Farine B.T.P.		194,10	229,20
Déchets cellulosiques		7,65	256,28
	7 635,90 F	7 643,96 F	8 113,41 F
<u>2) Coûts énergétiques</u>	91,6	100,4	124,9
	7 544,30 F	7 543,56 F	7 988,51 F

\* pour des quantités de graines égales et des frais de main-d'oeuvre et d'amortissement supposés identiques - usine traitant 8 t/h de graines