

Genergy

Validation de la presse

Matériel et méthodes

Presse Oléane.

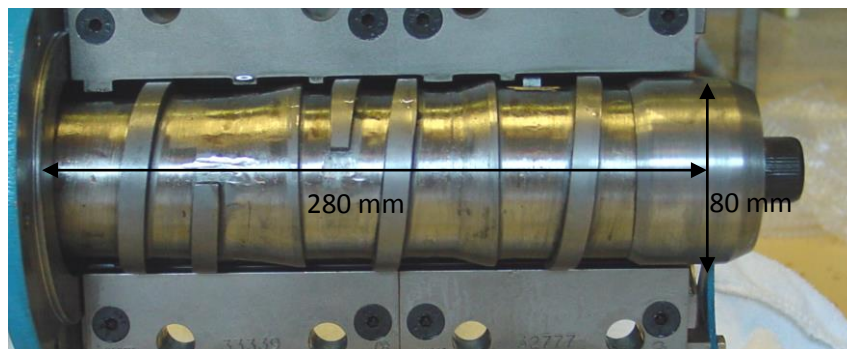


Figure 1: Vues de la presse Oléane.

La presse dont nous nous sommes équipés pour la réalisation des essais de pressage en continu à froid est une presse de marque La Mécanique Moderne, modèle Oléane 50. Cette presse est destinée au pressage de graines oléagineuses à froid en conditions artisanales. Elle a été dotée d'un variateur de fréquence et d'une sortie des tourteaux adaptée (fig.2) pour permettre d'accroître le freinage de la sortie par rétrécissement de l'entrefer entre la partie terminale de la vis et un cône sur insert fileté. Une mesure de température a été ajoutée sur la cage et un affichage de la puissance donnée par le variateur a été placé sur l'armoire électrique.

A sa vitesse de rotation nominale, elle peut traiter 50 kg de colza par heure.

La vis est séparée en 3 zones par deux restrictions coniques dont le rôle est de retourner la matière en cours de pressage.

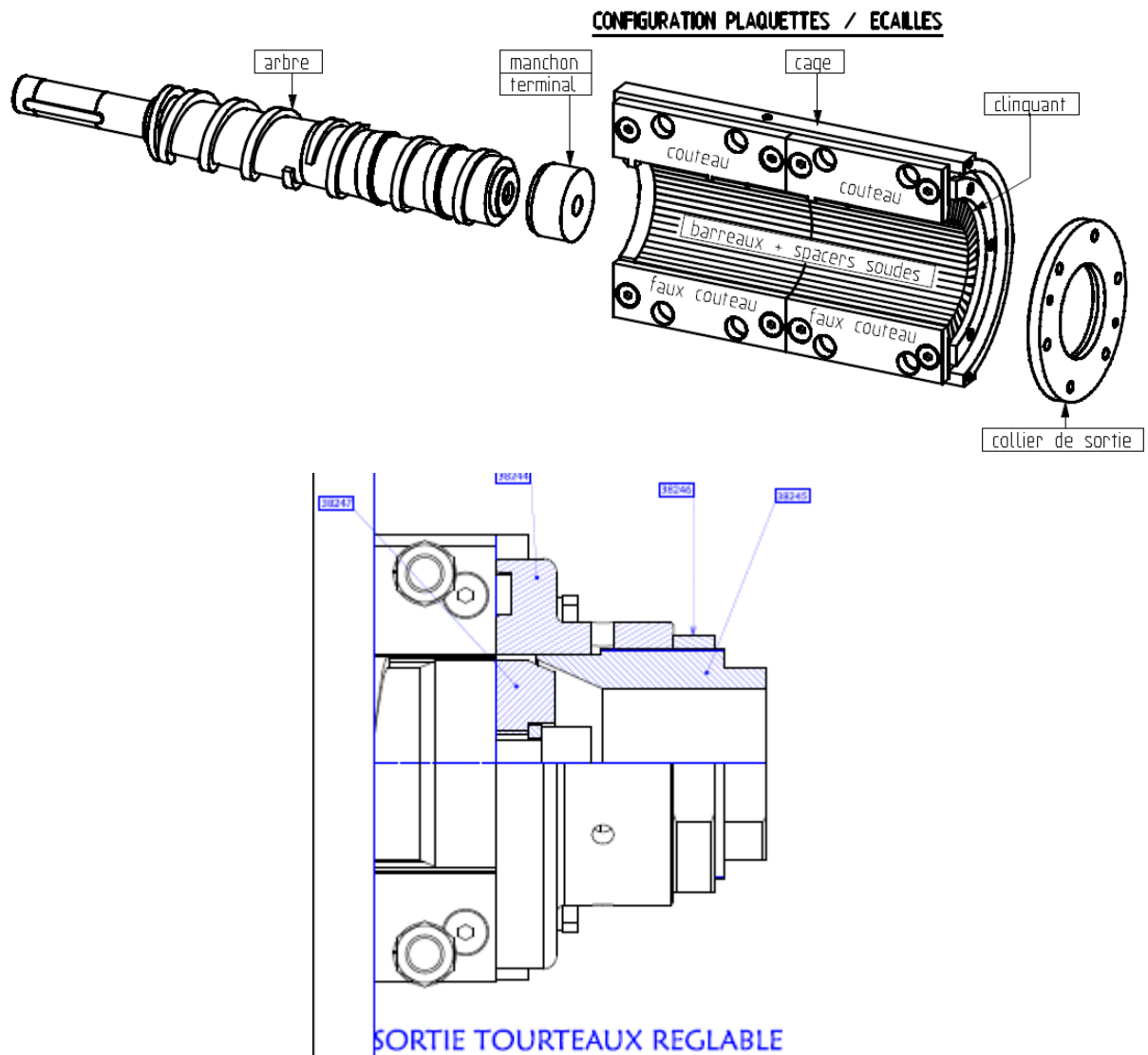


Figure 2: Schémas de la presse et de la sortie des tourteaux

Méthodes

Dans un premier temps la presse a subi un rodage pendant lequel des graines ont été passées jusqu'à qu'il soit possible d'observer des valeurs de teneur en huile dans les écailles stables. On a observé une perte de capacité de déshuilage

Le principe de l'expérimentation était de démontrer que la presse remplissait un certain nombre de conditions qui a priori caractérisent le fonctionnement des presses à vis industrielles.

- ✗ Sensibilité à la vitesse de rotation : l'augmentation de la vitesse de rotation se traduisant par une réduction du temps de séjour, la presse doit montrer un rendement décroissant aux vitesses élevées.
- ✗ Sensibilité à l'eau : l'effet de l'eau doit être négatif dans la plage 3-9 %, plus la graine est humide moins le rendement de déshuilage est élevé.
- ✗ Sensibilité à la température de pressage : la pression à chaud tend à permettre un meilleur déshuilage. Laisney explique que la chaleur est favorable car elle accroît la plasticité de l'écaille ce qui facilite son épuisement.
- ✗ Sensibilité à la présence de pellicules : on a toujours constaté qu'il était plus difficile de presser des produits décortiqués. La presse Komet en revanche est peu sensible à l'effet dépelliculage

- ✗ Sensibilité à l'effet de la cuisson : les graines cuites sont plus faciles à presser. On pense que l'amélioration de la compressibilité des graines détectées par les essais sur micropresse pourrait s'apparenter à l'effet de la cuisson et permettre d'améliorer le rendement de pressage en dépensant moins d'énergie.
- ✗ Sensibilité à l'espèce : le colza donne habituellement de moins bon rendements que le tournesol.

Le but de l'expérimentation présentée ici visait à valider ces critères via un protocole expérimental.

Contrôle de la sensibilité à la vitesse de rotation.

L'augmentation de la vitesse de rotation réduit le temps de séjour de la matière dans la presse qui doit avoir pour conséquence une réduction du déshuilage laquelle devrait se traduire par une plus forte plasticité de l'écaille qui devrait contribuer à la dégradation des performances de la presse (rétroaction négative).

On a procédé en passant un même lot de graines sur la presse aux vitesses de rotation correspondant à 50 Hz, 40 Hz 30 Hz 20 Hz et 15 Hz.

10 kg étaient mise en œuvre à chaque fois.

On a travaillé sur colza. Les graines utilisées proviennent du lot 307/Co/P09. Elles ont servi pour les essais du programme ABET. Leur teneur en huile initiale est de 44.1%.

Les valeurs RMN ont été obtenues en moyennant 4 à 5 mesures par observation. Les échantillons ayant servi à déterminer la moyenne de teneur en huile ont été prélevés à intervalles variant en fonction de la vitesse de rotation (6, 5, 3, 3 et 2 minutes pour respectivement 15, 20, 30, 40 et 50 Hz) après 5 minutes de stabilisation. La teneur en eau des échantillons de graine n'a pas été vérifiée pour cette expérience.

Répétabilité sur tournesol et comparaison interespèces

Une graine de tournesol (lot 239/To/P08) a été pressée en trois séries d'une heure afin de contrôler l'homogénéité des résultats. Les résultats obtenus permettent d'effectuer une première comparaison entre colza et tournesol.

La vitesse de rotation est 20 Hz.

Six mesures de teneur en huile sont faites sur des échantillons prélevés toutes les 5 minutes après avoir attendu 15 minutes entre le démarrage de la presse et le premier échantillon. Entre deux tests, la presse est laissée vide pendant 15 environ minutes.

Effet de la teneur en eau sur le rendement de pressage

On a travaillé sur la graine de colza 307.

Une gamme de lots de 10 kg ayant des humidités de 2-3 %, 4%, 5%, 6%, 7%, 8%, 9% a été préparée par séchage à l'air chaud (80°C) ou réhumidification par pulvérisation d'eau puis mise en rotation dans le durabilimètre. Pour chaque opération, on a procédé à deux répétitions portant chacune sur 10 kg de graines. La teneur en eau des graines a été mesurée sur un échantillon prélevé pendant le pressage.

Quatre échantillons d'écailles ont été prélevés pour mesure de la teneur en huile par RMN.

Effet de la température sur le rendement de pressage

L'essai a été réalisé sur graines de colza du lot 307.

N'ayant pas la possibilité d'alimenter la presse en continu avec des graines cuites, ni de chauffer ou refroidir la presse en cours de travail, il a été décidé de mesurer les paramètres cuisson et température indépendamment l'un de l'autre. Pour mesurer l'effet de la température de pressage, les graines ont été préchauffées par passage au cuiseur de laboratoire et maintenues chaudes dans l'étuve. En raison des difficultés de préparation, seulement 6 kg de graines ont été préparées par répétition.

On a ainsi préparé 3 modalités de température de graines (30, 60 et 90°C) répétées 3 fois.

Les résultats nous ayant paru surprenants, une seconde série de tests a été conduite en produisant une gamme de températures plus dispersée (4, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 et 90°C). La température de 4°C a été obtenue en stockant la graine à la chambre froide, la température de 10 °C était la température ambiante lors des essais réalisés au mois de février. La graine utilisée est la même que pour la première expérience.

Effet du décortilage

La graine de tournesol utilisée correspond au lot 239, un tournesol oléique de la récolte 2008. Le décortilage a été fait peu de temps avant le pressage.

Le colza utilisé provient d'un lot fourni par le CETIOM (essai R36) dont la graine a été dépelliculée au mois d'août. Le pressage a eu lieu en janvier (5/01).

La teneur en eau des amandes n'a pas été modifiée si bien que les lots décortiqués ont une teneur en eau plus faible que celle des graines. Il n'a pas paru justifié de travailler à des teneurs en eau identiques sachant que les coques et pellicules ont une teneur en eau plus importante que les amandes. Par ailleurs on suppose que les amandes sont plus difficiles à presser alors qu'une teneur en eau plus faible est un facteur favorable au rendement en huile. La mise en évidence d'un comportement dégradé malgré une teneur en eau plus faible devait confirmer l'effet négatif du décortilage.

Pour colza on a travaillé sur des lots 10 kg contre seulement 5 kg sur tournesol.

Les mesures ont été répétées 3 fois avec quatre prises d'échantillons échelonnées dans le temps (5 min entre les échantillons pour le colza et 2 minutes pour le tournesol). L'huile et le tourteau produits ont été pesés à 01 kg près, l'huile n'était pas filtrée.

L'étalonnage du spectromètre RMN a été fait sur des graines de teneur en huile connue.

Cuisson

L'effet de la cuisson est théoriquement de détruire les oléosomes, coaguler les protéines de réserve et modifier la résistance des parois cellulaires au passage de l'huile.

On a travaillé sur colza et tournesol (307/Co/P09, 239 /To/P08), à l'état de graines intactes ou de flocons.

Les graines de colza, les flocons de colza et tournesol ont été cuits dans le cuiseur Mécanique Moderne selon la procédure suivante :

- ☒ Préchauffage du cuiseur avec fluide thermique à 140°C
- ☒ Introduction des produits à raison de 70 kg environ par charge.
- ☒ Suivi de la température au moyen d'une sonde de température portable.
- ☒ A partir de la température 90°C, décompte de 80 minutes de cuisson dans les mêmes conditions.
- ☒ Déchargement et refroidissement.

Il est à noter que le colza a été cuit durant la semaine 50 (6-10 décembre) et que le pressage des graines n'a eu lieu que le 6/01, celle des flocons de colza le 10/01 soit environ un mois de stockage avant pressage. Le tournesol a été cuit les 5 et 6 janvier pour pressage le 10/01 pour les graines. Les flocons de tournesol cuits le 10/01 et pressés le 12/01.

Pour tous les lots après cuisson, la teneur en eau a été contrôlée puis on a réhumidifié les lots pour revenir à une humidité proche de la teneur en eau initiale. Entre l'ajout d'eau et le pressage un tempéragé de 24 heures a été respecté pour permettre à la matrice de s'équilibrer.

Les graines de tournesol ont été cuites au mini-cuiseur en petites charges.

En raison du délai entre la préparation et la cuisson d'une part et d'une différence importante de teneur en eau pour les graines de tournesol d'autre part, l'opération a été reproduite à partir des mêmes graines cuites toutes les deux au mini-cuiseur et réhumidifiées. La seconde cuisson a été faite à 105°C

pendant 40 minutes. 15 kg ont été cuits en 5 charges, mélangés puis humidifiés. On a conservé les graines réhumidifiées 24 heures avant pressage pour permettre à l'eau de se répartir dans la masse. La procédure de pressage a été reproduite à l'identique avec prélèvements d'écailles séparées de 2 minutes pour mesure de la teneur en huile des écailles.

Comparaison des 7 lots GENERGY récoltés en 2010

Pour chaque lot, une mesure de teneur en eau a été réalisée puis un ajustement de l'humidité des lots entre 7.2 et 7.8 % d'eau (7.5 ± 0.3) a été fait. En cas de nécessité on a procédé à un nettoyage des graines afin que la teneur en impureté ne dépasse pas 1 %. L'ajustement de la teneur en eau a été fait en suivant la procédure décrit au paragraphe concernant la mesure de l'effet de la teneur en eau.

On a procédé à 3 répétitions de 5 kg à 20 Hz en passant les lots par blocs et en changeant l'ordre de passage à chaque bloc (1 bloc comprend l'ensemble des échantillons à tester pour 1 répétition).

Pour chaque mesure, on effectué les opérations suivantes :

- ✂ Prise d'un échantillon de graine initiale pour mesure de la teneur en eau (à faire en double)
- ✂ Pesée du lot de graine initial après échantillonnage.
- ✂ Pendant le pressage, prélèvement de 4 échantillons d'écailles pour mesure de la teneur en huile par RMN et teneur en eau des écailles (à faire en simple). Les prélèvements devaient être espacés d'au moins 3 minutes et représenter toute la durée du pressage sauf les 2 premières minutes.
- ✂ A chaque prélèvement, notation la température de la cage et la puissance affichée.
- ✂ A la fin du passage des 5 kg, pesée de l'huile et du tourteau.
- ✂ Prise d'un échantillon moyen d'écailles.
- ✂ En fin d'opération, passage de 1 kg de colza standard entre les lots pour maintenir la température de la presse et ne pas introduire un biais dans les mesures .
- ✂ Notation de la température des graines avant démarrage.

Résultats

Période de rodage

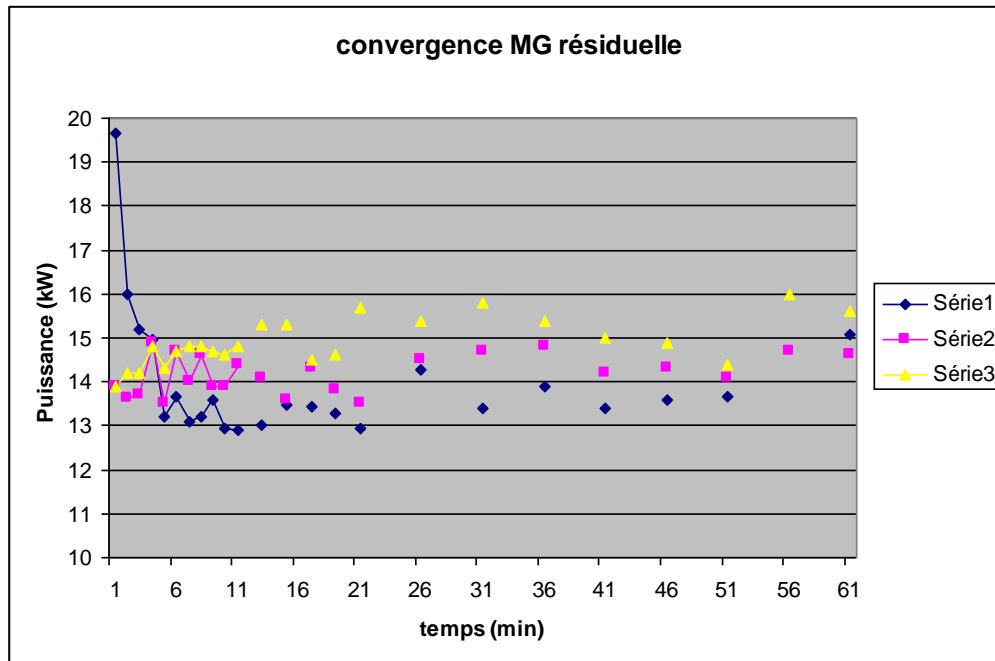


Figure 3: Evolution de la teneur en huile des écailles sur 3 séries issues de la même graine.

La figure 3 montre que la teneur en huile des écailles a augmenté dans le temps simplement par le fait que la presse n’était pas rôdée au démarrage et que les aspérités présentes sur le corps de la vis ont probablement contribué à freiner le gâteau permettant ainsi d’améliorer le rendement de déshuilage.

Cette information n’est pas dépourvue d’intérêt car elle montre qu’on pourrait utiliser des traitements de surface pour réduire le glissement du gâteau de pression. Le problème est de pouvoir maintenir une certaine rugosité malgré l’effet de l’usure.

Effet de la vitesse de rotation

Tableau n° 1 : Données brutes dans l’ordre de passage

Observation	Bloc	Vrot (Hz)	Température (°C)	Puissance (kW)	% huile produite	RMN écailles	Ecart type RMN
1	1	30	53.6	1.906	32.0	17.4	0.3
2	1	15	53.5	1.736	34.2	14.9	0.4
3	1	40	54.2	1.911	31.6	19.9	0.2
4	2	30	56.0	1.857	32.1	18.0	0.6
5	1	50	58.0	1.799	26.5	21.3	0.3
6	1	20	53.4	1.809	32.8	16.7	0.3
7	2	40	53.4	1.902	30.5	19.6	0.3
8	2	15	51.4	1.756	33.4	15.8	0.3
9	2	50	54.4	1.857	29.4	21.6	0.6
10	2	20	53.6	1.742	33.6	16.4	0.4
11	3	15	51.2	1.742	34.5	14.7	0.7
12	3	50	53.9	1.813	29.8	21.4	0.4
13	3	30	52.8	1.830	31.8	18.0	0.7
14	3	40	54.0	1.911	30.8	20.2	0.1

15	3	20	53.0	1.818	33.3	16.2	0.4
----	---	----	------	-------	------	------	-----

L'écart type de la mesure de teneur en huile des écailles est de 0.4. L'intervalle de confiance d'une mesure faite par 4 dosages RMN est de 0.39.

Tableau n° 2 : Analyse de variance, effet de la vitesse de rotation sur les paramètres enregistrés

Paramètre	F	P > F	R ²
Température	2.24	0.13	0.47
Puissance	10.05	0.016	0.80
% Huile pesé	15.86	0.002	0.86
% huile RMN	152.4	0.0001	0.98

L'effet bloc a été testé dans l'analyse de variance relative à la teneur en huile des écailles. Il n'est pas significatif. En conséquence, on a considéré que l'effet rodage était bien achevé lors de l'essai.

Tableau n° 3 : Moyennes par vitesse de rotation

Paramètre	15 Hz	20 Hz	30 Hz	40 Hz	50 Hz
Température	52.3 (A)	53.5 (A)	54.1 (A)	53.9 (A)	55.4 (A)
Puissance	1.76 (C)	1.77 (C)	1.86 (AB)	1.91 (A)	1.82 (BC)
% Huile pesée	33.8 (A)	33.2 (A)	32.0 (AB)	31.0 (B)	28.6 (C)
% huile RMN	15.1 (A)	16.4 (B)	17.8 (C)	19.9 (D)	21.4 (E)

Les moyennes identifiées par une lettre identique ne sont pas significativement différentes.

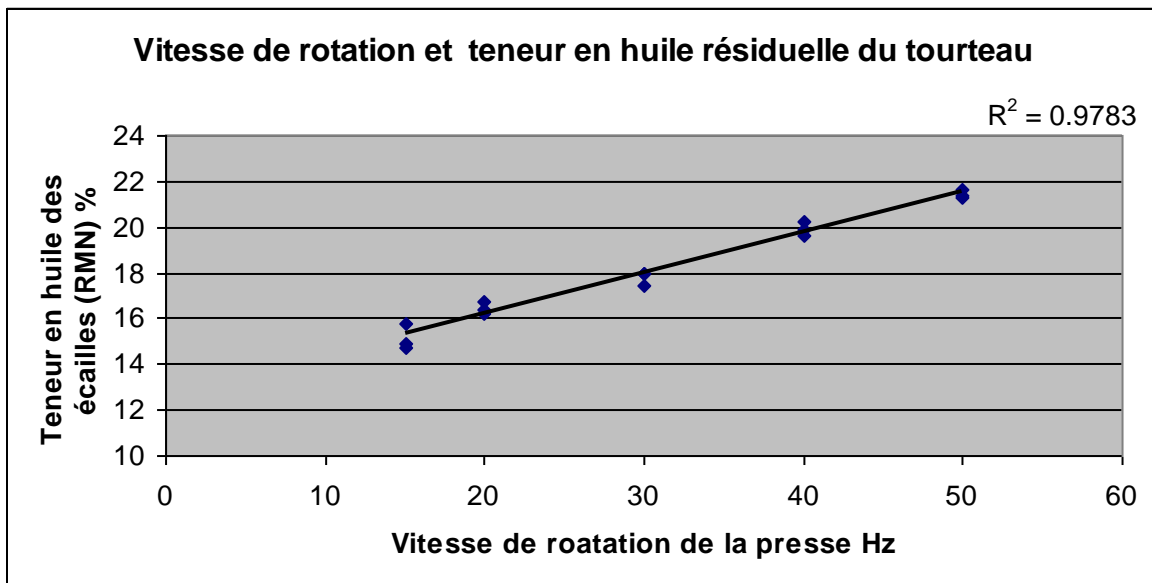


Figure 4: Effet de la vitesse de rotation de la presse sur la teneur en huile des écailles (colza)

Conclusions

La puissance est un indicateur qui ne varie pas linéairement avec le déshuilage. A priori, plusieurs facteurs interviennent comme l'augmentation du travail mécanique l'amélioration du rendement énergétique du variateur à des fréquences proches de 50 Hz. On évitera donc de comparer cette donnée lorsque les vitesses de rotation ne seront pas proches.

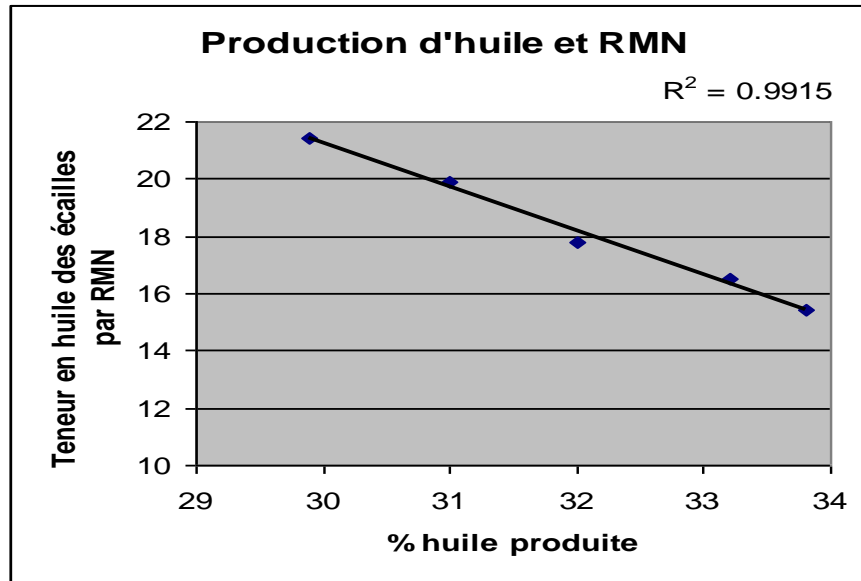


Figure 5: Corrélation entre le rendement d'huile mesuré par pesée et la teneur en huile mesurée dans les écailles.

Comme le montre la figure 5, il y a une concordance parfaite entre le rendement d'huile mesuré par pesage et la teneur en huile des écailles mesurée par RMN.

L'intervalle de confiance des données RMN est de 0.7 pour une moyenne de 18%, les rendements d'huile obtenus par pesée ont un IC de 1.8 pour une moyenne de 32%. On peut donc considérer deux échantillons ayant des RMN différant de 1% comme significativement différents alors que par le rendement en huile, il faut une différence de 2 % environ.

Par ailleurs, ces données dépendent de plusieurs pesées aboutissant à une seule donnée pour une observation alors que la RMN peut être plus facilement moyennée par plusieurs prélèvements au cours de la réalisation d'une mesure.

Dans le cadre de cette opération les données RMN prises en compte sont les moyennes de 4 ou 5 mesures individuelles. Compte tenu de l'incertitude sur cette donnée, le fait de maintenir 4 répétitions de la mesure pour une observation semble être un élément de procédure à conserver.

On notera avec satisfaction que la variation de teneur en huile en fonction de la vitesse de rotation est bien conforme à notre attente.

Répétitions sur 1 lot de tournesol

Tableau n° 4 : moyenne des observations

Observation	Vrot (Hz)	Température (°C)	Puissance (kW)	% huile produite	RMN écailles	Ecart type RMN
1	20	65.1	1.820	35.4	12.2	0.44
2	20	66.1	1.851	35.7	12.2	0.25
3	20	67.4	1.806	35.3	12.4	0.11

Les valeurs relative à l'huile produite et à la teneur en huile sont très proches les unes des autres pour les trois répétitions.

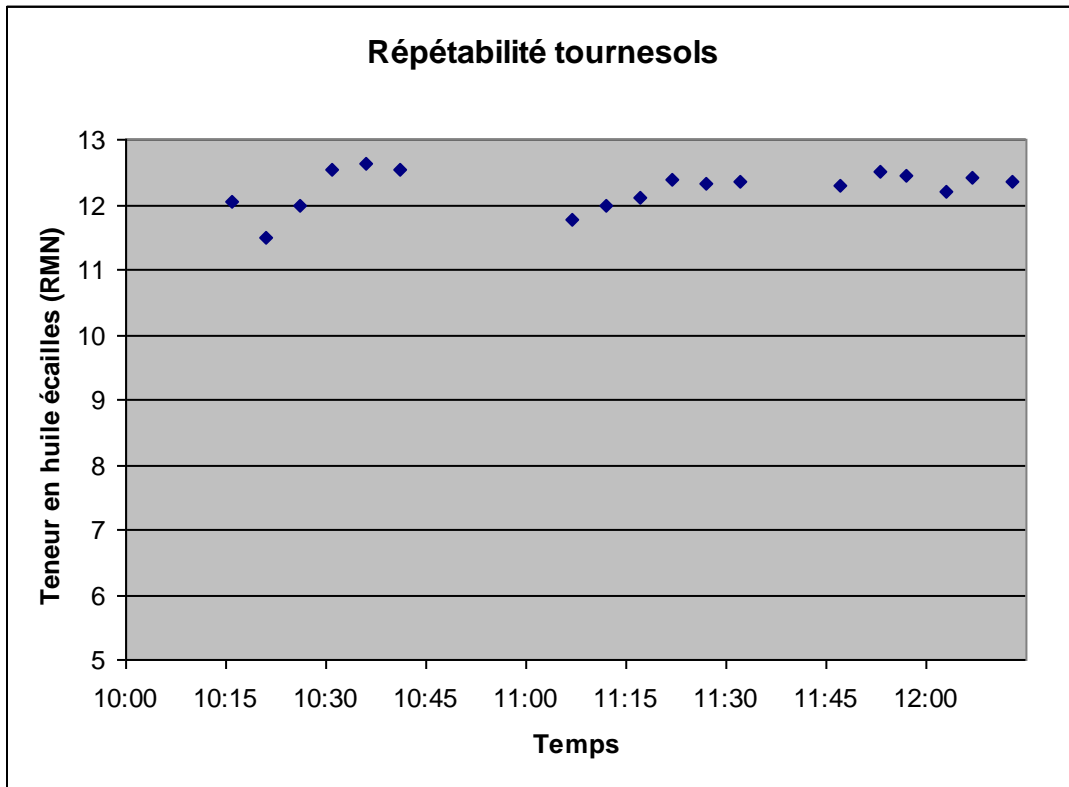


Figure 6: Valeurs observées pour la teneur en huile des écailles des 3 séries.

L'observation des moyennes et de la figure ci-dessus montre que la teneur en huile des écailles semble remonter légèrement dans le temps après démarrage.

Pendant les 15 premières minutes, il semble que la presse soit légèrement plus froide et que le couple résistant soit plus important.

Sur tournesol, on a laissé la presse se vider entre les lots et attendu 15 minutes en fonctionnement avant de prendre les premiers échantillons. Si on laisse la presse se refroidir, il faut un temps assez long pour stabiliser à nouveau.

On propose donc de ne pas laisser la presse sans alimentation durant toute opération et de passer un lot intercalaire entre 2 opérations. Il faudra faire les pesées uniquement durant la période de fonctionnement stabilisé.

En termes de déshuilage, on constate que le colza à 20 Hz laisse subsister de l'ordre de 16-17 % d'huile alors que dans le cas du tournesol, on peut atteindre des valeurs proches de 12 %. On observe bien la hiérarchie attendue entre espèces.

Effet de la teneur en eau sur les rendements en huile

Tableau n° 5 : données brutes

Observation	Teneur en eau cible (%)	Température (°C)	Puissance (kW)	% huile produite	RMN écailles	Ecart type RMN	% eau mesuré
1	9	50.7	1.755	31.9	19.3	0.54	8.58
2	8	53.0	1.853	34.4	17.6	0.06	7.86
3	6	60.3	1.814	35.8	17.2	0.22	6.38
4	5	67.3	1.970	36.4	16.8	0.82	4.86
5	7	58.7	1.800	30.0	17.0	0.48	6.83
6	4	72.0	1.986	32.8	16.1	0.65	3.89
7	7	58.7	1.833	35.4	17.2	0.22	6.80
8	9	54.0	1.711	30.6	21.2	0.59	8.86
9	8	52.0	1.800	34.3	18.6	0.68	7.70
10	6	70.5	1.955	36.4	17.5	0.17	5.63
11	5	71.5	1.834	35.2	15.5	0.40	5.19
12	4	70.33	1.800	36.7	15.4	0.34	4.43

Les résultats peuvent être résumés par le graphique suivant

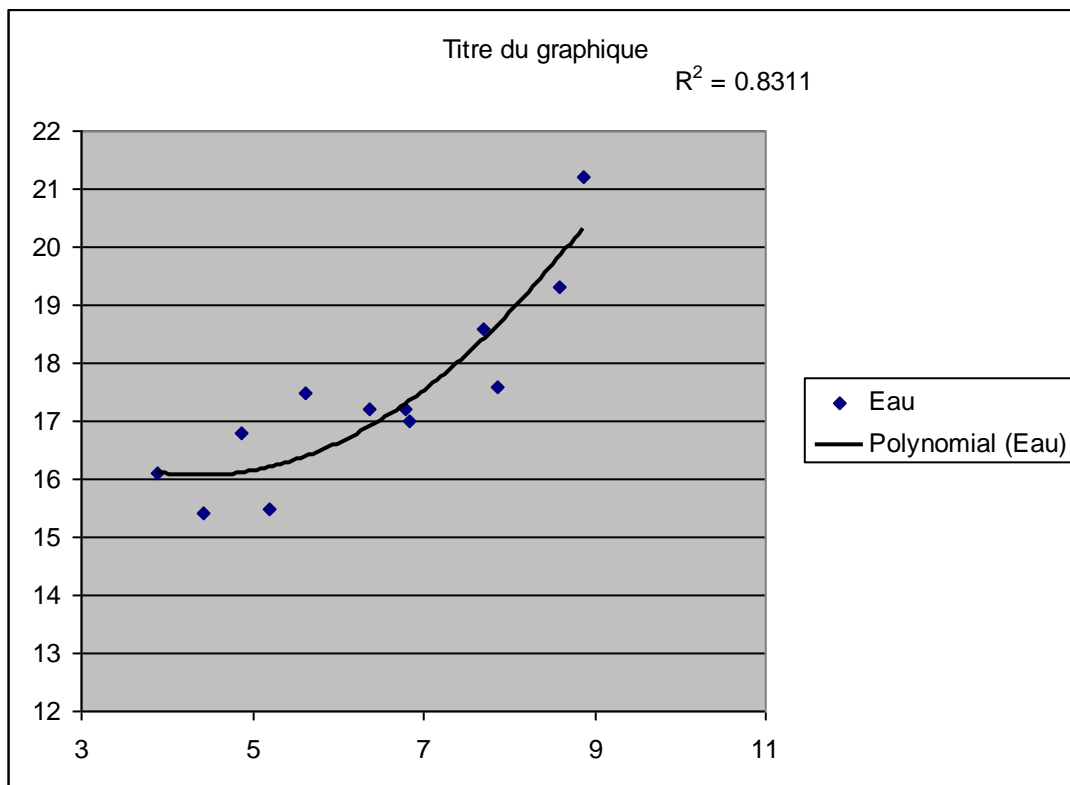


Figure 7: Effet de la teneur en eau des graines sur la teneur en huile des écailles

Les données obtenues pour la teneur en huile RMN sont issues de 4 mesures par observation, les données pour la teneur en eau d'une seule mesure par observation. Etant donné que les graines ont été séchées en cases individuelles statiques de 1 kg, il est possible que les humidités aient été hétérogènes

et que l'échantillonnage n'ait pas réussi à refléter la teneur en eau réelle des lots. Cette hétérogénéité a accru la variabilité non expliquée. Toutefois l'analyse de variance montre un effet de l'eau significatif conforme à notre attente.

On retiendra qu'il sera nécessaire si on souhaite refaire des observations à humidité contrôlée de laisser un temps d'équilibrage assez long après une homogénéisation soignée pour éviter d'introduire une source de variation non contrôlée.

L'analyse de variance montre que la relation eau * teneur en huile résiduelle n'est pas linéaire. Le modèle explique 83 % de la variabilité et l'écart type résiduel est de 0.75 % contre 0.35 % seulement dans l'essai sur la vitesse de rotation. La variabilité additionnelle est probablement liée à l'incertitude sur la teneur en eau comme vu précédemment.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	24.44397873	12.22198937	22.15	0.0003
Error	9	4.96602127	0.55178014		
Corrected Total	11	29.41000000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	RMN Mean
0.831145	4.256843	0.742819	17.45000

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Eau	1	21.86888066	21.86888066	39.63	0.0001
Eau ²	1	2.57509807	2.57509807	4.67	0.0590

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Eau	1	1.19705662	1.19705662	2.17	0.1749
Eau ²	1	2.57509807	2.57509807	4.67	0.0590

Parameter	Estimate	Standard Error	t Value	Pr > t
Intercept	20.18183881	3.92413453	5.14	0.0006
Eau	-1.87648018	1.27400070	-1.47	0.1749
Eau ²	0.21330303	0.09873774	2.16	0.0590

La presse Oléane présente un comportement conforme à notre attente au regard de la teneur en eau des graines.

Effet de la température entrée presse

Tableau n° 6 : Données de la première expérience

température cible	Durée opération	Température entrée presse	Température presse	Puissance	Rendement huile	% huile écailles (RMN)	Ecart type	H2O
30	00:17	25.3	52.8	1.800	36.3%	19.9	0.49	7.12
30	00:15	25.0	55.2	1.762	36.1%	21.2	0.47	7.41
30	00:15	27.0	55.2	1.784	35.7%	20.2	0.57	7.58
60	00:15	43.0	58.2	1.718	31.3%	21.7	0.64	7.42
60	00:15	48.2	63.3	1.712	30.2%	23.9	1.01	7.45
60	00:15	45.7	64.2	1.700	28.3%	23.1	0.84	7.34
90	00:15	66.0	66.3	1.700	29.1%	24.9	1.06	7.26
90	00:15	66.5	67.8	1.711	30.5%	25.6	0.57	6.5
90	00:15	59.5	58.0	1.755	30.2%	21.3	0.88	6.98

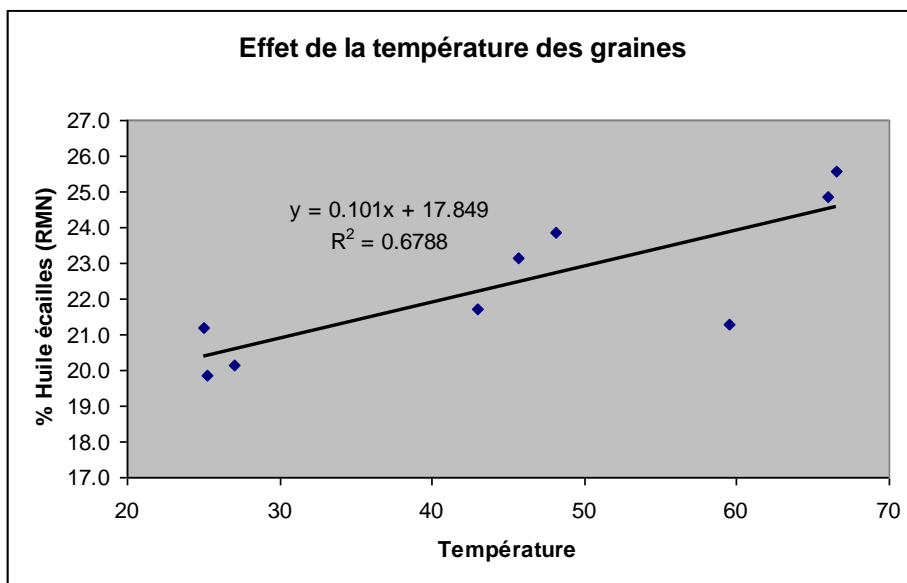


Figure 8: Relation en tre la température des graines et l’huile des écailles.

Modèle : MG écaille = Température entrée presse					
Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	22.57138717	22.57138717	14.52	0.0066
Error	7	10.88416839	1.55488120		
Corrected Total	8	33.45555556			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	MG Mean	
	0.674668	5.561218	1.246949	22.42222	

L’effet température entrée presse est significatif et varie dans le sens opposé à ce qui était attendu, la température étant supposée faciliter le drainage de l’huile par effet de réduction de la viscosité.

Toutefois, nous n’avons pas l’équivalent de cette mesure sur presse industrielle et il est possible que nous ayons une confusion entre température de pressage et d’autres phénomènes comme la dureté de l’écaille et le degré de cuisson. Dans le cas présent, on peut supposer que la chaleur accroît la plasticité de la matière et favorise un passage plus rapide dans la presse.

Cette information est intéressante car elle ouvre des perspectives d'amélioration du pressage. On notera que les points observés en démarrage de presse sont généralement meilleurs qu'après un certain temps.

Pour 50°C de plus on augmente la teneur en huile dans les écailles de 5% .

Les données mesurées sur le rendement en huile confirment cette tendance.

Modèle : Rendement huile = Température entrée presse.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	57.68279092	57.68279092	17.85	0.0039
Error	7	22.61720908	3.23102987		
Corrected Total	8	80.30000000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Rdt Mean
0.718341	5.623065	1.797507	31.96667

En remplaçant la température entrée presse par la température de la presse, on obtient une meilleure corrélation entre la teneur en huile résiduelle des écailles et la température comme on le voit sur la figure suivante.

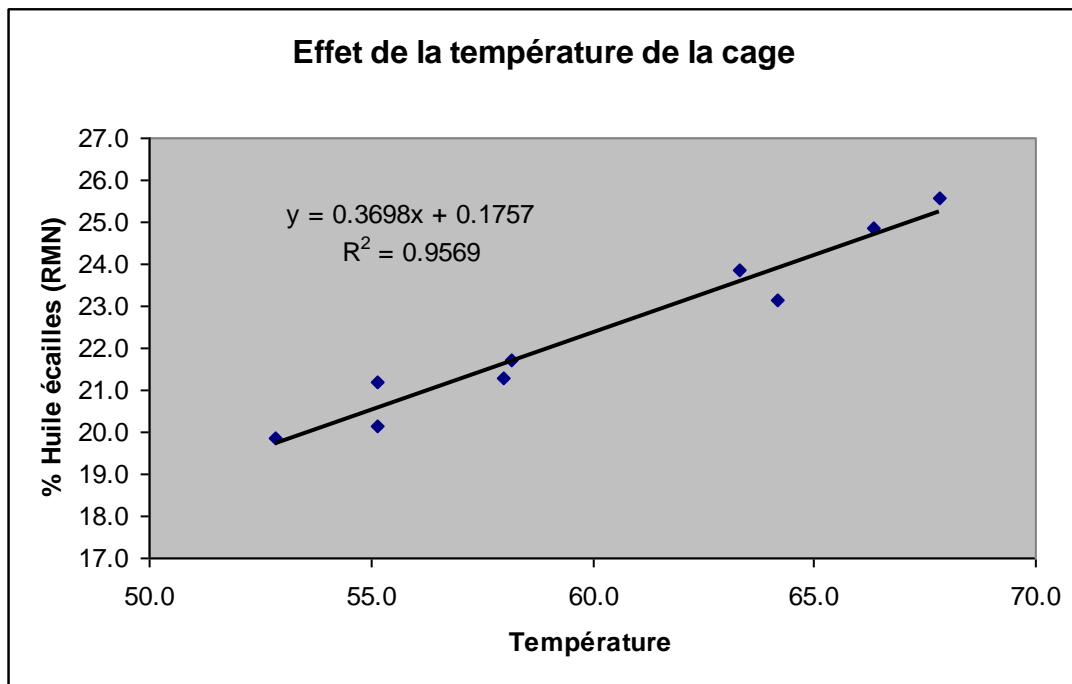


Figure 9: relation entre la température de la cage et la teneur en huile des écailles.

Modèle : Teneur en huile des écailles = Température de la presse

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	31.85554303	31.85554303	139.37	<.0001
Error	7	1.60001253	0.22857322		
Corrected Total	8	33.45555556			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	MG Mean
0.952175	2.132230	0.478093	22.42222

Un écart de 10°C de température de presse modifie la teneur en huile de l'écaille de 3.7 %.

En extrapolant, si on pouvait réduire la température de pressage à 20°C, la teneur en huile de l'écaïlle pourrait passer en dessous de 10 %.

Ce résultat ayant paru particulièrement intéressant, il a été décidé de refaire un essai de confirmation.

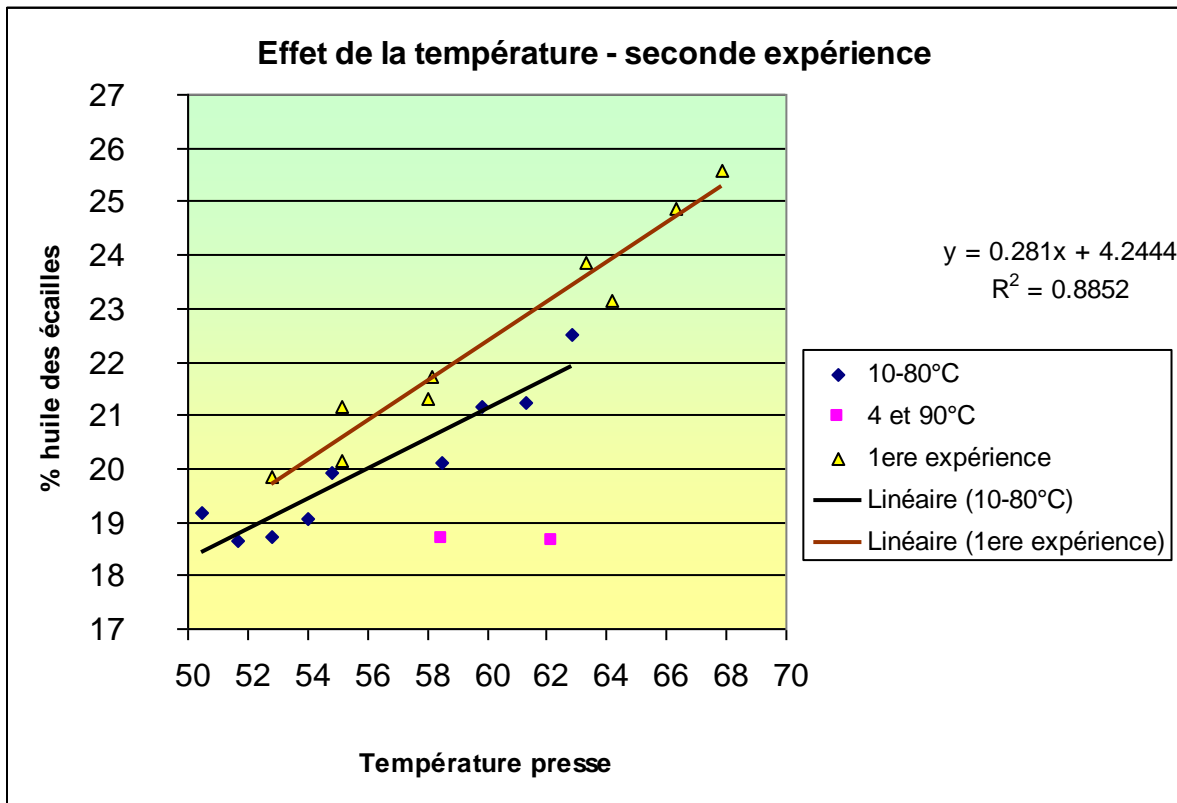


Figure 10: Effet de la température de la cage sur la teneur en huile des écaïlles, confirmation.

On a mis de côté sur le graphique les résultats issus du traitement à 4 et 90°C en raison de leur sortie du nuage général. On peut justifier cette mise à l'écart en considérant que le lot sortant de la chambre froide a pu voir sa teneur en eau évoluer. De même le lot placé à 90°C a subi un début de cuisson en raison de difficultés pour atteindre rapidement la température souhaitée.

Dans l'ensemble la deuxième expérience a produit une pente plus faible que la première et une constante plus élevée. En raison du caractère non significatif de l'effet de l'eau dans l'expérience 1, il n'a pas été fait de mesure de la teneur en eau dans l'essai2, toutefois, celle-ci a pu évoluer du fait d'un changement d'hygrométrie.

Conclusion : l'effet de la température va à l'encontre de notre attente mais celle-ci ne se fonde pas sur un observation indépendante des effets de la teneur en eau, de la cuisson et de la température. Dans les conditions expérimentales, on observe nettement un effet déprimant de la température de pressage sur le déshuilage. On peut l'expliquer par l'importance de la plasticité sur le rendement nettement plus important que celui de la variation de viscosité de l'huile dans la plage de température visée.

Cette observation ouvre d'intéressantes perspectives de compensation de teneur en eau plus élevées par un abaissement de la température des graines entrée presse, lequel permettrait de récupérer de la chaleur.

Décortilage

Tableau n° 7 : Effet du décortilage, données butes et moyennes / modalité

graine	décortilage	Durée opération	Température presse	Puissance presse	Rdt	Ect MG écailles %	MG écailles %	H2O
Co	-1	00:30	62.75	1.98	35.5%	0.99	14.95	5.24
Co	-1	00:29	64.25	2.03	34.0%	0.16	15.01	5.24
Co	-1	00:30	65.25	1.91	35.8%	0.41	14.76	5.24
Co	1	00:30	66.0	2.00	36.1%	0.48	22.79	3.51
Co	1	00:27	64.33	2.00	38.7%	0.19	22.36	3.51
Co	1	00:31	64.6	2.00	.	0.07	21.63	3.51
To	-1	00:14	67.8	1.91	35.4%	0.33	14.83	7.23
To	-1	00:13	68.4	1.89	37.0%	0.32	15.22	7.23
To	-1	00:13	69.6	1.85	35.4%	0.30	15.24	7.23
To	1	00:08	63	1.69	31.1%	4.79	46.87	4.74
To	1	00:09	44.4	1.69	28.9%	3.60	49.63	4.74
To	1	00:09	38.6	.	30.4%	0.20	49.44	4.74
Colza	Non	00:29	64.08	1.97	35.1%	0.58	14.91	5.24
	Oui	00:29	64.98	2.00	37.4%	0.56	22.26	3.51
Tournesol	Non	00:13	68.60	1.88	35.9%	0.35	15.10	7.23
	Oui	00:08	48.67	1.69	30.1%	2.85	48.65	4.74

Codage décortilage : -1 = graines entières ; +1 = graines décortiquées

Les données de teneur en huile par RMN des tournesols décortiqués sont probablement fausses du fait d'un manque d'échantillon de référence permettant de calibrer convenablement le spectromètre. La meilleure référence dans ce cas sera le rendement en huile.

Dans le cas du colza, le dépelliculage dégrade la teneur en huile des écailles dans une proportion assez importante sans toutefois conduire à une absence de possibilité de presser. Le rendement en huile en revanche est plus important pour la modalité « dépelliculé ». La teneur en huile des amandes étant plus importante et l'huile n'ayant pas été filtrée, ces données ne sont pas forcément contradictoires. Ne disposant pas des données nécessaire pour effectuer un bilan matière fiable (teneur en huile des amandes et des graines, taux d'impureté dans l'huile pesée, il n'est possible de vérifier la cohérence de ces données. Etant donné que dans le cas du tournesol on a observé un effet du décortilage sur la réponse du spectromètre à RMN, on peut se demander si le résultat est fiable. On rappellera également que le dépelliculage a eu lieu longtemps avant le pressage. Ces doutes étant formulés, on considèrera 1) que les rendements d'huile mesurés ne prennent pas en compte les écarts de richesse en huile initiale, 2) que la teneur en solides dans l'huile n'est pas disponible alors qu'il est possible que les graines dépelliculées aient donné plus de pieds, 3) que les valeurs de teneur en huile sont suffisamment éloignées pour que l'on puisse conclure à une dégradation du rendement de pressage sur graines dépelliculées.

Dans le cas du tournesol, le rendement est dégradé alors que la teneur en huile de la matière première est nettement plus importante. On peut donc faire abstraction de la valeur des teneurs en huile et affirmer avec certitude que le décortilage a dégradé la performance de la presse.

Analyse de variance

Dependent Variable: Rendement					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	81.13575758	27.04525253	19.98	0.0008
Error	7	9.47333333	1.35333333		
Corrected Total	10	90.60909091			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	Rdt Mean	
	0.895448	3.382663	1.163329	34.39091	
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
graine	1	24.32775758	24.32775758	17.98	0.0038
dec	1	13.06800000	13.06800000	9.66	0.0171
graine*dec	1	43.74000000	43.74000000	32.32	0.0007

Dependent Variable: huile des écailles

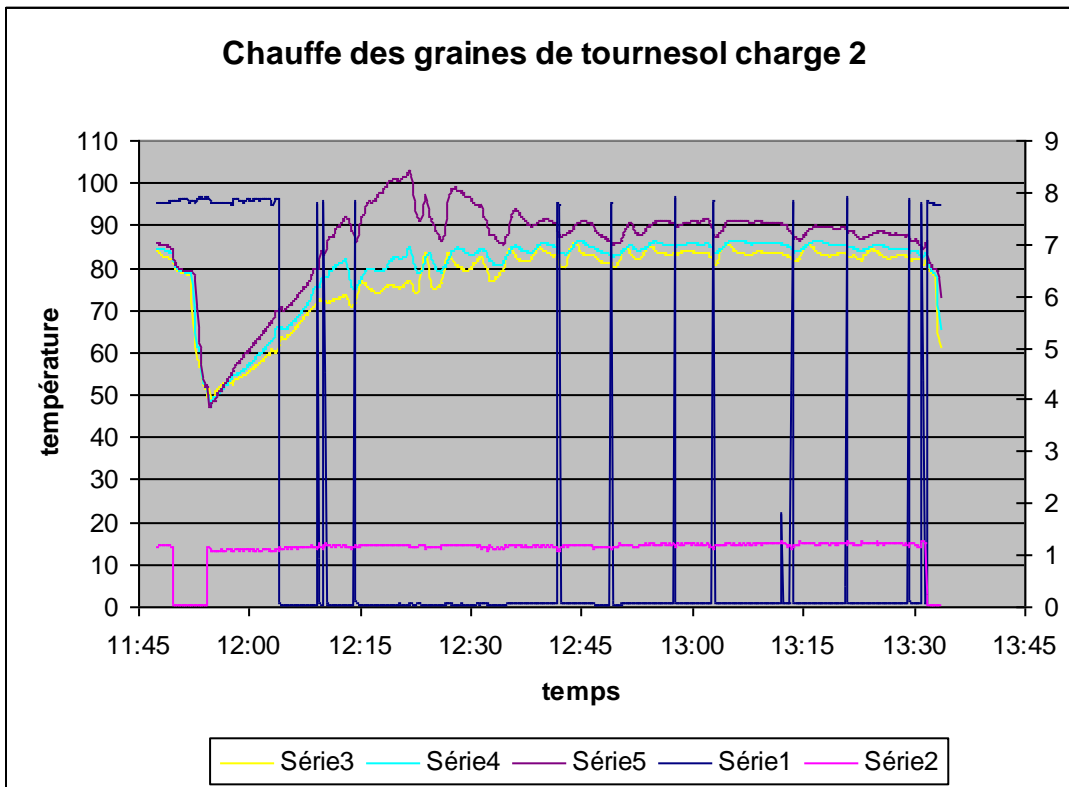
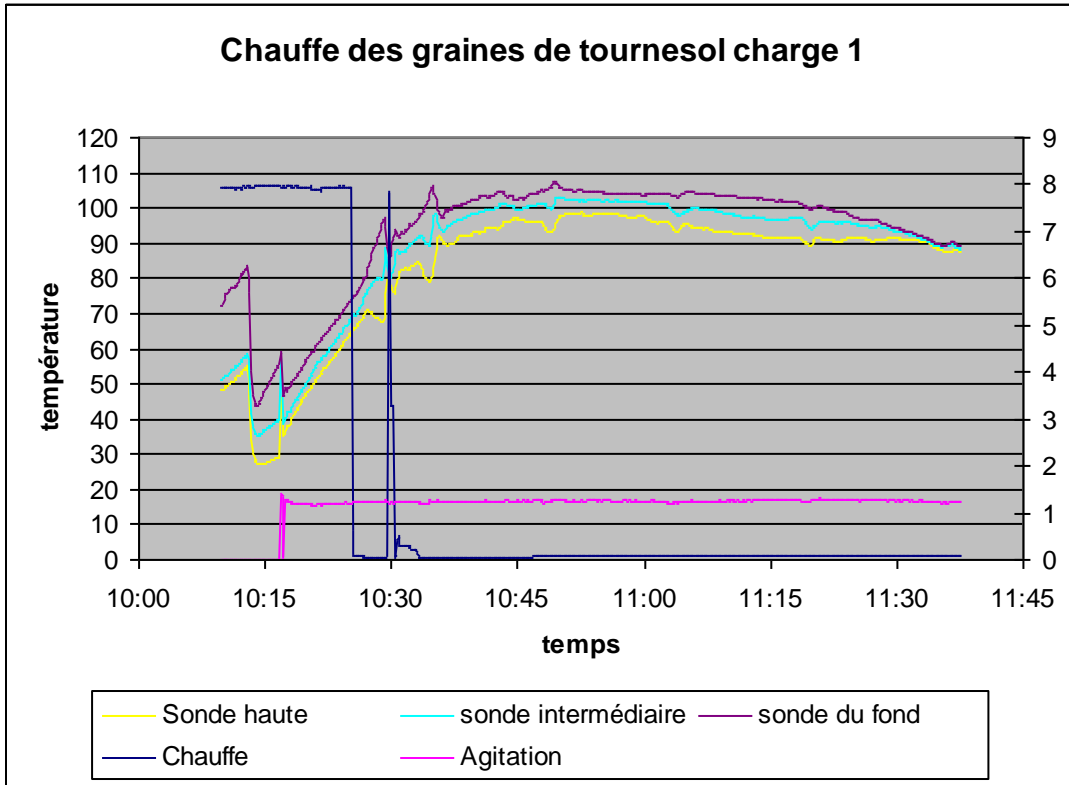
Dependent Variable: huile des écailles					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	2299.250425	766.416808	1098.49	<.0001
Error	8	5.581600	0.697700		
Corrected Total	11	2304.832025			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	rmn Mean	
	0.997578	3.311007	0.835284	25.22750	
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
graine	1	529.739408	529.739408	759.27	<.0001
dec	1	1254.812008	1254.812008	1798.50	<.0001
graine*dec	1	514.699008	514.699008	737.71	<.0001

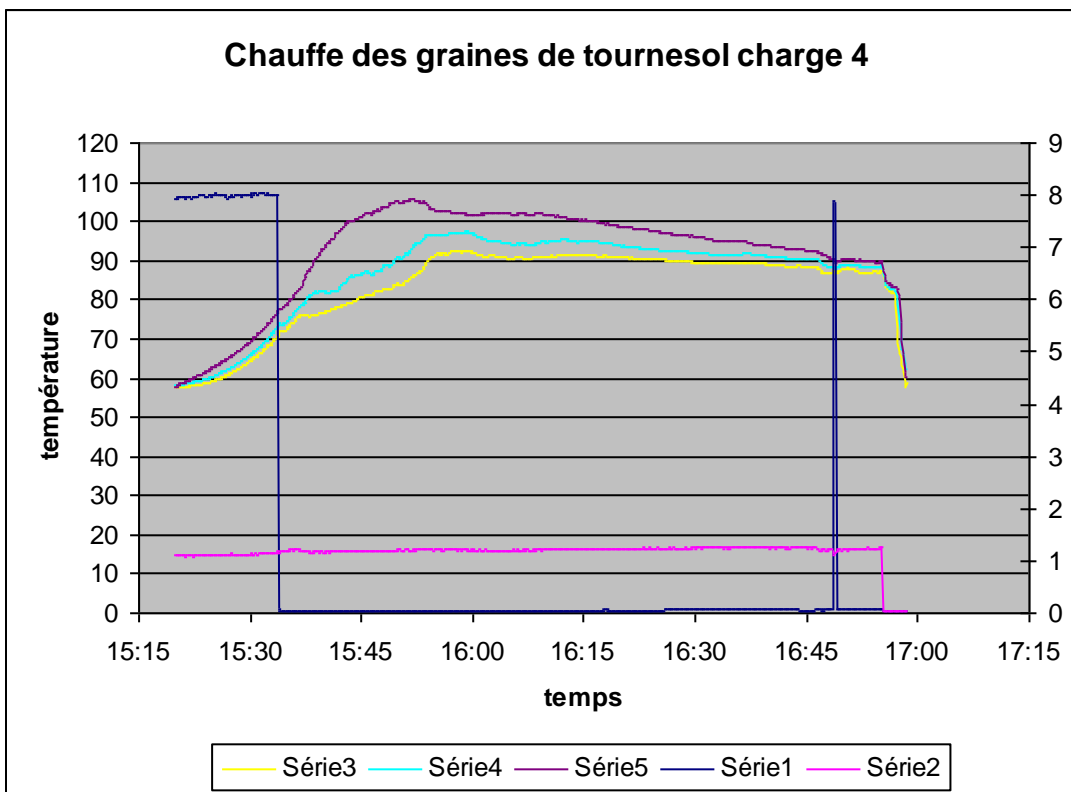
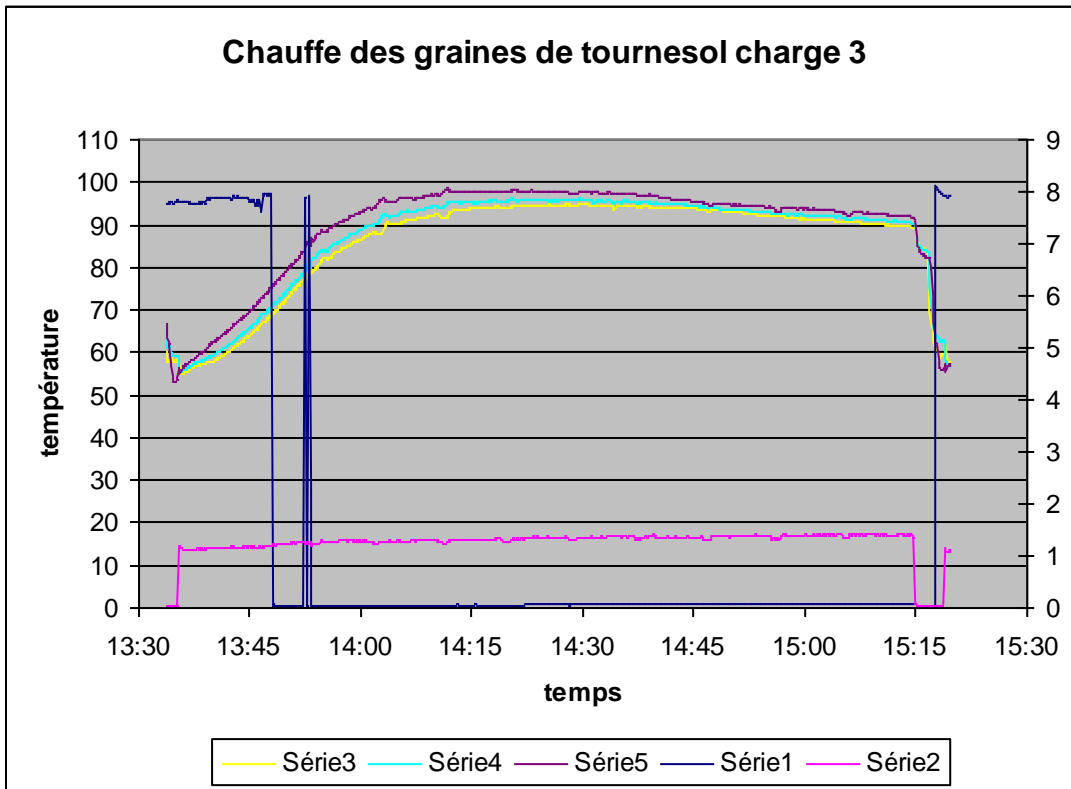
Sur la variable rendement, la variance résiduelle est plus importante que sur la variable teneur en huile mais les écarts observés sont beaucoup plus importants et les données concernant le tournesol décortiqué manquent de plausibilité. Le facteur décorticage dans les deux cas ressort comme étant significatif, l'interaction graine x décorticage étant supérieure à l'effet du décorticage seul.

Conclusion : La presse Oléane a un comportement conforme à notre attente au regard des graines décortiquées.

Cuisson

Les enregistrements de température des 4 premières charges sont présentées ci-dessous.





Comme on peut le voir sur les courbes, les températures de cuisson ne sont pas strictement identiques mais les graines ont été homogénéisées lors de la réhumidification.

Les graines de colza après cuisson avaient une teneur en eau de 2.74 %, les flocons de colza 3.91%, les flocons de tournesol 2.43 % les graines de tournesol 5.68 %.

Les graines de tournesol n'ont pas été réhumidifiées.

Tableau n° 8 : Effet de la cuisson, première expérience, données brutes

	PM	Cuisson	Température entrée presse (°C)	Puissance (kW)	Rendement	Teneur en huile / RMN	Ecart type	H2O
Colza	Graine	Cru	52.0	1.770	33.4%	16.64	0.24	7.21
			46.8	1.764	34.0%	17.24	0.25	7.21
			54.5	1.762	33.5%	16.83	0.24	7.21
		Cuit	50.6	1.809	42.6%	17.03	0.57	7.14
			51.4	1.800	36.0%	16.90	0.21	7.14
			54.0	1.800	34.7%	17.05	0.40	7.14
	Flocons	Cru	48.2	1.688	29.2%	18.69	0.43	7.64
			46.4	1.693	30.6%	18.61	0.08	7.64
			48.6	1.688	.	18.62	0.53	7.64
		Cuit	47.4	1.689	22.9%	28.25	5.90	7.19
			43.0	1.600	27.1%	23.81	0.46	7.19
			40.0	1.600	27.1%	25.03	0.66	7.19
Tournesol	Graine	Cru	67.8	1.910	35.4%	14.83	0.33	7.23
			68.4	1.888	37.0%	15.22	0.32	7.23
			69.6	1.853	35.4%	15.24	0.30	7.23
		Cuit	60.4	2.390	37.8%	4.57	0.36	5.68
			79	2.072	36.4%	6.32	0.22	5.68
			83.8	1.920	37.2%	6.79	0.15	5.68
	Flocons	Cru	60.4	1.755	41.3%	7.89	0.44	8.70
			56.4	1.675	40.0%	8.20	0.48	8.70
			61	1.637	39.9%	10.55	0.53	8.70
		Cuit	67	1.840	40.4%	6.67	0.59	6.64
			72.6	1.681	39.1%	8.05	0.39	6.64
			70.2	1.728	39.1%	8.70	0.16	6.64

La figure 11 (ci-dessous) montre dans le cas du colza que l'on observe un effet nul de la cuisson sur graines et un effet négatif sur flocons. Sachant qu'il y a près d'un mois entre la préparation et le pressage, il est possible que ces comportements aient pu être influencés par la durée du stockage, l'huile des flocons cuits ayant pu évoluer et devenir plus difficile à extraire ou réagir de manière incorrecte dans le spectromètre.

En ce qui concerne le tournesol, les observations sont plus en conformité avec notre attente. Les graines cuites donnent des écaïlles significativement plus pauvres en huile que les graines crues de même que pour les flocons. Toutefois, on note que la teneur en eau des graines cuites est insuffisante pour permettre de conclure de manière définitive.

Les rendements en huile sur flocons tendent à montrer des résultats en désaccord avec les données obtenues par RMN. On doit néanmoins noter que les essais sur flocons de tournesol crus n'ont été faits que sur 2.5 kg contre 5 kg pour le cuit qui peut induire un biais dans l'évaluation des rendements.

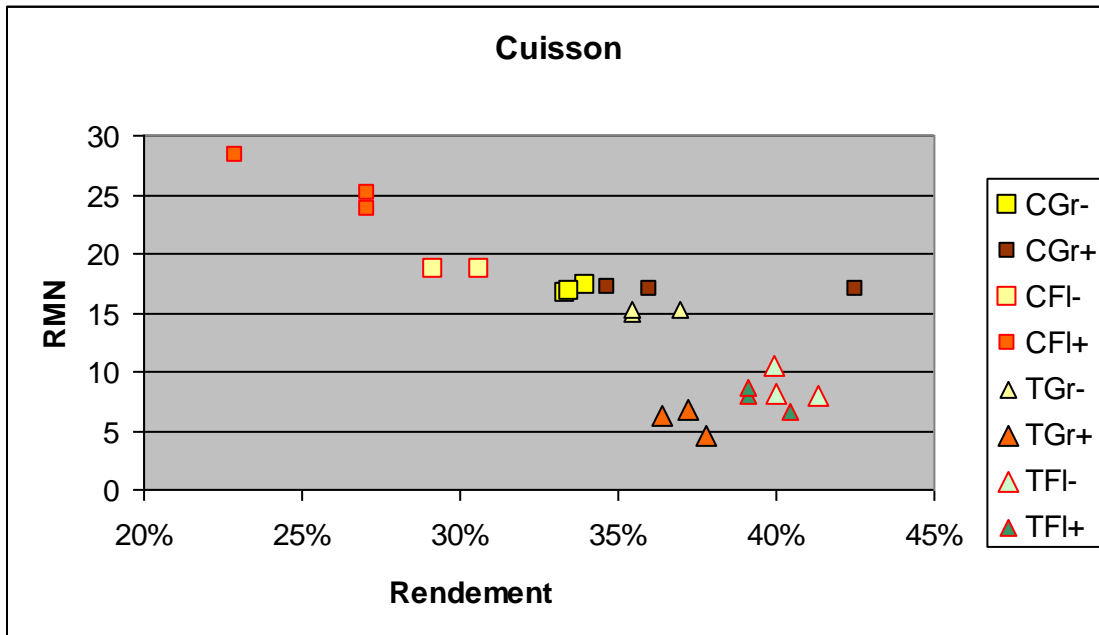


Figure 11:

Analyse de variance du modèle : matière grasse = effet graine + interaction graine * PM * cuisson

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	915.9374625	130.8482089	104.92	<.0001
Error	16	19.9534000	1.2470875		
Corrected Total	23	935.8908625			

	R-Square	Coeff Var	Root MSE	MG Mean
	0.978680	7.707571	1.116731	14.48875

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
graine	1	616.8162042	616.8162042	494.61	<.0001
graine*PM*Cuisson	6	299.1212583	49.8535431	39.98	<.0001

Conclusion à l'issue de l'expérience.

Du fait de résultats contradictoires susceptibles d'avoir été induits par le stockage des colzas cuits il semble nécessaire de refaire l'opération avant de conclure sur la reproductibilité des effets de la cuisson.

L'essai à refaire ne prendra pas en compte les flocons.

Opération de vérification de l'effet de la cuisson sur graines de colza.

Tableau n° 9 : Données de l'expérience de vérification

		Durée opération	Température entrée presse	Température presse	Rendement	MG écailles ecart type	MG écailles /RMN %	H ₂ O %
Tournesol	Cru	00:23	1.722	58.3333	37.8%	0.78	14.37	8.93
		0:21	1.747	57.7500	36.3%	0.33	14.26	8.93
		00:21	1.747	58.4000	36.5%	0.49	14.19	8.93
	Cuit	00:20	1.729	57.6000	37.4%	0.24	14.23	8.45
		00:20	1.720	57.6000	36.3%	0.26	13.85	8.45
		00:22	1.729	57.8000	37.1%	0.51	13.67	8.45
Colza	Cru	00:16	1.821	49.7500	35.2%	0.60	19.73	7.21
		0:16	1.778	50.2500	35.1%	0.87	19.99	7.21
		00:16	1.767	51.2500	35.3%	0.59	20.10	7.21
	Cuit	00:17	1.822	50.0000	34.9%	0.49	20.16	7.13
		00:17	1.811	50.7500	34.8%	0.79	20.40	7.13
		00:17	1.800	52.0000	35.1%	0.48	20.67	7.21

Les humidités mesurées après traitement d'égalisation des teneurs en eau ont conféré une humidité un peu supérieure aux tournesols crus, en revanche pour les graines de colza, la différence est très faible.

La figure 12 présente les données les résultats de manière synthétique. La cuisson pour les deux graines ne permet pas d'améliorer le rendement de déshuilage.

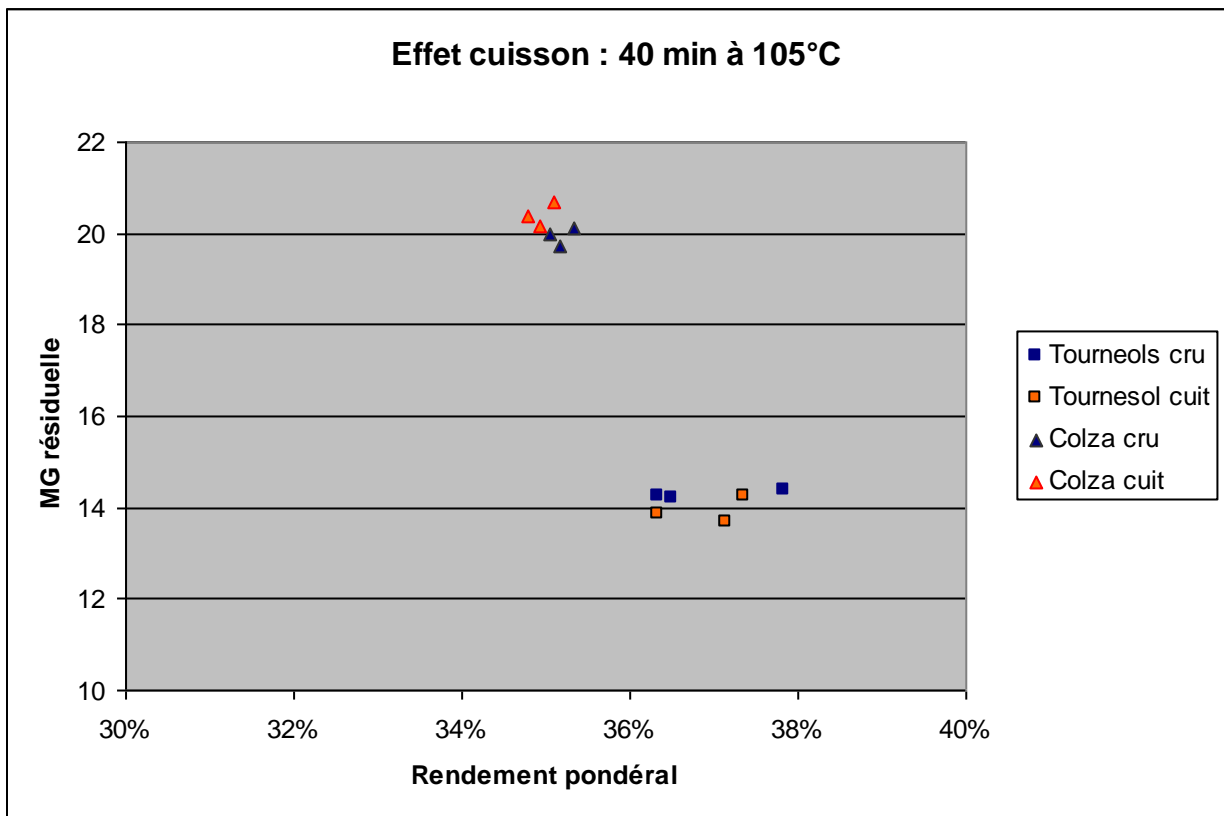


Figure 12: Représentation graphique des résultats de la seconde expérience.

The GLM Procedure		Class Level Information				
Class	Levels	Values				
lot	4	Co	Cru	Co	Cuit	To
Dependent Variable: RMN						
Source		DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model		3	111.4213667	37.1404556	777.13	<.0001
Error		8	0.3823333	0.0477917		
Corrected Total		11	111.8037000			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	RMN Mean		
	0.996580	1.275828	0.218613	17.13500		
Source		DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
lot		3	111.4213667	37.1404556	777.13	<.0001
Student-Newman-Keuls Test for RMN						
	SNK Grouping	Mean	N	lot		
	A	20.4100	3	Co	Cuit	
	B	19.9400	3	Co	Cru	
	C	14.2733	3	To	Cru	
	C	13.9167	3	To	Cuit	

L'analyse de variance montre que l'effet de la cuisson est significatif dans le cas de colza, la graine crue étant significativement mieux déshuilée.

Dans le cas du tournesol cette différence n'est pas observée mais comme il l'a été remarqué plus haut, la teneur en eau des graines crues est plus importante.

Conclusion

La presse Oléane ne permet pas d'observer d'effet bénéfique de la cuisson sur le rendement de pressage des graines lorsque le pressage est effectué à température ambiante.

On a vu par ailleurs qu'une élévation de la température aurait probablement conduit à une dégradation de la performance sur graines crues. On ne sait pas en revanche si l'effet aurait été le même en ce qui concerne la graine cuite.

On constate donc que la cuisson permet sur presse hydraulique de réduire le point d'huile et d'améliorer le déshuilage alors qu'elle reste sans effet, voir qu'elle dégrade la performance en pression continue.

De même, pour le pressage hydraulique, il existe un optimum de teneur en eau se situant au-delà de 7 % alors qu'un pressage continu, on observe une dégradation des performances pour des humidités supérieures à 5 %.

L'effet de la température sur le pressage hydraulique n'a pas été mesuré dans le cadre de nos essais mais la plupart des auteurs qui ont étudié ce mode de pressage indiquent un effet favorable de la chaleur alors que nos observations en pressage continu montrent l'effet inverse.

On peut tirer de l'ensemble de ces constatations la conclusion que les phénomènes améliorant la compressibilité des matrices oléagineuses (cuisson, humidification, température) ne sont pas favorables à l'expression de l'huile en continu dans les presses à vis fonctionnant en continu.

Notre hypothèse est que les caractéristiques favorables à la compressibilité sont également favorables au fluage lequel a pour conséquence une réduction de la pression produite par le mouvement de la vis. La matière plus molle ayant la possibilité de se déformer ne résiste pas suffisamment au travail mécanique pour produire les pressions nécessaires à l'expression de l'huile.

Par ailleurs, il a été observé que l'amélioration de la compressibilité peu avoir pour inconvénient de permettre à l'huile d'être produite à faible pression ce qui pourrait réduire la capacité de la presse à l'expulser à travers les barreaux et ce qui explique la nécessité d'augmenter la porosité des cages sur certains produits comme l'arachide.

Sous réserve de confirmation à l'échelle du pilote, il semble envisageable de réduire le besoin de séchage des graines avant pressage en compensant la plasticité supérieure du gâteau par une

température entrée presse plus faible, la réduction de température pouvant être obtenue dans un étage de refroidissement et le fluide thermique utilisé pour préchauffer les graines et les sécher dans échangeur de type Solex.

En réduisant le besoin de séchage on réduirait le besoin d'énergie de cuisson et la récupération de la chaleur avant pressage permettrait une économie de chaleur supplémentaire.

Une réduction du temps de cuisson pourrait avoir un effet favorable sur la qualité de l'huile, toutefois, le travail de produits plus humides pourrait laisser actives les enzymes défavorables.

Comparaison des 7 lots GENERGY

Observations issues des mesure de teneur en huile par RMN

Tableau n° 10 : Teneurs en huile par RMN des 7 lots et paramètres de teneur en eau

	Puissance	Température °C	MG écailles / RMN	H2O ecailles	H2O graines
AMBER18	1.755	49.25	24.58	11.49	7.68
AMBER18	1.7335	48.5	24.42	11.32	7.94
AMBER18	1.755	49.75	23.30	11.27	7.45
ASTRID17	1.7775	49.5	20.83	9.81	7.15
ASTRID17	1.711	52	21.26	10.10	7.25
ASTRID17	1.778	49.75	20.33	10.24	7.18
ASTRID18	1.80025	50.75	20.22	10.31	6.95
ASTRID18	1.767	50.25	20.24	10.56	7.05
ASTRID18	1.767	50.25	20.20	10.53	7.01
GASPARD17	1.711	51.5	20.33	9.98	6.74
GASPARD17	1.711	52	20.64	10.09	7
GASPARD17	1.711	49	20.28	10.78	7.39
GASPARD18	1.711	49	20.60	10.81	7.12
GASPARD18	1.7	50	21.02	11.03	6.9
GASPARD18	1.689	49.75	20.27	10.90	7.37
MAJOR17	1.76625	50.5	19.41	10.24	7.08
MAJOR17	1.756	50	19.56	10.25	7.17
MAJOR17	1.711	50	19.69	10.50	7.46
MAJOR18	1.711	51.25	20.44	10.95	7.26
MAJOR18	1.711	49.25	20.39	10.78	7.37
MAJOR18	1.7335	49.75	19.17	10.84	7.2
AMBER18-2	1.755	49.5	21.50175	11.0475	7.555
AMBER18-2	1.733	50.75	21.69125	11.1275	7.63
AMBER18-2	1.756	51	21.4235	11.0425	7.535

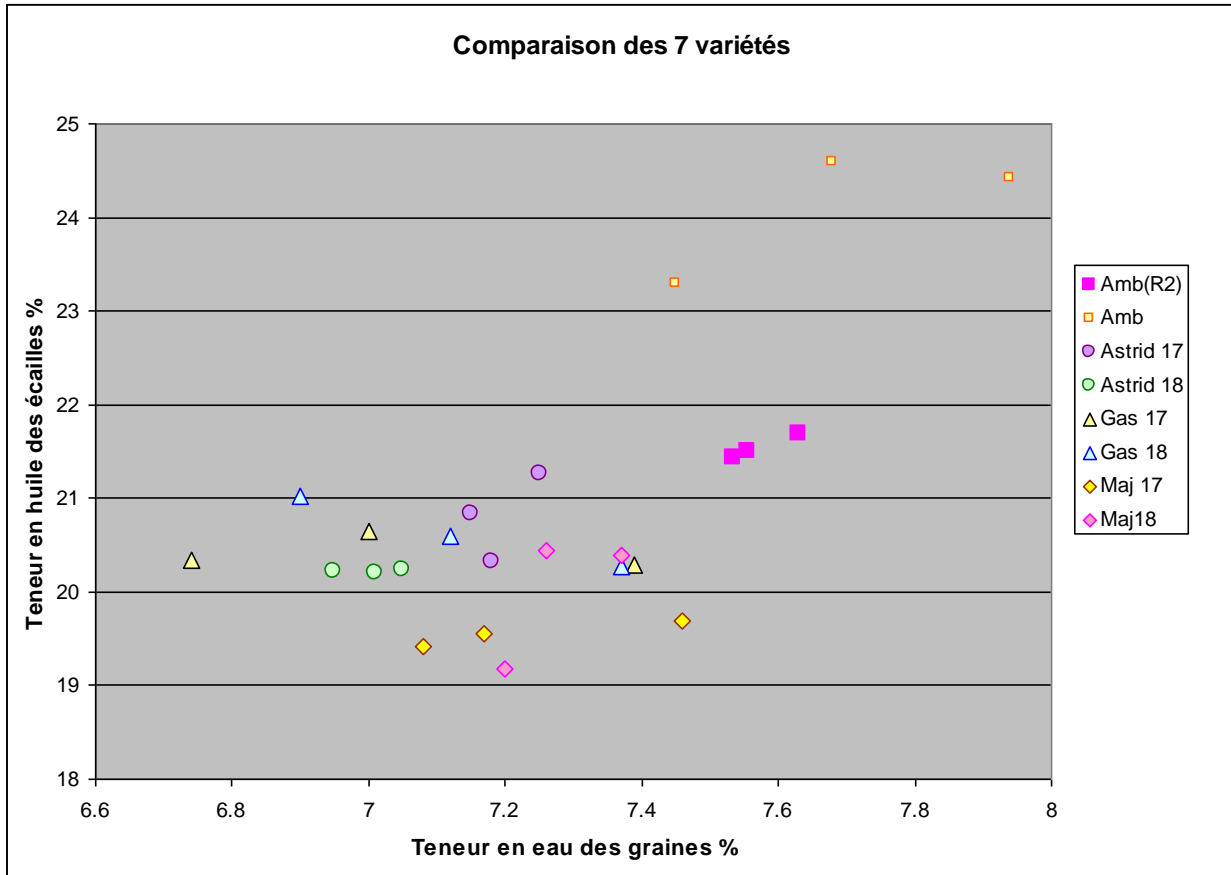


Figure 13: Comparaison des 7 lots en fonction de la teneur en eau des graines (teneur en huile des écailles par RMN).

Le lot Amber 18 a été passé deux fois car lors du premier passage on avait une teneur en eau un peu forte. Cette graine n’avait pas été séchée à la différence des 6 autres lots. Après passage rapide au séchoir, on observe une réduction significative de son déshuilage.

L’analyse de variance montre que la teneur en huile des écailles n’est pas indépendante des lots. Toutefois, le seul lot réellement à l’écart des autres est Amber18 dont la teneur en eau reste assez élevée. Par ailleurs ces données ne tiennent pas compte de la teneur en huile initiale de ces graines, il sera nécessaire de disposer de cette information pour calculer les rendements de déshuilage.

On notera que dans l’ensemble, la presse Oléane ne permet pas de révéler de fortes différences entre les lots bien que ces cultivars manifestent de fortes différences de compressibilité à la micro-presse.

En ce qui concerne les mesures de puissance, il semble qu’on puisse identifier une petite différence entre Astrid d’une part et les 2 Majors ainsi qu’un des Gaspard.

L’effet de la teneur en eau des graines pris en général n’est pas significatif (non reproté dans l’analyse de variance ci-dessous).

```

The GLM Procedure
Dependent Variable: Puissance

Source          DF          Sum of Squares    Mean Square    F Value    Pr > F
Model           6           0.01377479        0.00229580    5.06      0.0059
Error          14           0.00635258        0.00045376
Corrected Total 20           0.02012737

R-Square      0.684381
Coeff Var    1.226694
Root MSE     0.021302
Pu Mean      1.736500

Source          DF          Type I SS    Mean Square    F Value    Pr > F
lot             6           0.01377479    0.00229580    5.06      0.0059
    
```


Dependent Variable: Température						
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F	
Model	6	2.69642857	0.44940476	0.47	0.8171	
Error	14	13.29166667	0.94940476			
Corrected Total	20	15.98809524				
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	Temp Mean		
	0.168652	1.938134	0.974374	50.27381		
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F	
lot	6	2.69642857	0.44940476	0.47	0.8171	
Dependent Variable: MG écailles / RMN						
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F	
Model	6	7.21697112	1.20282852	8.84	0.0004	
Error	14	1.90450779	0.13603627			
Corrected Total	20	9.12147891				
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	RMN Mean		
	0.791206	1.803379	0.368831	20.45221		
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F	
lot	6	7.21697112	1.20282852	8.84	0.0004	
Student-Newman-Keuls Test for Puissance						
	SNK Grouping	Mean	N	lot		
	A	1.77808	3	ASTRID18		
	B A	1.75550	3	ASTRID17		
	B A	1.74800	3	AMBER18-2		
	B A	1.74442	3	MAJOR17		
	B	1.71850	3	MAJOR18		
	B	1.71100	3	GASPARD17		
	B	1.70000	3	GASPARD18		
Student-Newman-Keuls Test for MG écailles / RMN						
	SNK Grouping	Mean	N	lot		
	A	21.5388	3	AMBER18-2		
	B	20.8067	3	ASTRID17		
	B	20.6300	3	GASPARD18		
	C B	20.4167	3	GASPARD17		
	C B	20.2200	3	ASTRID18		
	C B	20.0000	3	MAJOR18		
	C	19.5533	3	MAJOR17		

Observations issues des teneur en huiles mesurées au laboratoire

Les résultats du laboratoire d'analyse sont présentés dans le tableau 11 ci-dessous.

Le rendement a été calculé selon la formule :

$$Rdt = \frac{(Q_1 - Q_3)}{Q_1}$$

$$Q_1 = 100 \times MS_g \times MG_g \times (1 - I_g)$$

$$Q_3 = \frac{H_t \times (100 - Q_1)}{(1 - H_t)}$$

Q1 : quantité d'huile présente dans 100 g de graine

Q3 : quantité d'huile présente dans le tourteau issu du pressage de 100 g de graines.

Avec MS_g : Matière sèche des graines (g / 1 g) ;

MG_g : Matière grasse des graines sur matière sèche (g / 1 g)

I_g : Teneur en impuretés (g / 1 g)

H_t : Teneur en huile du tourteau (g / 1 g)

Tableau n° 11 : Données issues du laboratoire d'analyse

28	Impuretes	MS Soxhlet	Huile Soxhlet simplifiée	MG/ Brut	Eau %	Rendement
Graines Amber 18	0,36	93,35	48,56	45,17	6,65	
Graines Astrid 17	1,35	93,66	45,61	42,14	6,34	
Graines Astrid 18	0,09	93,63	47,45	44,39	6,37	
Graines Gaspard 17	1,58	93,55	46,72	43,02	6,45	
Graines Gaspard 18	0,35	93,56	49,19	45,86	6,44	
Graines Major 17	1,25	93,61	47,45	43,86	6,39	
Graines Major 18	0,30	93,63	48,89	45,64	6,37	
Ecailles Amber 18 N°1-1	Am	89,84	21,17	19,01	10,16	71,50
Ecailles Amber 18 N°2-1	Am	90,05	20,05	18,06	9,95	73,25
Ecailles Amber 18 N°3-1	Am	89,96	21,09	18,97	10,04	71,58
Ecailles Astrid 17 N°1	A17	90,67	18,60	16,86	9,33	72,15
Ecailles Astrid 17 N°2	A17	90,85	19,40	17,62	9,15	70,62
Ecailles Astrid 17 N°3	A17	90,66	19,03	17,25	9,34	71,37
Ecailles Astrid 18 N°1	A18	90,61	18,59	16,84	9,39	74,62
Ecailles Astrid 18 N°2	A18	90,27	17,59	15,88	9,73	76,35
Ecailles Astrid 18 N°3	A18	90,28	19,07	17,22	9,72	73,94
Ecailles Gaspard 17 N°1	G17	90,57	18,36	16,63	9,43	73,59
Ecailles Gaspard 17 N°2	G17	90,53	19,22	17,40	9,47	72,10
Ecailles Gaspard 17 N°3	G17	90,34	18,38	16,61	9,66	73,63
Ecailles Gaspard 18 N°1	G18	90,06	17,78	16,01	9,94	77,49
Ecailles Gaspard 18 N°2	G18	89,97	18,92	17,02	10,03	75,79
Ecailles Gaspard 18 N°3	G18	90,20	18,01	16,24	9,80	77,11
Ecailles Major 17 N°1	M17	90,76	18,57	16,86	9,24	74,05
Ecailles Major 17 N°2	M17	90,65	18,25	16,54	9,35	72,79
Ecailles Major 17 N°3	M17	90,43	17,83	16,13	9,57	73,60
Ecailles Major 18 N°1	M18	89,92	17,80	16,00	10,08	77,31
Ecailles Major 18 N°2	M18	89,92	17,42	15,66	10,08	77,88
Ecailles Major 18 N°3	M18	90,20	18,31	16,52	9,80	76,43

Analyse de variance

Class Level Information					
	Class	Levels	Values		
	var	4	A Amb G M		
	lieu	2	17 18		
	Number of observations		21		
Dependent Variable: Rdt					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	6	108.4133333	18.0688889	22.48	<.0001
Error	14	11.2533333	0.8038095		
Corrected Total	20	119.6666667			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	Rdt Mean	
	0.905961	1.212106	0.896554	73.96667	

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
var	3	38.73833333	12.91277778	16.06	<.0001
lieu	1	67.66722222	67.66722222	84.18	<.0001
var*lieu	2	2.00777778	1.00388889	1.25	0.3169

Student-Newman-Keuls Test for Rdt (Amber est mis de côté en raison de son absence de l'essai « 17 »)

SNK Grouping	Mean	N	var
A	75.6000	6	M
A	74.5333	6	G
B	72.7833	6	A

Même analyse avec Amber mais en sortant les données issues de lieu = « 17 »

SNK Grouping	Mean	N	var
A	77.0667	3	M
A	76.7000	3	G
A	74.9667	3	A
B	71.9333	3	Amb

Student-Newman-Keuls Test for Rdt (Amber a été retiré de la comparaison des moyennes)

SNK Grouping	Mean	N	lieu
A	76.2444	9	18
B	72.3667	9	17

L'analyse de variance montre que le modèle Rdt = Variété + Lieu + Variété x lieu explique 90.5 % de la variabilité et est très hautement significatif.

L'effet lieu explique 56.5 % de la variance, l'effet variété 32.3%. Tous deux sont très hautement significatifs alors que l'interaction n'est pas significative.

Major et Gaspard ne sont pas significativement différents. Astrid est trouvée significativement différente des deux autres variétés lorsque les deux locations sont prises en compte. Amber est significativement différent des autres variétés lorsqu'on effectue la comparaison sur le jeu de donnée issu du lieu « 18 ».

Les rendements obtenus sur micro-presse étaient :

Amber : 21.8

Astrid 32.9

Gaspard 43.6

Major : 51.2

