

Le conditionnement des farines en amont des presses Résultats d'audits

1. Introduction

Cette fiche présente une synthèse sur les 17 audits conduits par Tecaliman au cours d'une période comprise entre mai 2000 et juin 2001.

2. Les aliments

Dans la majorité des cas, l'aliment pressé est de l'aliment porc (9 audits), contre 6 audits pour l'aliment volaille et 2 audits pour l'aliment bovin. La granulométrie des aliments est en moyenne de 0,651 mm. Cette valeur traduit une évolution de la conduite des broyeurs vers la production de particules de tailles plus importantes. Cette évolution peut s'expliquer par une meilleure prise en compte des besoins des animaux et/ou d'une nécessité dans les diagrammes en prémélange de ne pas limiter le débit de l'usine au niveau du broyeur.

3. Les presses

3.1. Conduite des presses

Les consignes de température de la farine après injection de la vapeur sont très variables et en général faibles par rapport aux données observées antérieurement par Tecaliman sur des formules destinées aux volailles. Elles ne semblent pas définies par rapport à un objectif de rendement maximal des installations de granulation ou de durabilité. Il est possible que l'introduction des enzymes dans les formules soit à l'origine de ce phénomène (température de destruction comprise entre 75 et 80°C), ou tout simplement que les opérateurs limitent l'incorporation de la vapeur pour des raisons de "confort" (éliminer les risques de blocage des presses).

3.2. Puissances installées et performances

Les moteurs de presse ont des puissances nominales comprises entre 150 et 270 kW. Les

puissances consommées représentent entre 46 % et 92 % de la puissance nominale. Sept presses granulent à une charge inférieure à 70%, c'est à dire dans des conditions ne permettant pas d'assurer le rendement maximal du moteur de presse.

De manière générale, la puissance consommée suit les variations de température en sortie de conditionneur et il existe une tendance non significative reliant la cohésion des granulés à la consommation spécifique des presses.

La consommation spécifique moyenne des presses est de 16,8 kWh/t, c'est à dire faible. Cela est probablement dû au niveau de la durabilité "Eurotest" des granulés qui est peu élevé : en moyenne 85,4%, ainsi qu'au débit utilisé pour calculer la consommation spécifique qui est un débit instantané.

En conclusion, les différentes situations examinées au cours de ces audits montrent que le rendement des presses est supérieur à ceux généralement observés, mais que cette amélioration des performances énergétiques des lignes de granulation est probablement due plus à une exigence de qualité des granulés faible qu'à une volonté de réaliser des économies d'énergie électrique sur les moteurs de presses.

4. Production de vapeur

Les installations de production de vapeur ont des capacités supérieures aux besoins en vapeur des usines (groupe de presses, chauffage des liquides).

Pour des raisons réglementaires (application de l'arrêté du 1^{er} février 1993), toutes ces installations ont été remises à niveau dans les années 96 - 97 et sont en bon état.

La température de l'eau d'alimentation est généralement faible, puisque 65 % des températures de l'eau des bâches sont inférieures à 60°C. Cela n'a pas d'influence sur la fourniture en vapeur des presses, puisque ces usines possèdent des chaudières en surcapacité de production.

La majorité des usines utilisent la chaleur des condensats ou des fumées pour préchauffer l'eau d'alimentation de la chaudière.

5. Distribution de la vapeur

5.1. Extraction des condensats

41 % des installations possèdent un purgeur séparateur à chaque point clé du circuit (Barillet, détente régulation, vanne modulante). Ce dispositif garantit la fourniture d'une vapeur saturée sèche au conditionneur et protège les vannes de régulation détente et modulante de l'action mécanique des condensats.

23,5 % des circuits présentent un dysfonctionnement du système de purge et de séparation des condensats :

- dans une usine, le purgeur de la vanne de détente - régulation est monté à l'envers et ne peut pas fonctionner.
- deux usines ne disposent pas de purgeurs séparateurs à l'entrée du conditionneur, c'est à dire en amont de la vanne modulante.
- une usine n'a pas d'évacuation en continue sur le purgeur de la vanne modulante et effectue la purge manuellement.

Il faut noter que pendant les campagnes de mesures, ces dysfonctionnements n'ont pas eu d'influence sur la conduite des presses (blocage des filières). Cela peut être dû à :

- un circuit de vapeur de faible longueur et une élimination efficace des condensats par les autres purgeurs situés sur le circuit (3 usines).
- une faible quantité de vapeur incorporée dans le conditionneur (1 usine)
- une pression élevée de la vapeur après détente (1 usine)

5.2. Pression de la vapeur au niveau de la vanne modulante

Après détente, la pression est en moyenne de 2,1 bar, mais sur l'ensemble des 17 circuits audités, une dispersion importante de cette variable est observée (de 0,9 à 4 bar). Les options de pressions élevées ou basses prises par les usines n'ont pas de justifications objectives.

Dans cinq installations, des variations de la pression de vapeur après détente sont observées. Ce dysfonctionnement des régulateurs détendeurs provoque une fluctuation de la quantité de vapeur incorporée dans la farine, de la température de conditionnement et de la puissance absorbée par la presse (4 usines).

Ce phénomène est cyclique dans deux usines et pour éviter le blocage de la presse, le conducteur de presse limite la température de

conditionnement. Dans un cas, il est à l'origine d'un blocage de la presse (1 usine).

La vanne de détente régulation d'une usine présente une fuite en position fermée (c'est à dire à l'arrêt de la ligne de granulation). Cela se traduit par une pression de la vapeur dans le circuit d'alimentation de la vanne modulante qui est égale à la pression de la chaudière (7 bar). Cette situation entraîne un blocage de la presse au démarrage. Elle est due à la quantité excessive de vapeur incorporée dans le conditionneur.

Tous ces dysfonctionnements du système de détente - régulation de la vapeur se traduisent par une perte de productivité des lignes de granulation et une surconsommation en énergie motrice des moteurs de presse. Plusieurs actions peuvent être conduites pour établir une situation normale :

- vérifier que la longueur du circuit entre la prise de pression et la vanne de régulation est suffisante (> 1,5 m) pour amortir les variations de pression générées par le détendeur (5 usines)
- contrôler et remettre en état les régulateurs électroniques des vannes de détente régulation (5 usines)
- implanter, en amont de la vanne de détente - régulation, une vanne de sectionnement tout ou rien (1 usine).

5.3. Vannes modulantes et régulation du débit de vapeur

Toutes les usines sont équipées d'une vanne modulante pilotée par un régulateur et une sonde thermique. Cette sonde implantée à la sortie du conditionneur permet de réguler l'ouverture de la vanne modulante en fonction d'une consigne de température et de la température du mélange farine-vapeur.

Deux lignes de granulation sont équipées d'un système de nettoyage automatique de la sonde de régulation. Dans les autres cas, ce nettoyage est réalisé manuellement et souvent la couche de produit déposée sur le capteur est très importante, ce qui augmente son temps de réponse et peut être à l'origine de blocage de la presse.

Dans le cadre des audits, cette sonde est systématiquement nettoyée avant le démarrage de la période d'acquisition des données. Dans deux cas, cette procédure a mis en évidence un décalage important entre les températures mesurées par la sonde de régulation et les mesures effectuées par Tecaliman à l'aide de capteurs étalonnés.

Sur une partie de l'échelle de mesure des températures, ces usines sous-estiment les températures de conditionnement (de 10 à 16°C). La conséquence de cette erreur de mesure peut être importante sur la concentration en éléments

thermolabiles de l'aliment (ex. phytases).
 Au fur et à mesure du déroulement des essais, une diminution de la température de conditionnement a été observée dans une usine.

Cette évolution est attribuée principalement à une chute de pression de vapeur, mais il faut souligner que ce phénomène aurait dû être compensé par la régulation de la vanne modulante. L'hypothèse d'une diminution de la pression vapeur associée à un mauvais fonctionnement de la régulation de la vanne modulante semble la plus probable.

En conclusion, pour optimiser le fonctionnement du système de régulation d'injection de la vapeur, les usines doivent mettre en place des procédures systématiques de nettoyage et de vérification des sondes de régulation et contrôler le fonctionnement de leur système de régulation.

6. Conditionneurs de presses à granuler

6.1. Caractéristiques géométriques et puissances des moteurs

La majorité des conditionneurs ont une forme cylindrique et un arbre. En moyenne, leur longueur et leur diamètre sont respectivement de 2 m et 0,48 m. Le volume intérieur du conditionneur est plus variable. Il est compris entre 188 et 971 litres, mais 88% des conditionneurs ont un volume intérieur compris entre 188 et 550 litres.

Une seule usine utilise un conditionneur de grand volume; il s'agit d'un matériel de 971 litres, équipé de 2 arbres.

Les puissances installées des conditionneurs sont comprises entre 11 et 18 kW. Bien qu'il n'existe pas de relation significative entre la puissance installée et le volume intérieur, il est possible d'observer une tendance lorsque les conditionneurs sont regroupés par classe de volume (tableau 1).

Volume (litre)	Nombre de conditionneur	Puissance Installée (kW)
188 à 350	10	13
350 à 550	5	15
632	1	18
971	1	18.5

Tableau 1

Le taux de charge des moteurs de conditionneurs est très faible (24%) et il n'existe pas de relation entre :

la consommation spécifique des conditionneurs et celles des presses.

la puissance absorbée par les conditionneurs et leur taux de remplissage

Cependant, il est vraisemblable que les imprécisions sur le taux de remplissage masquent cette dernière liaison.

En conclusion, les moteurs de conditionneurs sont sur-dimensionnés. En prenant comme base de calcul la consommation spécifique moyenne des conditionneurs et une marge de sécurité en cas de surcharge de 50%, les puissances installées pourraient être de 0,6 kW/t, soit par exemple 6 kW pour des presses produisant 10 t de granulés/heure.

6.2. Les pales

6.2.1. Caractéristiques géométriques des pales

La longueur, la largeur et le nombre de pales au mètre sont des grandeurs relativement peu variables d'un matériel à l'autre (tableau 2).

	Moyenne	Ecart type
Longueur des pales (mm)	17.5	2.1
Largeur des pales (mm)	6.4	0.7
Nombre de pales par mètre	17.9	3.7

Tableau 2

En général, les pales sont orientées pour pousser le produit de l'entrée vers la sortie et leur angle est compris entre 20 et 40°. Cependant, dans quelques cas, des angles plus faibles (10 à 15°) ou des pales orientées pour freiner le passage du produit (angle de 302 ou 350°) sont observés. Ce réglage est souvent réalisé à partir des données fournies par le constructeur, mais dans de nombreux cas, il n'existe pas de documents écrits.

6.2.2. Vitesse des pales

Seize conditionneurs ont une vitesse de rotation des pales comprise entre 176 t/mn et 466 t/mn, ce qui correspond à des vitesses périphériques de 3,9 à 10,3 m/sec. Ces vitesses se situent dans une fourchette conforme aux données bibliographiques et optimale pour réaliser le mélange farine - vapeur.

Un conditionneur présente une vitesse de rotation de 142 t/mn (3.2 m/sec). Cette vitesse est probablement insuffisante pour réaliser un mélange vapeur-farine homogène, ce qui se traduit par des variations importantes de la puissance absorbée par le moteur de la presse (C.V.% de 15,3%).

6.2.3. Etat d'usure

53 % des conditionneurs présentent des pales usées (usure de 5 à 30 mm). Dans le cas d'une usine, l'usure des pales est associée à des pales cassées.

Cette usure est l'origine de la formation de volume mort dans le conditionneur et de dépôts.

6.3. Injecteurs

L'examen des injecteurs de 16 conditionneurs montre que 43,8% des installations présentent des injecteurs partiellement obstrués. Dans ces conditions, la vitesse de la vapeur entrant dans le conditionneur est plus élevée que celle prévue par le constructeur, et la réalisation d'un mélange homogène farine-vapeur devient aléatoire.

6.4. Volume mort et présence de dépôts

L'épaisseur des dépôts est fonction du volume mort. Le volume mort est lui-même fonction de plusieurs facteurs :

la longueur des pales par rapport au diamètre du conditionneur qui varie dans le temps avec leur usure (volume mort entre les pales et la paroi du conditionneur)

la largeur et l'angle de réglages des pales (volume mort entre les pales)

Ainsi, les installations présentant le degré d'usure des pales le plus important (5 conditionneurs) ont des épaisseurs de dépôts et des volumes morts supérieurs respectivement à 20 mm et 17%, et un autre conditionneur possède des pales trop courtes.

La couche de dépôts est généralement de forme ondulée, les creux étant provoqués par le passage des pales. La formation de ces ondulations étant due au fait que les angles ou la largeur des pales ne sont pas assez importants pour que les trajectoires des pales se recouvrent. L'épaisseur des dépôts est plus importante au niveau de l'arrivée de la vapeur. L'humidité des dépôts est élevée (de 30 à 50%), ces conditions sont favorables au développement des bactéries dans le conditionneur pendant les périodes d'arrêt

de la ligne de granulation et surtout le week-end.

6.5. Temps de séjour moyen dans le conditionneur

La mesure du temps de séjour, par injection d'un traceur, a pu être réalisée dans 8 conditionneurs. Le temps de séjour est en moyenne de 11,6 secondes, mais la dispersion de cette grandeur est élevée (écart type de 4.1). L'effectif étudié est insuffisant pour déterminer l'influence de la vitesse et de l'angle des pales sur cette grandeur. Ces temps de séjour sont supérieurs à ceux cités dans la littérature technique, mais il est vraisemblable que dans ces documents la désignation de "temps de séjour" correspond à celle de "temps de passage".

6.6. Taux de remplissage et temps de passage

Ces grandeurs sont systématiquement calculées, mais leur exploitation est rendue impossible par l'imprécision d'une donnée utilisée pour effectuer ces calculs. En effet, le taux de remplissage et le temps de séjour sont calculés à partir du débit de la presse et de la quantité de produit présente dans le conditionneur en charge. Or, cette donnée est entachée d'erreurs.

Il est cependant possible de calculer le taux de remplissage des conditionneurs à partir du temps de séjour moyen, du débit volumique du conditionneur et du volume intérieur du conditionneur (tableau 3). Le nombre de données disponibles n'est pas suffisant pour établir une conclusion générale sur les taux de remplissage.

Conditionneur	Temps de séjour moyen (secondes)	Taux de remplissage (%)
a	22,2	35,4
c	14,0	25,2
d	15,3	39,9
f	9,6	3,5
g	7,9	7,4
h	6,5	4,3
i	5,8	7,4

Tableau 3

6.7. Performances des conditionneurs

6.7.1. Rendements des conditionneurs

L'imprécision liée à la méthode d'estimation du débit de la presse ne permet pas de calculer avec précision la masse de produit entrant dans le conditionneur et donc le rendement du conditionneur. Cependant dans deux usines, les données nécessaires au calcul de ces rendements ont été enregistrées (débit, température et pression vapeur).

Dans ces usines, les rendements en eau sont estimés à 69% et 67% alors que les rendements en énergie sont de 76% et 78%.

Le fait que le rendement énergétique soit supérieur au rendement en eau est une constatation générale, déjà observée par TECALIMAN lors de précédents essais. Cette différence peut être justifiée par des erreurs de mesures ou un mauvais positionnement de sonde. Aussi, il est possible qu'une source d'énergie ait été omise dans le calcul du rendement énergétique. L'échauffement provoqué par la rotation des pales n'est peut être pas négligeable. De plus, l'énergie émise de la filière par rayonnement et convection n'a pas été prise en compte.

En ce qui concerne les quantités d'eau et de chaleur non absorbées par la farine, il se peut qu'elles soient évacuées avec l'air contenu dans le conditionneur ou qu'une partie s'accumule dans les dépôts présents dans le conditionneur.

6.7.2. Ratio "Élévation de température par point d'humidité apporté par la vapeur"

En moyenne, un apport de 1 % d'humidité par la vapeur entraîne une élévation de température de 16,3 °C. Cette valeur est proche de celles données par la bibliographie. La plage de variation s'étend de 11,5 à 20,6 °C / H%, avec quatre situations extrêmes qui peuvent être dues à :

une hétérogénéité du mélange et un dosage d'humidité réalisés sur un échantillon ne correspondant pas à la mesure de température (la température est le résultat d'une moyenne calculée sur plusieurs dizaines de secondes d'enregistrement, tandis que l'échantillon destiné à la mesure d'humidité est prélevé à un instant précis).

l'utilisation de vapeur saturée humide, pour des valeurs inférieures à 14°C par point d'humidité
l'utilisation de vapeur à pression élevée et donc surchauffée après détente, pour des valeurs supérieures à 17°C par point d'humidité (usine j)

7. Conclusions

Cette étude a permis de développer une méthode de diagnostic applicable aux installations d'incorporation de vapeur utilisées sur les presses à granuler. Cependant cette méthode pourrait être améliorée si l'on disposait d'une technique de mesure en continu du débit des presses (calcul des rendements du conditionneur).

L'ensemble des 17 audits, réalisés au cours du programme, montre que l'utilisation de la vapeur sur les presses n'est pas totalement optimisée et qu'il existe par conséquent un potentiel d'économies d'énergie sur les presses :

une économie d'énergie motrice en accroissant le taux d'incorporation de la vapeur dans les mélanges avant granulation.

une économie d'énergie thermique en améliorant les conditions d'utilisation de la vapeur

L'effort doit être porté sur l'état du conditionneur et du circuit de distribution de la vapeur. En effet, la majorité des usines présentent un dysfonctionnement sur l'un ou sur ces deux postes.

En ce qui concerne la vanne de détente, les purgeurs séparateurs, la vanne modulante, les régulateurs et la sonde de température; ils doivent être régulièrement vérifiés et, si nécessaire remis en état.

En parallèle, les services d'entretien des usines devront avec les conducteurs de presse améliorer la maintenance des conditionneurs en :

ouvrant régulièrement les conditionneurs pour les nettoyer et les remettre en état (remplacer les pales cassées ou usées, déboucher les injecteurs)

nettoyant, à chaque changement de lot, les sondes thermiques de régulation

Car les données collectées au cours du programme montrent que les plans de maintenance communiqués par les industriels ne sont pas assez fréquents et peu appliqués.

La fréquence de "contrôle - nettoyage" par semaine du conditionneur doit être retenue.

Compte tenu du peu d'informations disponibles dans la bibliographie, un effort devra aussi être entrepris par les constructeurs de conditionneurs. Ils devront définir les caractéristiques optimales d'un conditionneur de presses à granuler : longueur, diamètre, vitesse, largeur, longueur et angles des pales, position et taille des injecteurs, taux de remplissage.....