



Lettre technique d'ARVALIS

Octobre 2021 - n° 16

Sur le stockage des grains

SOMMAIRE

Evaluation de mesures de gestion destinées à limiter la contamination du blé tendre par des allergènes soja dans un site de manutention	Pages 1– 4
Evolution de la teneur en soja d'un lot dans le processus meunier	Pages 4 - 6



INSCRIVEZ-VOUS

Si vous souhaitez recevoir cette lettre technique, merci de bien vouloir vous inscrire à l'aide du formulaire prévu sur le site Venti-LIS® :

<https://www.arvalis-infos.fr/demande-d-informations-@/view-127->

EVALUATION DE MESURES DE GESTION DESTINÉES À LIMITER LA CONTAMINATION DU BLÉ TENDRE PAR DES ALLERGÈNES SOJA DANS UN SITE DE MANUTENTION

En 2020, un essai réalisé sur la plateforme Métiers du grain à ARVALIS (Boigneville, 91) a mis en évidence les contaminations croisées entre deux lots de soja et de blé tendre empruntant le même circuit de manutention. Dans les conditions de cet essai, l'utilisation d'un même circuit de manutention pour du soja et du blé a entraîné une contamination fortuite du blé par des graines et débris de soja de l'ordre de 0,147 % à 0,181 % selon le lot. Cette contamination n'était toutefois pas de nature à rendre le blé non commercialisable, sur la base de l'addendum II du contrat Incograin (marchandise refusable au-delà d'un seuil de 3 % d'impuretés diverses). Toutefois, on retrouvait dans les deux lots de blé tendre des protéines allergènes de soja (voir lettre Stockage n° 14).

L'objectif des essais réalisés en 2021 à ARVALIS étaient de mesurer l'efficacité de mesures de gestion simples, applicables en silos OS :

- Nettoyage des pieds d'élevateurs après passage du soja dans le circuit de manutention,
- Nettoyage de blé tendre avant expédition,
- Exploitation de la dilution naturelle (« purge » du circuit).

Comme en 2020, deux indicateurs ont été utilisés pour évaluer l'efficacité de ces mesures de gestion : la teneur en soja présent dans le lot de blé tendre (proportion de graines et de débris de graines) et la teneur en protéines de soja dans le blé tendre, mesurée par test ELISA.

Nettoyage des pieds d'élevateur

Les pieds d'élevateur sont des zones de rétention de matières à l'origine d'une part non négligeable des contaminations croisées entre lots. Pour mesurer l'impact du nettoyage des pieds d'élevateur sur la contamination d'un lot de blé tendre par des graines de soja, nous avons simulé une contamination du circuit par un lot de soja, aspiré les pieds d'élevateur puis fait passer par le même circuit un lot de 5 tonnes de blé tendre. Le blé tendre a été échantillonné lors de son désilage, à hauteur de 50 échantillons pour 5 tonnes. Le circuit emprunté dans cet essai et les tonnages manutentionnés étant identiques aux essais conduits en 2020, l'efficacité de la mesure a été établie en comparant la teneur en soja et en protéines de soja dans les échantillons de blé prélevés, issus des lots de 2020 (lots A et B) sans nettoyage des pieds d'élevateur, avec les échantillons du lot de blé de 2021 (lot C) passé dans le circuit après nettoyage des pieds d'élevateur.

On constate que le lot C se distingue nettement des lots A et B tant sur la moyenne que sur la valeur maximale de taux de soja mesuré. Une ANOVA non paramétrique sur le taux de soja, réalisée à l'aide d'un test de Kruskal Wallis, montre que les trois lots sont statistiquement différents ($p=3,643.10^{-11}$). Un test de Wilcoxon montre que, parmi les trois lots, A et B sont identiques ($p=0,56$) alors que C se distingue significativement de A ($p=1,5.10^{-8}$) et de B ($p=2,1.10^{-9}$). Ces informations sont synthétisées dans la Figure 1.

Le même type d'analyses statistiques réalisées sur la teneur en protéines de soja des lots A, B et C conduit à la même conclusion : A et B sont identiques et significativement différents de C qui présente une teneur en protéines de soja inférieure.

Nettoyage du blé

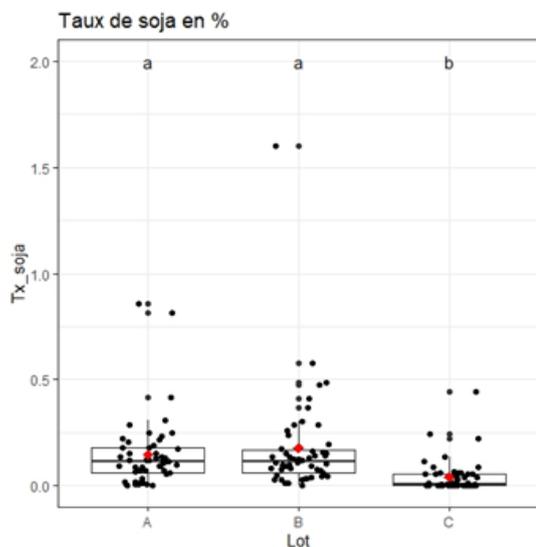


Figure 1 : Répartition de la teneur en soja (%) des trois lots A, B (sans nettoyage des pieds d'élévateur) et C (avec nettoyage des pieds d'élévateur). En rouge : moyenne du lot

Pour mesurer l'efficacité du nettoyage du blé, nous avons pris le parti de travailler sur un tonnage de blé supérieur : 30 tonnes. Ceci nous permet en effet d'approfondir la dynamique de décontamination d'un lot sur un tonnage supérieur à celui étudié en 2020. Le principe de l'essai est le suivant : le circuit de manutention est d'abord contaminé par le passage du lot de soja. Le lot de 30 tonnes de blé emprunte ensuite le même circuit de manutention. Au moment du désilage, le blé est nettoyé à l'aide d'un nettoyeur-séparateur plan (NSD 2, Ets Denis), avec un débit de nettoyage réduit de moitié par rapport au débit nominal. Les grilles utilisées sont celles préconisées par le constructeur pour le nettoyage du blé tendre¹. Des échantillons sont prélevés avant et après le nettoyeur à l'aide d'un échantillonneur de circuit, à raison d'un échantillon toutes les 16 secondes pendant les 5 premières minutes, puis d'un échantillon toutes les 36 s pour le temps restant. Un total de 155 échantillons avant et 155 échantillons après nettoyage a ainsi été prélevé. Les analyses ont porté sur la totalité des 15 premiers échantillons puis à partir de l'échantillon 20, tous les 5 échantillons jusqu'à 155, avant et après nettoyage. La comparaison par paire des échantillons avant nettoyage (E) et après nettoyage (S) permet de mesurer l'efficacité de la méthode. La description des lots avant (E) et après (S) nettoyage figure en Tableau 1.

	Taux de soja		Taux de graine		Taux de brisures		Taux de coques	
	E	S	E	S	E	S	E	S
Min.	0.0	0.0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Médiane	0.003674	0.00000	0,0	0,0	0.003063	0,0	0,0	0,0
Moyenne	0.116950	0.04677	0.05038	0.001321	0.064400	0.04727	0.0021738	0.0002516
Max.	2.371239	0.92681	1.13257	0.056814	1.221407	0.86654	0.0234835	0.0049213
paired t-test	NS		NS		NS		P<0,05	

Tableau 1 : Taux de soja (%) dans les 30 tonnes de blé tendre avant (E) et après (S) nettoyage au nettoyeur-séparateur

Des tests de Student appariés ont été effectués pour comparer les deux lots E et S. Il s'avère que ces deux lots ne peuvent être considérés comme statistiquement différents bien qu'en moyenne la teneur en soja soit réduite. Afin de mesurer l'efficacité du nettoyage sur la partie la plus contaminée, nous travaillons spécifiquement sur les valeurs correspondant aux 5 premières tonnes de blé tendre nettoyées, c'est-à-dire les échantillons correspondant aux ordres 1 à 35 (soit environ 5,1 tonnes). Sur ces 5 tonnes, le test de Student apparié ne met pas non plus en évidence de différence significative sur le taux de soja avant et après nettoyage ($p=0,079$) ou sur le taux de protéines de soja ($p=0,066$). Seul le taux de coques peut être considéré comme significativement différent après nettoyage.

Dynamique de dilution et purge du circuit

Sur les 44 valeurs de taux de soja du lot E (30 tonnes de blé tendre, non nettoyé), un modèle de dilution, de type $y=ax^{-b}$ a été ajusté, avec y =Taux de soja et x =Ordre de prélèvement. Le coefficient de corrélation entre la valeur observée et la valeur prédite est de 0,99. Ce modèle permet d'estimer la teneur en soja d'un échantillon en fonction de son ordre de prélèvement. Conformément à ce qui avait été observé en 2020, la contamination du lot de blé tendre par du soja décroît très rapidement puis atteint un plateau à partir de l'ordre 10, soit environ 1 tonne (Figure 2). Ce modèle permet de déterminer à partir de quel ordre de prélèvement, et donc de quel tonnage manutentionné, le taux de soja devient inférieur à un seuil donné.

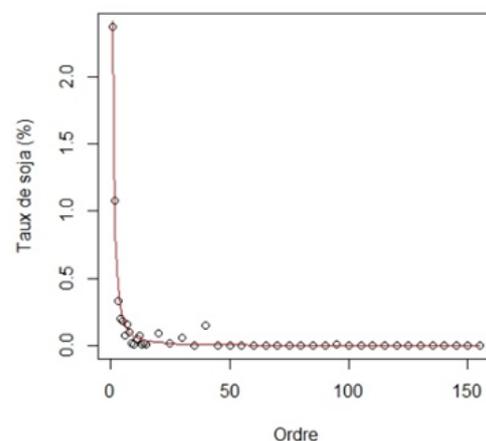


Figure 2 : Taux de soja d'un échantillon (en %)

¹ Emottage : 4,5 mm*25 mm et 4,0 mm* 20 mm ; Criblage : 2,1 mm*20 mm et Ø3 mm

Intérêt des mesures de gestion proposées dans une démarche HACCP de maîtrise des allergènes

L'efficacité des mesures de gestion doit être appréciée au regard d'un seuil. En l'absence d'un seuil réglementaire pour les allergènes, nous avons appuyé notre réflexion sur le dispositif d'étiquetage VITAL (Voluntary Incidental Trace Allergen Labelling) utilisé en Australie et Nouvelle-Zélande. VITAL est un système d'étiquetage volontaire de la présence fortuite d'allergène au-delà d'un seuil permettant de protéger 99 % de la population allergique. Ce seuil, appelé « seuil d'action » dépend de deux grandeurs, la dose et la quantité de référence.

La **dose de référence**, correspond à la quantité de protéines (en mg) que peuvent ingérer 99% des personnes allergiques, en une seule prise, sans réaction indésirable. Pour le soja, cette dose de référence est de 0,5 mg (source : VITAL, 2019).

La **quantité de référence** correspond à la taille d'une portion consommée en une seule prise. Elle est déterminée par l'industriel.

Les **seuils d'action** sont définis pour chaque produit fini et dépendent de la dose de référence et de la quantité de référence :

$$\text{Seuil d'action (mg/kg)} = \text{dose de référence (mg)} \times 1000 / \text{quantité de référence (g)}$$

Pour établir l'intérêt des différentes mesures de gestion testées, nous avons défini, à titre d'exemple, des seuils d'action pour trois produits céréaliers : le pain, les biscuits secs et une pâtisserie moelleuse (Tableau 2). Ces seuils ont été exprimés en taux de soja à l'aide d'un modèle linéaire entre les taux de soja constatés dans nos échantillons et les taux de protéines mesurés. Ils ont ensuite été comparés aux niveaux de taux de soja atteints après réalisation de la mesure de gestion.

	Pain	Biscuits secs	Pâtisserie moelleuse
Quantité de référence (g)	80	32	30
Proportion de farine dans le produit	0,6	0,73	0,21
Quantité de farine consommée en une prise (g)	48	23	6
Taux d'extraction	0,77	0,77	0,77
Quantité de grains correspondant à une prise (g)	62	30	8
Dose de référence (mg)	0,5	0,5	0,5
Seuil d'action pour le blé (mg/kg)	8	16	61
Taux de soja correspondant (%)	0,0069	0,0108	0,0325

Tableau 2 : Taux de soja correspondant aux seuils d'action définis pour chaque produit. La relation entre taux de soja et taux de protéines utilisée est $Tx \text{ soja (\%)} = 4,821 \cdot 10^{-4} * Tx \text{ protéines (mg/kg)} + 3,085 \cdot 10^{-3}$ ($R^2=0,74$)

Le nettoyage des pieds d'élevateur a permis d'abaisser le niveau moyen de contamination en soja du lot de 5 tonnes de blé tendre à 0,0416 %. Ce niveau reste trop élevé et nécessiterait, dans le système VITAL, un étiquetage de précaution pour les trois filières considérées.

Le nettoyage du grain a permis d'abaisser le niveau moyen de contamination du lot de 30 tonnes de blé tendre à 0,0105 % en moyenne pondérée. Ce taux reste supérieur aux seuils d'action définis pour le pain mais est inférieur pour les deux autres produits céréaliers (si l'on considère bien la totalité du lot). Pour comparer avec l'efficacité du nettoyage des pieds d'élevateur, le taux de soja moyen des 5 premières tonnes, en moyenne pondérée, est de 0,0483 %, ce qui est supérieur aux trois seuils d'action.

D'après le modèle de dilution du taux de soja en fonction de l'ordre, si l'on souhaite jouer sur le nettoyage des circuits en déclassant les premières tonnes contaminées, il faut, pour passer sous le niveau d'action défini par produit atteindre :

- l'ordre 16 pour un produit de type pâtisserie moelleuse, soit déclasser environ 1,5 tonne de blé,
- l'ordre 35 pour un produit de type biscuit sec, soit déclasser environ 5 tonnes de blé,
- l'ordre 46 pour du pain, soit déclasser environ 7,5 tonnes de blé.





Conclusions

En conclusion, lorsque du soja et du blé de meunerie sont stockés sur le même site, il s'avère difficile de livrer du blé qui satisfasse à une exigence spécifique sur l'absence d'allergène (c'est-à-dire en fait le droit de ne pas étiqueter) (Figure 3). Parmi les différentes mesures testées, la mesure de gestion la plus simple et peut-être la plus facile à adapter au débouché (et donc au seuil d'étiquetage) est peut-être la décontamination du circuit en acceptant le déclassement d'une quantité plus ou moins importante de blé tendre. Il en résultera un surcoût qui dépendra directement du taux de soja maximal accepté au contrat, et du différentiel de prix entre le blé meunier et le blé déclassé (probablement destiné à l'alimentation animale).

Le niveau de contamination croisée étant dépendant des zones de rétention et de la conception du circuit, les valeurs observées dans cet essai ne sont pas directement extrapolables. Un OS qui souhaiterait stocker du blé et du soja sur le même site et mettre en œuvre une analyse et une gestion de risque allergène devrait mener le même type de raisonnement que nous avons tenu dans cet essai en construisant la courbe de dilution observée en fonction du tonnage. Celui lui permettra d'établir ses propres modalités de rinçage de circuit.

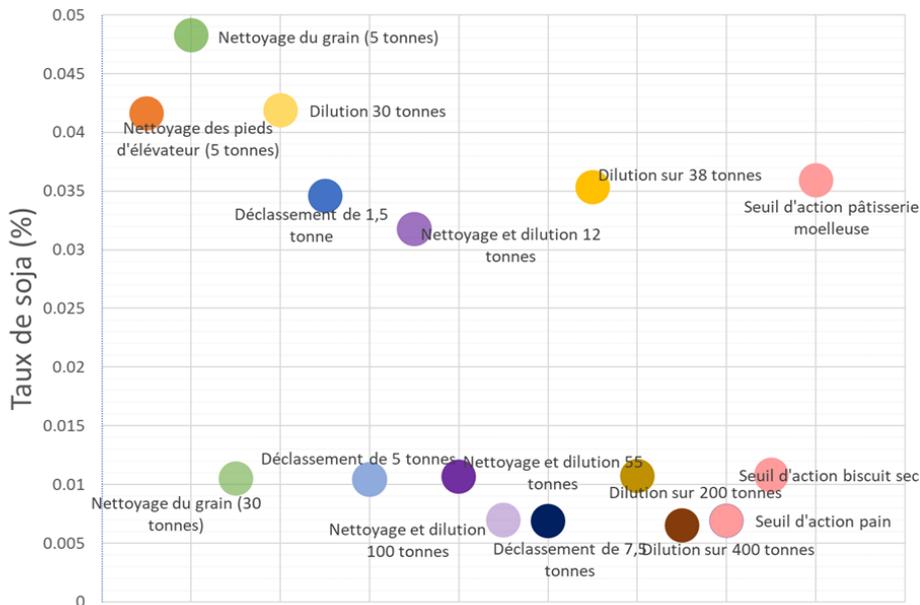


Figure 3 : Comparaison des taux de soja obtenus après application d'une mesure de gestion aux seuils d'étiquetage calculé pour trois produits céréaliers

Références

The allergen bureau, 2019. Summary of the 2019 VITAL Scientific Expert Panel Recommendations.

Groupe d'étude des marches de restauration collective et nutrition, 2015. Recommandation nutrition. Ministère de l'économie, de l'industrie et du numérique.

Katell CREPON
k.crepon@arvalis.fr

EVOLUTION DE LA TENEUR EN SOJA D'UN LOT DANS LE PROCESSUS MEUNIER

Le syndicat de la meunerie Française (ANMF) souhaite identifier les leviers de la réduction de la teneur en soja lors du processus meunier afin de garantir au consommateur des produits sans allergènes. Des essais de réduction de la teneur en soja de lots contaminés par transferts inter-lots ont été réalisés par Arvalis en 2020 et 2021 au niveau des organismes stockeurs selon plusieurs stratégies : nettoyage par passage au nettoyeur séparateur, dilution et nettoyage du circuit de manutention.

Un essai de moutures est venu compléter ce panel. Il a été réalisé sur le moulin pilote de l'école de meunerie à Surgères en novembre 2020.

Les objectifs de cet essai étaient de quantifier la réduction de la teneur en graines et fractions de soja lors du processus de nettoyage meunier et de mesurer la répartition de la teneur en protéines allergènes de soja dans les différentes farines de passages et issues de meunerie. Pour ce faire, deux fractions de 500 kg des 5T de blé de l'essai de mesure de la cinétique de décontamination réalisé en 2020 (voir lettre stock@ge n°14) ont été utilisés. Les valeurs moyennes de contamination de ces deux lots de 5 T étaient respectivement de 0,147 % et 0,181 %, la différence entre ces deux concentrations n'étant pas statistiquement différente.



Postes d'échantillonnage des farines de passage

Ces deux sous lots (A et B) constituent donc deux répétitions d'une même expérience. Afin de suivre l'évolution de la teneur en soja lors du nettoyage, les grains ont été échantillonnés à chaque étape du nettoyage. Chaque échantillon moyen est constitué de 5 prélèvements élémentaires, la totalité de chaque échantillon moyen est analysé par tri manuel des graines, fragments de graines et enveloppes de soja. Le blé a été échantillonné aux points suivants :

- Dans le big-bag avant l'entrée dans le circuit (échantillon blé sale),
- Après le passage au nettoyeur épierreur combiné MTKB Bühler, les deux fractions grains lourds et grains légers ont été prélevées (blé sortie MTKB « légers » et blé sortie MTKB « lourds »),
- En sortie du trieur optique Sortex Bühler (blés sortie Sortex),
- En sortie du boisseau de repos après mouillage (blé sortie boisseau de repos),
- En sortie de la polisseuse à l'alimentation du broyeur 1 (blé B1).

Au niveau du moulin, les farines de passage sont prélevées entre t+70 min et t+100 min après le début de la mouture. Ce délai de 70 min après le début de la mouture permet de garantir la montée en charge du moulin ainsi que le rinçage de la mouture précédente. Un échantillon moyen de chaque farine de passage est constitué par trois prélèvements élémentaires. Pour chaque échantillon moyen un dosage des protéines de soja est réalisé par test Elisa (kit Ridascreen Fast Soya R7102) par le laboratoire Phytocontol.

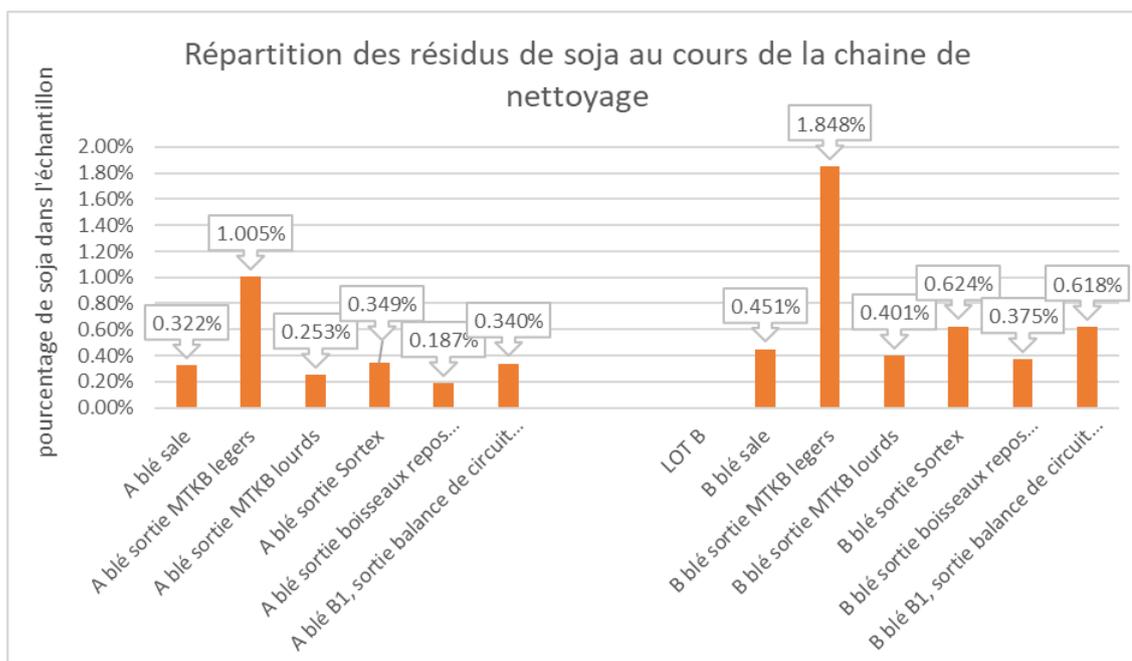
Les réglages des appareils de nettoyage et des cylindres de meunerie n'ont pas été adaptés spécifiquement pour cet essai, ce sont les mêmes que ceux habituellement utilisés pour la caractérisation des blés pour la fiche « Blés Meuniers » réalisée tous les ans par le moulin pilote de Surgères pour l'ANMF.

► Conformité des moutures

Les bilans des moutures ont été réalisés par le responsable du moulin, les taux d'extraction, la proportion des farines de passage ainsi que les courbes de cendres qui caractérisent la réalisation des essais de mouture sont conformes aux grandeurs habituellement observées. Les moutures des lots A et B ont été réalisées en conformité avec le protocole défini. Les résultats obtenus accréditent une bonne répétabilité des moutures sur le Moulin Pilote des lots A et B.

► Evolution de la teneur en soja au cours du nettoyage

Bien que la pression d'échantillonnage tant en nombre de prélèvements qu'en quantité prélevée soit supérieure aux exigences la norme d'échantillonnage ISO/FDIS 24333, les résultats obtenus semblent indiquer un accroissement de la teneur en résidus de soja entre le blé sale et le blé B1 en sortie de ligne de nettoyage, ce qui n'est pas le cas. A aucun moment du soja n'a été réintroduit dans le circuit et des graines et fragments de graines ont été retrouvés dans les déchets de chaque machine.



On observe une concentration différente entre la fraction lourde et la fraction légère au niveau de nettoyeur combiné MTKB, cette discrimination pourrait être mise à profit en repassant la fraction légère sur le circuit de nettoyage. D'autre part le réglage standard « blé meunier » paramétré par la société Bühler ne semble pas performant pour éliminer les graines et fragments de soja. En effet la teneur en soja en sortie du trieur optique est supérieure à celle du

blé sale dans les deux répétitions. Enfin la question du choix de la grille d'émottage (trous ronds de 6mm) peut aussi se poser, c'est à cet endroit que les graines entières de soja auraient dû être discriminées.

► Evolution de la teneur en protéines allergènes du soja dans les moutures de passage

A l'exception des farines de B1, toutes les analyses réalisées sur les farines ont dépassé la limite supérieure de quantification (200 mg/kg). Ces résultats ne permettent pas de statuer sur l'évolution de la teneur en allergènes de soja au cours de la mouture tant au point de vue du type de passage, broyeurs, claqueurs et convertisseurs, que de l'avancement de l'extraction de farine au sein des types de passage (farines de têtes vs farines de queues) à l'exception des farines de B1, dont la teneur en allergènes de soja est inférieure aux autres passages (respectivement 98 et 145 mg/kg pour les lots A et B).

Les niveaux de contaminations initiaux du blé en soja avant B1, respectivement 0,34 et 0,62 %, ne permettent pas d'obtenir des farines pouvant répondre à l'allégation sans allergènes.

Poste d'échantillonnage du blé avant B1



► Le process meunier n'a pas permis de réduire la contamination en soja des lots



Ligne des appareils à cylindre du moulin de l'ENSMIC

L'essai de mouture mené sur le moulin pilote de l'école de meunerie, dans les conditions de réglages habituels des installations, a montré une bonne répétition des résultats d'un point de vue meunier. Les taux d'extraction et les courbes de cendre sont comparables aux résultats habituels de moutures réalisées sur cette installation.

Les phases de nettoyage des grains n'ont pas fait diminuer la teneur en graines de soja initialement contenue dans les lots de blé utilisés. Les réglages des instruments de la chaîne de nettoyage, en particulier la grille d'émottage du nettoyeur combiné MTKB et le paramétrage du trieur optique auraient pu être optimisés pour améliorer l'efficacité globale du nettoyage. L'isolement, ou le re-triage de la fraction légère des bons grains en sortie du nettoyeur combiné est également à envisager pour réduire la teneur en soja des lots de blé.

La question de la représentativité de l'échantillonnage se pose de façon prégnante pour ce type de contamination.

La teneur en allergènes des farines de passage était trop élevée pour pouvoir observer un éventuel gradient de contamination en fonction des types de passage et de l'avancement de la mouture. Il n'est pas possible à la vue de ces résultats d'envisager d'écarter la farine de certains passages pour réduire la teneur globale en allergènes de soja de la farine produite.

Jean-Yves MOREAU
[jy.moreau@arvalis.fr](mailto: jy.moreau@arvalis.fr)