

Berne, le 14 février 2022

Recommandations pour la minimisation de l'ergot et des alcaloïdes de l'ergot dans les céréales

Table des matières

1 Préambule	2
2 Introduction.....	2
3 Recommandations pour la culture et la récolte.....	4
3.1 Rotation des cultures	4
3.2 Travail du sol.....	4
3.3 Choix variétal	4
3.4 Semis et gestion de la culture	5
3.5 Propreté des parcelles	5
3.6 Evaluation de pré-récolte	5
3.7 Récolte partielle selon la charge	5
3.8 Nettoyage à l'air	6
3.9 Stockage.....	6
4 Recommandations pour la prise en charge, le stockage, le commerce et le transport	6
4.1 Conseil.....	6
4.2 Contrôle	6
4.3 Nettoyage	7
4.4 Stockage.....	7
5 Recommandations avant et pendant la fabrication de produits de meunerie	7
5.1 Conseil, contrôle et réception de matières premières.....	7
5.2 Nettoyage	8
5.3 2 ^{ème} nettoyage.....	8
5.4 Traitement ultérieur	8
5.5 Partenariat	8
5.6 Vérification	9
6 Lors de la fabrication de pain et de produits de boulangerie	9
6.1 Réception de grains en vrac.....	9
6.2 Mouture.....	9
6.3 Vérification	9
7 Référence	10

1 Préambule

Le groupe de travail « Sécurité alimentaire » de swiss granum, la branche suisse des céréales, oléagineux et protéagineux, a établi ce document. Les recommandations pour la minimisation de l'ergot et des alcaloïdes de l'ergot dans les céréales¹, émises par un groupe de travail initié en 2014 par le ministère fédéral allemand pour l'alimentation et l'agriculture et dirigé par l'institut Max Rubner, avec la participation d'experts des organisations, institutions et entreprises de la chaîne de valeur allemande de céréales (voir chap. 7), ont servi de base.

2 Introduction

L'ergot désigne la forme persistante du champignon *Claviceps purpurea* qui peut contaminer toutes les espèces de graminées et de céréales (fig. 1 et 2). Au lieu du grain, un ergot noir (sclérote) se forme dans les épis contaminés lors de la floraison, qui diffère généralement considérablement par sa forme, sa couleur et sa texture de l'ensemble des grains. Les ergots qui restent au champ après la récolte peuvent germer au printemps et les spores libérées peuvent contaminer par l'air les graminées et les céréales à floraison précoce. Après environ deux semaines de développement du champignon dans les fleurs, une contamination secondaire se produit. Les conidies produites par le champignon peuvent contaminer d'autres fleurs avec la dissémination du miellat par les insectes, la pluie ou les gouttelettes en suspension dans l'air.

Les principales espèces céréalières touchées sont le seigle et le triticale, dont les fleurs allogames (fécondation croisée) restent ouvertes plus longtemps. Cependant, lors de conditions humides persistantes et d'un printemps frais, le blé et l'orge sont également touchés et la récolte peut être contaminée par l'ergot et les substances toxiques (alcaloïdes de l'ergot) qu'il contient. Plus de 50 alcaloïdes différents de l'ergot sont connus à ce jour. Les alcaloïdes de l'ergot du seigle les plus importants de l'espèce *Claviceps purpurea* sont l'ergométrine, l'ergotamine, l'ergosine, l'ergocristine, l'ergocryptine et l'ergocornine et leurs épimères.



Figure 1 : Ergot (*Claviceps purpurea*) sur du ray-grass hybride (gauche) et du seigle (droite). Les épillets contaminés excrètent du miellat (milieu). Celui-ci contient des conidies, qui peuvent conduire à une contamination secondaire. Source : www.pflanzenkrankheiten.ch

Les affirmations suivantes relatives au seigle s'appliquent en principe également au blé, même si cette céréale est moins fréquemment contaminée par *Claviceps purpurea* et forme moins d'ergot.

¹ Disponible sous https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Verbraucherschutz/Lebensmittelsicherheit/HandlungsempfehlungMutterkornalkaloide.html

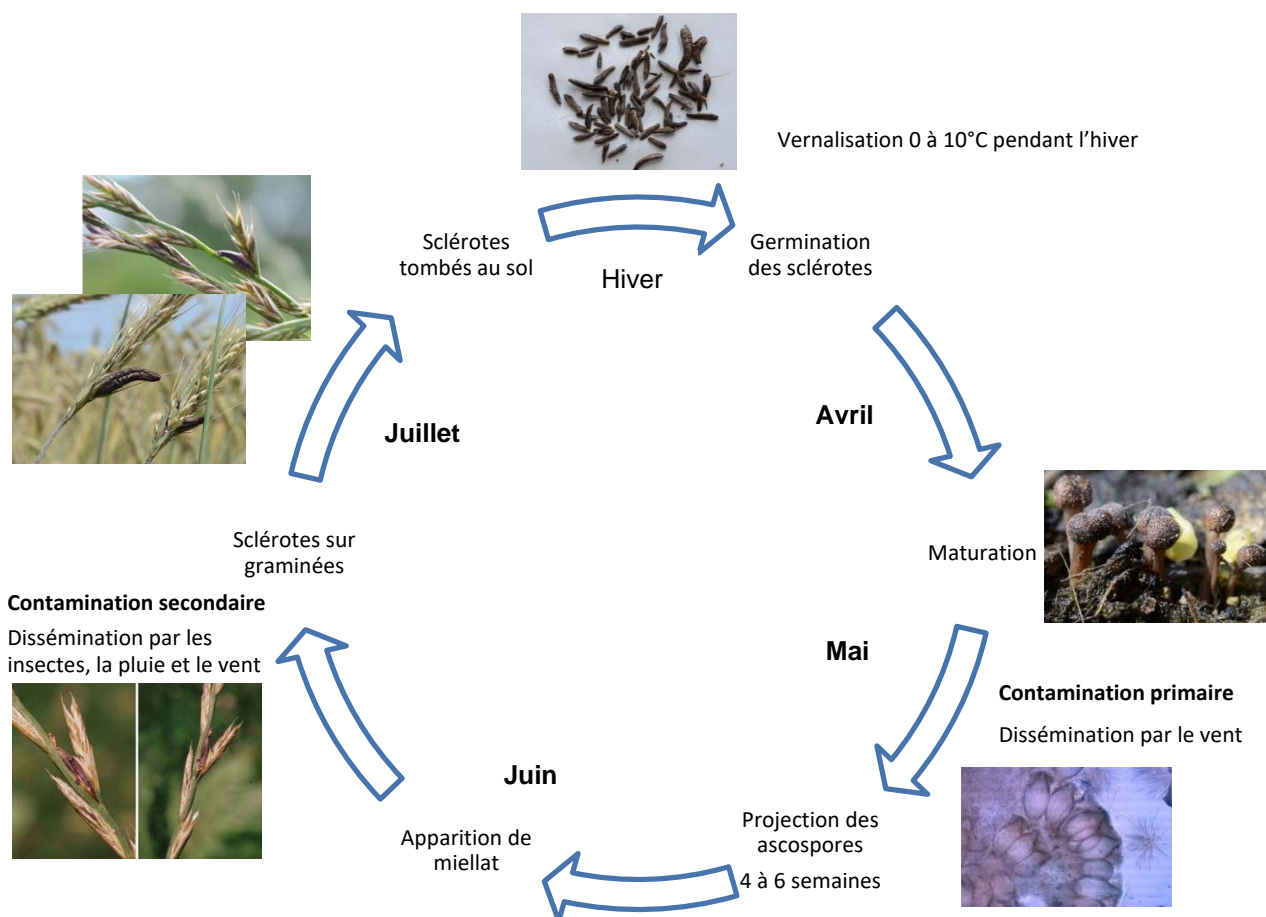


Figure 2 : cycle de vie de *Claviceps purpurea*. Source des images: www.pflanzenkrankheiten.ch

En 2012, l'Autorité européenne de sécurité des aliments EFSA a établi une dose journalière tolérable en alcaloïdes de l'ergot de 0,6 µg par kg de poids corporel et par jour ainsi qu'une dose aiguë de référence de 1 µg par kg de poids corporel. Le 6 juillet 2017, l'EFSA a publié un rapport scientifique sur l'exposition alimentaire des humains et des animaux aux alcaloïdes de l'ergot². Certains groupes de population peuvent être exposés à des niveaux proches de la dose journalière tolérable. Le 24 août 2021, la Commission européenne a donc adopté de nouvelles teneurs maximales en sclérotés et en alcaloïdes de l'ergot dans certaines denrées alimentaires³.

Le champignon *Claviceps purpurea* est un colonisateur naturel du sol, dont la présence est omniprésente et ne peut être complètement évitée. Cependant, grâce à une optimisation des bonnes pratiques lors de la culture des céréales et de la transformation ultérieure en produits céréaliers, des options existent pour réduire la pression d'infection et la contamination qui en résulte par l'ergot et les alcaloïdes de l'ergot dans les céréales.

² Arcella, D., Gomez Ruiz, J-A., Innocenti, ML et Roldán, R., 2017. Rapport scientifique sur l'exposition alimentaire humaine et animale aux alcaloïdes de l'ergot. EFSA Journal 2017;15(7):4902, 53 p. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2017.4902>

³ RÈGLEMENT (UE) 2021/1399 DE LA COMMISSION du 24 août 2021 modifiant le règlement (CE) no 1881/2006 en ce qui concerne les teneurs maximales en sclérotés d'ergot et alcaloïdes de l'ergot dans certaines denrées alimentaires

3 Recommandations pour la culture et la récolte

3.1 Rotation des cultures

Pour son développement et sa reproduction, le champignon *Claviceps purpurea* a besoin de plantes hôtes (graminées dont les céréales), dont il dépend des nutriments. Pour cette raison, une rotation trop courte et chargée en seigle et en triticales est à éviter. Les plantes dites « non-hôtes » de l'ergot, par exemple les sarclées, devraient être intégrés dans la rotation pour empêcher la propagation du champignon.

Mesures préventives :

Observer la rotation des cultures, éviter les rotations courtes chargées en seigle et inclure des sarclées.

3.2 Travail du sol

Les ergots restant à la surface du champ peuvent germer beaucoup plus rapidement et mieux que ceux enfouis dans le sol. Lorsque les ergots sont enfouis dans le sol, les spores formées suite à la germination sont moins susceptibles de contaminer les fleurs des céréales.

Un travail du sol sans labour, lors duquel les ergots restent à la surface du sol, est à éviter surtout après une culture de seigle ou de triticales.

Mesures préventives :

Travail du sol après un précédent cultural de seigle ; éviter si possible un travail sans labour. En cas de non-labour, le travail du sol doit être réalisé à une profondeur supérieure à 5 cm.

3.3 Choix variétal

Lors de conditions de contamination favorables, toutes les variétés populations et hybrides peuvent être touchées par l'ergot. En ce qui concerne le degré de sensibilité à l'ergot, il existe des différences variétales corrélées, entre autres, au pollen émis.

Une production élevée de pollen augmente la probabilité de fécondation, de sorte que la fleur se ferme plus rapidement et empêche la contamination par les spores et conidies de l'ergot. Dans le cas de variétés hybrides à plus faible teneur en pollen, l'apport de pollen peut être augmenté et la sensibilité à l'ergot réduite en mélangeant des variétés populations. En règle générale, les variétés populations pollinisent plus fortement et sur une plus longue période de temps que les variétés hybrides, tandis que les variétés hybrides fleurissent brièvement. En principe, le choix variétal doit être adapté au milieu.

Les variétés de seigle d'automne suivantes sont recommandées sur les listes variétales de swiss granum et du FiBL pour la récolte 2022 :

- Variétés populations :
 - Matador (PER et BIO), résistance moyenne à l'ergot.
 - Recrut (BIO), bonne résistance à l'ergot.
- Variété hybride :
 - KWS Serafino (PER), bonne résistance à l'ergot (selon littérature étrangère).

Mesures préventives :

1. Lors du choix variétal, éviter les variétés sensibles à l'ergot.
2. Lors d'utilisations des variétés hybrides avec une sensibilité accrue à l'ergot, envisager le mélange de variétés populations. Tenir compte des conditions climatiques du site.

3.4 Semis et gestion de la culture

En tant que pollinisateur croisé, la fleur du seigle reste ouverte jusqu'à ce qu'une quantité suffisante de pollen « étranger » ait atteint le stigmate. Cependant, la durée d'ouverture de la fleur doit être la plus courte possible afin que la probabilité de contamination par les spores de l'ergot ou les conidies diminue.

En ajustant la densité et la profondeur de semis, l'interligne, la densité de peuplement, la fertilisation et l'utilisation de régulateurs de croissance, la culture doit être conduite de manière à obtenir une floraison uniforme et rapide.

Il est important d'empêcher le développement tardif de certaines plantes, notamment en créant des passages de traitement suffisamment larges.

Pour minimiser la probabilité de contamination par l'ergot, il est important d'utiliser des semences de haute qualité et certifiées.

Mesures préventives :

1. Adapter la densité et la profondeur de semis, l'interligne, la densité de peuplement, la fertilisation et l'utilisation de régulateurs de croissance selon le site, de sorte à favoriser une floraison homogène et rapide de la culture et éviter le développement tardif de certaines plantes.
2. Mettre en place des passages de traitement suffisamment large.
3. Utiliser de la semence de qualité et certifiée.

3.5 Propreté des parcelles

En plus de la contamination primaire par les spores de l'ergot, une contamination secondaire peut se produire via le miellat qui s'échappe des fleurs déjà contaminées. Les graminées adventices qui poussent soit dans le champ soit en bordures de parcelles sont souvent les vecteurs pour la contamination secondaire de l'ergot. Par conséquent, ces plantes hôtes doivent être évitées.

Mesures préventives :

Lutter contre les mauvaises herbes (graminées) dans les cultures céréalières et en bordures de champ : veiller à l'entretien des bordures de parcelles et à la lutte contre les plantes hôtes.

3.6 Evaluation de pré-récolte

Une observation de la culture pendant la croissance et une détermination de la situation de contamination par l'ergot quelques jours avant la récolte, permettra d'estimer si la récolte pourra être utilisée. La présence de miellat peut, par exemple, servir d'indicateur d'une contamination tardive par l'ergot des céréales. Les céréales à forte présence en ergot doivent subir un triage/nettoyage spécial avant la mise sur le marché dans la chaîne de transformation.

Mesures préventives :

Evaluer la situation de contamination de la culture avant la récolte, pour pouvoir définir l'utilisation de la marchandise récoltée.

3.7 Récolte partielle selon la charge

Les zones défavorables d'un champ (humidité due aux rosées), qui présente tendanciellement un climat plus humide, peuvent être plus affectées par la présence d'ergot que d'autres zones climatiques favorables. Si des parties d'un champ sont plus gravement touchées par l'ergot, elles doivent être battues séparément pendant la récolte et être livrées séparément aux centres collecteurs.

Mesures préventives :

Envisager la récolte partielle d'une parcelle : récolter séparément les zones plus touchées par l'ergot et ne pas destiner la récolte à l'alimentation humaine et animale.

3.8 Nettoyage à l'air

Les céréales récoltées doivent être soumises au moins à un contrôle visuel ou optique pour évaluer la contamination par l'ergot. Les sclérotés les plus légères et les poussières d'ergot peuvent être éliminés tôt dans le processus. Au minimum un nettoyage efficace à l'air doit donc avoir lieu pendant (moissonneuse-batteuse) ou après la récolte.

Mesures préventives :

Effectuer au moins un contrôle visuel des lots récoltés et un nettoyage à l'air pendant ou après la récolte pour éliminer la poussière contaminée.

3.9 Stockage

La structure des ergots étant plus tendre que celle du seigle (grains de céréales), le frottement du matériau en vrac en mouvement provoque inévitablement une abrasion de la surface de l'ergot, qui adhère aux grains de seigle en raison de son adhésivité. De plus, l'ergot se casse très facilement, ce qui produit également de la poussière très fine. Celle-ci peut s'accumuler à la surface du grain, dans le sillon et dans les barbes du grain et y rester collée. Des stratégies doivent être appliquées pour éviter la contamination résultant des alcaloïdes de l'ergot du grain, qui n'est pas visible avec la technologie conventionnelle.

Mesures préventives :

Éviter les transports fréquents, le transvasement des lots stockés afin de minimiser le risque de brisure des ergots et le dépôt de poussière d'ergot.

4 Recommandations pour la prise en charge, le stockage, le commerce et le transport**4.1 Conseil**

Les premiers intervenants de l'industrie céréalière (centres collecteurs, entreprises de négoce et de transformation, sous-traitants, moulins mobiles, agriculteurs qui font leurs mélanges eux-mêmes) devraient exploiter les possibilités de minimisation préventive des risques dans leurs relations avec leurs fournisseurs agricoles. Ces premiers intervenants peuvent, pour minimiser les risques, aider les agriculteurs dans le choix variétal et les techniques de production avec des conseils axés sur le marché et les risques. Afin de réduire au maximum le risque de présence de l'ergot avant et pendant la culture, les premiers intervenants mentionnés ci-dessus devraient transmettre les recommandations énumérées sous 3.1 à 3.9 à leurs fournisseurs (agriculteurs).

Mesures préventives :

Fournir des conseils sur les bonnes pratiques agricoles et sur les mesures visant à minimiser la contamination par l'ergot (par exemple : choix de la variété, techniques de production, etc.).

4.2 Contrôle

Une évaluation de l'état de contamination par l'ergot doit être faite lors de la prise en charge des lots récoltés ou issus du commerce. À cette fin, la charge d'ergot doit être déterminée à un stade précoce sur la base des réglementations en vigueur, qui comprennent des directives concernant l'échantillonnage correct et les quantités d'échantillons. L'annexe 9 de l'ordonnance sur le livre des aliments pour animaux "Procédure de prélèvement d'échantillons et méthodes d'analyse pour le contrôle des aliments pour animaux", qui se réfère aux annexes I-VIII du règlement (CE) n° 152/200970, sert de base. Les lots problématiques doivent être séparés des marchandises saines en fonction de la présence d'ergot.

Mesures préventives :

Effectuer un contrôle visuel et, si le résultat est positif, déterminer la charge en ergot dans une quantité représentative d'au moins 500 g lors de la prise en charge et séparer les lots de marchandises selon la charge en ergot. Si nécessaire, effectuer un deuxième test avec un échantillon plus grand (par exemple 1000 – 2000 g).

4.3 Nettoyage

Après la prise en charge et l'inspection du lot de céréales livré, un nettoyage approfondi des céréales doit être effectué en cas de présence problématique d'ergot. Les entreprises actives dans la filière céréalière (par exemple, les premiers intervenants, les négociants en céréales) doivent s'assurer que seuls les lots inoffensifs soient transmis.

Mesures préventives :

1. Lors du nettoyage, s'assurer que seuls les lots sans risque soient destinés au secteur alimentaire !
2. Les déchets de nettoyage et poussières de céréales doivent être éliminés correctement, de sorte qu'ils soient retirés de la chaîne de transformation ultérieure.

4.4 Stockage

Par rapport aux grains de seigle (céréales), les sclérotés (ergot) ont une structure molle et cassante, c'est pourquoi le frottement des grains de céréales en vrac provoque très facilement des brisures et une abrasion indésirables. Le frottement des ergots cassés dû au mouvement des grains engendre aussi une poussière d'ergot très fine et adhésive. Celle-ci s'accumule inévitablement à la surface des grains et y reste. Une contamination par les alcaloïdes de l'ergot se produit ainsi avec la poussière, qui ne peut pas être détectée par les méthodes conventionnelles et doit être évitée.

Mesures préventives:

1. Éviter le mouvement d'un lot contaminé en ergot.
2. Il existe un risque élevé d'abrasion et d'adhérence de la poussière d'ergot. Éliminer la poussière qui se produit à chaque étape de la chaîne de valeur et veiller à ce qu'elle soit retirée de la chaîne de transformation ultérieure.

5 Recommandations avant et pendant la fabrication de produits de meunerie

5.1 Conseil, contrôle et réception de matières premières

Dans le but d'éviter l'ergot, les meuniers sont tenus d'encourager des partenariats de sécurité cohérents dans la chaîne de valeur ainsi que d'étendre et d'utiliser leurs compétences de conseil auprès des fournisseurs de céréales. Il s'agit des recommandations précitées dans le domaine des échelons de production et du commerce de céréales en amont. Les meuniers qui transforment les céréales du commerce devraient également informer leurs fournisseurs sur les possibilités de prévention du risque.

Les exigences contractuelles et le contrôle du respect du contrat lors de l'achat et de la réception des matières premières doivent être coordonnées avec les possibilités opérationnelles de décontamination des alcaloïdes de l'ergot par le nettoyage et la transformation.

Des précautions doivent être prises pour s'assurer que l'échantillonnage représentatif, le fractionnement de l'échantillon et les quantités d'échantillons (actuellement au moins 500 g) soient effectués correctement. Dans le cas d'échantillons préliminaires de grains, seuls ceux qui satisfont à ces exigences minimales peuvent être acceptés et examinés par un contrôle visuel (voir aussi 4.2).

Les échantillons de céréales ne doivent être acceptés lors de la réception des matières premières que si le statut "sain et usuel dans le commerce" est respecté, c'est-à-dire "de couleur spécifique à l'espèce et d'odeur saine" (norme internationale : " healthy and usual in trade ") et la proportion actuelle de sclérotés est inférieure à 0,05% en poids.

Mesures préventives :

1. Coordonner les achats et la réception des matières premières avec la technique de nettoyage existante. Pour ce faire, effectuer un échantillonnage, un fractionnement d'échantillon et un contrôle visuel approprié.
2. Retirer les matières premières qui ne remplissent pas le statut de « saine et usuel dans le commerce » (conditions externes : couleur spécifique du grain et odeur saine).

5.2 Nettoyage

Le but du nettoyage est d'éliminer autant que possible les sclérotés de la livraison de seigle. Selon l'expérience de la pratique, cela peut être réalisé grâce à l'utilisation combinée de différents principes et systèmes de nettoyage, par ex. table densimétrique, séparateurs, trieurs, table de triage, trieurs à spirale, trieur optique. Si le volume d'ergot est élevé, le débit de nettoyage doit être ajusté pour qu'il soit efficace (un contrôle continu du processus est nécessaire). L'alternative à la sécurité opérationnelle serait un deuxième cycle de nettoyage du seigle pré-nettoyé.

Mesures préventives :

Utiliser la technologie de nettoyage de manière cohérente : par exemple, table densimétrique, table de triage, trieur optique, etc.

Éliminer les débris d'ergot.

5.3 2^{ème} nettoyage

Le traitement de surface du seigle panifiable est une étape reconnue parmi les experts dans la production de matières premières céréalières hygiéniquement irréprochables. Le traitement de surface décontamine le seigle, puisque les substances indésirables (par exemple les alcaloïdes de l'ergot) situées en périphérie du grain sont en grande partie séparées avec le son. S'il y a une quantité accrue d'ergot, au moins un passage sur des machines à polir ou à broser est recommandé.

Mesures préventives :

Dans le cas du seigle, effectuer un 2^{ème} nettoyage (décapage, brossage ou polissage). Éliminer l'abrasion ainsi que la poussière de réception et de nettoyage.

5.4 Traitement ultérieur

Lorsque le moulin utilise un aplatisseur à seigle après le nettoyage du seigle, la "farine bleue" qui en résulte doit être éliminée à l'aide d'une aspiration et d'un filtre à poussière fine, car elle peut contenir une charge accrue de saleté et de substances indésirables provenant du sillon du grain, y compris les alcaloïdes de l'ergot.

Mesures préventives :

Comme mesure supplémentaire pour réduire la teneur en alcaloïdes de l'ergot, vérifier la poussière du filtre de l'aplatisseur à seigle et l'éliminer.

5.5 Partenariat

Les moulins ont généralement des systèmes de nettoyage spéciaux qui permettent de convertir une livraison de seigle (récolte ou produit de base) en un état transformable (apte à la meunerie). Il est logique d'utiliser le savoir-faire des entreprises de meunerie spécialisées au sein de la filière céréalière pour parvenir à une élimination fiable des ergots. Une coopération entre les premiers intervenants, les moulins et les boulangeries de transformation ainsi qu'entre les moulins est envisageable.

Mesures préventives :

Former des partenariats de sécurité entre les entreprises bien et celles moins bien équipées.

5.6 Vérification

Les moulins doivent s'assurer que les aliments et les matières premières qu'ils vendent pour la production alimentaire ne contiennent pas d'alcaloïdes de l'ergot de seigle dangereux pour la santé. Cela nécessite des autocontrôles réguliers qui, selon le résultat, obligent à ajuster les points 5.1 à 5.5.

Mesures préventives :

Vérifier si les mesures prises sont efficaces et suffisantes.

6 Lors de la fabrication de pain et de produits de boulangerie**6.1 Réception de grains en vrac**

Les boulangeries qui réceptionnent les grains non moulus des agriculteurs ou commerçants doivent porter une attention particulière à la présence d'ergot. Cela se voit aussi avec la farine de panification. Les mesures à prendre pour minimiser l'ergot et les alcaloïdes de l'ergot pour ces boulangeries sont autant de recommandations pour le contrôle de la réception et la réalisation du nettoyage (5.1 à 5.3).

Mesures préventives :

1. Attention particulière dans les boulangeries, qui préparent et moulent elles-mêmes le seigle et les céréales.
2. Lors de la réception, du nettoyage et de la transformation de grains en vrac, observer et appliquer les recommandations des points 5.1 à 5.3.
3. Utiliser resp. créer de des partenariats de sécurité.
4. Utiliser des techniques de nettoyage sophistiqués provenant de moulins expérimentés et bien équipés.

6.2 Mouture

Avant la mouture, le grain doit être soumis à un aplatissage mécanique dans l'aplatisseur afin que la poussière adhérente au sillon du grain puisse être détachée. Le produit résultant de ce processus, que les meuniers appellent "farine bleue", peut contenir une concentration accrue en alcaloïdes de l'ergot. Il doit être retiré et éliminé avant que la farine ne soit transformée en pain et en produits de boulangerie. D'autres processus mécaniques qui nettoient le sillon de grain peuvent également être utilisés comme alternative, par exemple les machines à percussion.

Mesures préventives :

Avant de moulinier le seigle, effectuer le pré-aplatissage afin d'enlever et d'éliminer la "farine bleue" indésirable contenant des alcaloïdes de l'ergot du sillon à l'aide d'un ventilateur à aspiration et d'un filtre fin.

6.3 Vérification

Il n'a pas encore été définitivement déterminé si les alcaloïdes de l'ergot sont décomposés pendant le processus de panification et perdent leurs effets sur la santé. Pour cette raison, seules les farines contenant les plus petites quantités possibles d'alcaloïdes de l'ergot doivent être transformées en produits de boulangerie.

Mesures préventives :

Vérifier si les mesures prises sont efficaces et suffisantes. Si nécessaire, apporter des améliorations.

7 Référence

Ces recommandations ont été élaborées par un groupe de travail initié par le ministère fédéral de l'alimentation et de l'agriculture et dirigé par l'Institut Max Rubner, avec la participation d'experts d'organisations, d'institutions et d'entreprises de la chaîne de valeur des céréales.

Les recommandations sont soutenues par les organisations suivantes :

- Backzutatenverband e.V.
- Baden-Württembergische Müllerbund e.V.
- Bayerischer Müllerbund e.V.
- Bund Ökologische Lebensmittelwirtschaft e.V.
- Bundesverband Agrarhandel e.V.
- Bundesverband Deutscher Pflanzenzüchter e.V.
- Deutscher Bauernverband e.V.
- Deutscher Raiffeisenverband e.V.
- Diätverband e.V.
- Mitteldeutscher Müllerbund e.V.
- Verband der deutschen Getreideverarbeiter und Stärkehersteller e.V. Verband deutscher Grossbäckereien e.V.
- Verband deutscher Mühlen e.V.
- Zentralverband des deutschen Bäckerhandwerks e.V.

Les conseils scientifiques lors de la préparation des recommandations ont été fournis par :

- Max Rubner-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel (MRI)
- Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen (JKI)
- Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR)
- Bundessortenamt