



Orge de brasserie : la traque des « grains GI »

La « fraction GI » correspond aux grains visuellement avariés. Quels sont ses impacts dans la filière malterie-brasserie ? Que faire en sa présence ? Réponses.

MARC SCHMITT*

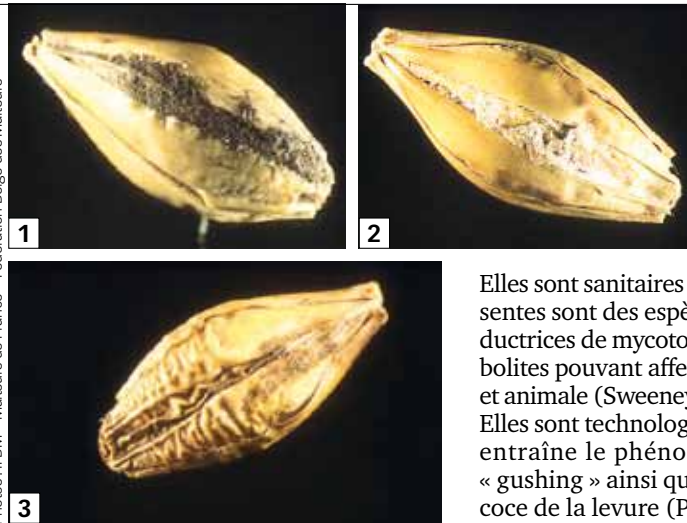
Les « grains GI » ou « fraction GI », c'est-à-dire les grains d'orge entiers avariés, posent-ils un problème pour élaborer la bière ? Oui, et même plusieurs. Pourrait-on résoudre ces problèmes en triant les lots après récolte pour éliminer la fraction GI, ce que ne font pas les trieurs automatiques ? Pas vraiment ! Car ces grains visuellement avariés sont, en fait, la partie émergée d'un iceberg. Démonstration.

Les grains GI : définition Dans la septième fraction

Au sein de chaque lot de grains d'orge, les matériaux contenus peuvent être classés en sept fractions ou catégories, de « A » à « G », définies dans l'addendum technique n° IV du Syndicat de Paris (Encadré 1). La catégorie G comprend les matières inertes (fraction GH) et les grains visuellement avariés (fraction GI).

À l'origine, des moisissures

En effet, sur le plan sanitaire, certaines années, des conditions climatiques défavorables peuvent conduire au développement de moisissures présentes naturellement au champ qui vont coloniser le grain et l'infecter. Si cette contamination est présente, elle



< 1 - Grain éclaté et moisi.
< 2 - Grain fissuré et moisi.
< 3 - Grain moisi.
Tous des « grains GI » de la « fraction GI ».

PHOTOS : IFBM - Malteurs de France - Fédération Belge des Malteurs

se manifeste par la présence de ces grains visiblement avariés qui constituent la fraction GI du lot, quelle que soit l'origine de la contamination. Ces grains visuellement contaminés peuvent être d'aspect ou de coloration différents (photos 1, 2 et 3). La tolérance pour la fraction G (somme de GH et de GI) est de 1% avec un maximum de 0,5% de GH (matières inertes).

Impacts des grains GI

Risques sanitaires via des mycotoxines et/ou technologiques

Les conséquences de la présence de ces grains moisissus peuvent être sanitaires et/ou technologiques.

Elles sont sanitaires si les moisissures présentes sont des espèces de *Fusarium* productrices de mycotoxines ou autres métabolites pouvant affecter la santé humaine et animale (Sweeney *et al.*, 1998).

Elles sont technologiques si leur présence entraîne le phénomène de giclage ou « gushing » ainsi qu'une floculation précoce de la levure (PYF : premature yeast flocculation).

Risques technologiques : rappel sur le giclage ou « gushing »

Le giclage se manifeste sur la bière mise en bouteille. Il se caractérise par un surmoussage à l'ouverture qui peut conduire à l'expulsion de la moitié de son contenu. Ce défaut constitue une des principales causes des réclamations clients reçues par les brasseurs. Il est particulièrement pénalisant car le brasseur ne le constate qu'une fois la bière embouteillée et n'a aucun moyen d'action contre ce phénomène. Les lots concernés sont retirés de la vente.

Bien naturellement, les brasseries refusent tout malt qui serait touché par ces grains

RÉSUMÉ

♦ **CONTEXTE** - La filière orge-malt-bière s'interroge sur :

- les limites de taux maximaux de grains GI ou grains d'orge visuellement avariés par des moisissures officiellement tolérés dans les lots d'orge brutes destinées au maltage ;
- la nature et l'importance des impacts de cette fraction GI sur la filière orge-malt-bière ;
- la possibilité d'éviter des impacts nuisibles par un tri après récolte éliminant les grains GI.

Cet article avance des éléments de réponse à ces interrogations.

♦ **IMPACTS** - Ces grains GI, avariés, peuvent avoir des impacts sanitaires en produisant des mycotoxines (ex. : *Fusarium tricinctum* producteur d'énatiines) avant la récolte et pendant le maltage, et/ou des impacts technologiques : floculation précoce ou PYF (premature yeast flocculation) au brassage, production d'hydrophobines responsables du giclage ou gushing de la bière.

♦ **IDENTIFICATION** - L'identification des grains GI exige un examen visuel, sa méthodologie est rappelée dans l'article. Elle exige une formation des opé-

rateurs. Cet examen ne permet pas de différencier entre elles les espèces de moisissures présentes, donc de prévoir le type d'effets possibles (mycotoxines, gushing et/ou PYF). Des recherches sont en cours.

♦ **EXPÉRIMENTATION** - Une analyse d'orges de la récolte 2012 a montré que des lots contenant 0,5% à 1% de fraction GI contenaient de forts taux d'énatiines et que leur nettoyage :
- faisait baisser ce taux, mais seulement de moitié, le résidu restant élevé ;
- ne permettait pas d'éviter le giclage.

♦ **CONCLUSION** - Cela suggère que des grains GI présents à des taux compris entre 0,5% et 1% dans un lot sont l'indice de la contamination globale de ce lot, ce dernier étant alors contaminé même au sein de ses fractions apparemment saines. Les malteurs doivent donc être vigilants.

♦ **MOTS-CLÉS** - Qualité sanitaire des grains, orge, bière, maltage, fraction GI, grains GI, grains avariés, mycotoxines, énatiines, giclage, gushing, floculation précoce, PYF (premature yeast flocculation).



1 – La fraction GI : un rebut dans tout lot d'orge

Un lot de grain (blé, orge, maïs, sorgho, colza, tournesol, protéagineux, riz) n'est pas absolument homogène. Il contient des matériaux différents : grains de tailles variées et en différents états, plus des impuretés.

Pour estimer la valeur d'un lot, on évalue les proportions des différents matériaux qu'il contient, classés en catégories (ou fractions) différentes selon leur dimension, leur nature, etc.

Le Syndicat de Paris du commerce et des industries des grains définit, dans son

addendum technique n° IV, sept fractions (nommées de A à G) pouvant coexister dans un lot d'orge.

La fraction G constitue les matières inertes ou nuisibles. Elle est la somme des fractions GH et GI. La fraction GH regroupe les matières inertes (poussières, écorces, paille, etc) et les graines étrangères (adventices). La fraction GI est constituée des grains avariés.

En revanche, les grains cassés, trop petits, etc. sont inclus dans la fraction E.

contaminés et demandent à leurs fournisseurs (les malteurs) de réaliser des analyses libératoires sur les lots.

Autre risque technologique, la floculation précoce ou PYF

La floculation précoce de levure est également problématique. Ce phénomène intervient au cours de la fermentation (brassage). Normalement, c'est en fin de fermentation que les levures vont s'agréger entre elles (elles floculent), les sucres fermentescibles ayant été consommés et la production d'alcool étant terminée. Lorsqu'elles ont floculé, les levures sédimentent au fond du tank de fermentation et le brasseur va pouvoir les récupérer pour les revivifier et ensemercer un nouveau brassin. Lors de la floculation précoce (PYF), les levures floculent avant la fin de fermentation.

Les conséquences sur le brassin sont très néfastes : il reste des sucres fermentescibles dans le moût qui vont favoriser le développement de flores indésirables, le rendement en alcool n'est pas atteint, ainsi que la production de molécules aromatiques qui donnent son goût caractéristique à la bière. Dans ce cas également, le brasseur ne peut que constater les dégâts sans pouvoir y remédier.

Des grains difficiles à éliminer

Le malteur doit être vigilant sur ses approvisionnements en orge pour deux raisons. D'abord, il n'a que peu de moyens pour éliminer ces grains. Ensuite, il utilise un process sensible.

De fait, les étapes préalables de nettoyage et de calibrage du grain permettent d'éliminer les grains cassés, trop petits, légers, etc., mais pas les grains avariés de la fraction GI. En effet, ces derniers sont souvent de taille et de poids normaux.

Le maltage, un process sensible

Par ailleurs, il faut rappeler que le maltage est la germination en conditions contrôlées

et maîtrisées de l'orge. Or ces conditions (humidité et température ambiante) sont favorables au développement des micro-organismes présents sur les grains d'orge, en particulier les moisissures. Les grains d'orge contaminés vont voir leur niveau d'infection s'accroître en cours de germination. Durant leur développement, les moisissures sont capables de produire des mycotoxines et/ou d'autres métabolites comme des petites protéines hydrophobes (hydrophobines) responsables du phénomène de giclage. Ces molécules (mycotoxines ou hydrophobines) restent sur le malt fini et ne sont pas dégradées ou éliminées au cours du brassage.

Les étapes de nettoyage et de calibrage ne permettent pas d'éliminer les grains GI.

Ce que doit faire le malteur

La sélection avant maltage

Le malteur a de nombreuses obligations : il doit livrer un produit conforme à la réglementation et conforme au cahier des charges à ses clients.

Sachant que son process risque d'amplifier une contamination initiale du lot, son seul moyen d'action est la sélection rigoureuse des lots qu'il va malter : il ne doit retenir que des lots avec un minimum de grains avariés s'il veut limiter son risque de produire des malts non conformes pour le brasseur.

Méthodologie d'identification : l'examen reste visuel

La détermination de la teneur en grains avariés de type GI se fait au cours de l'analyse dite de calibrage-triage. Elle se pratique à l'aide d'un appareil à secousses de type Steinecker muni de tamis de différents calibres.

L'objectif principal est de mesurer le pourcentage de grains de taille supérieure à 2,5 mm (norme de base : 90% au-dessus de 2,5 mm), mais également de quantifier les impuretés diverses. La fraction G constitue les matières inertes ou nuisibles. Elle est composée de la fraction GH (matières inertes) et de la fraction GI que sont les grains avariés. L'examen visuel des grains avariés est décrit en annexe 1 de l'addendum technique IV selon les conseils méthodologiques du Bipea (Bureau interprofessionnel d'études analytiques) : analyse des orges de brasserie (réf. : 153-1210).

La méthode décrit précisément la démarche à suivre pour classer les grains suspects repérés lors du calibrage. Elle est enrichie d'un

annexe 1 de l'addendum technique IV selon les conseils méthodologiques du Bipea (Bureau interprofessionnel d'études analytiques) : analyse des orges de brasserie (réf. : 153-1210).

La méthode décrit précisément la démarche à suivre pour classer les grains suspects repérés lors du calibrage. Elle est enrichie d'un

< 4 - Giclage de la bière. Il est déclenché par les grains GI, tout comme la floculation précoce au brassage et la présence de mycotoxines.

> 5 - Or, les grains GI, visuellement avariés, se sont souvent formés dès avant la récolte.



4



5



Fig. 1 : Reconnaître les grains contaminés

Extrait du logigramme d'aide à la décision des conseils méthodologiques du Bipea pour l'analyse des orges de brasserie.

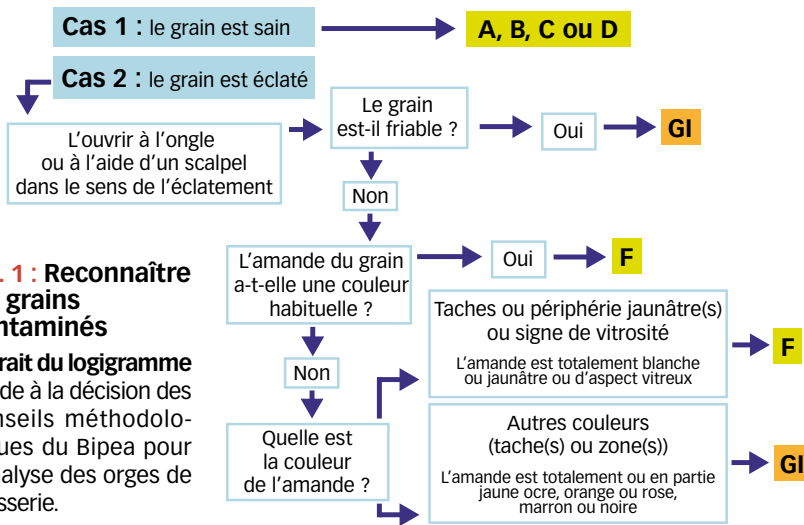
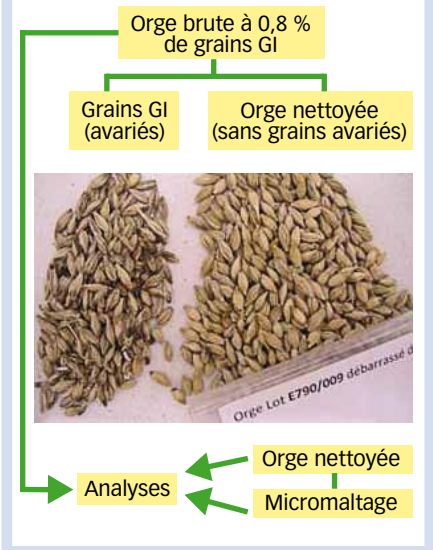


Fig. 2 : Trier un lot à grains GI suffit-il à l'épurer ?

Protocole de l'expérimentation dont les résultats sont fournis Tableau 2. Ils sont sans appel.



logigramme d'aide à la décision dont un extrait est présenté en Figure 1.

La difficulté principale réside dans la formation des opérateurs, car cet examen reste visuel. Le phénomène n'étant pas présent tous les ans, le manque de pratique et le turn-over du personnel dans les laboratoires, chez les organismes stockeurs ou dans les coopératives conduisent parfois à l'obtention de résultats significativement différents entre les différents intervenants. Le Syndicat de Paris souhaite d'ailleurs que des réunions d'harmonisation des pratiques soient organisées à chaque début de campagne pour remettre à niveau les opérateurs.

Les grains GI : une contamination complexe

Les moisissures en présence sur les grains

sont de différentes espèces. Selon les conditions et l'année, certaines d'entre elles peuvent devenir l'espèce majoritaire. Sur

la récolte 2012, nous avons quantifié par PCR, selon la technique décrite par Fournier (2010), les espèces de *Fusarium* présentes sur des grains avariés (GI) de lots d'orge de printemps Sebastian, première variété emblavée, de terroirs d'origines diverses.

Si *Fusarium tricinctum* est l'espèce majoritaire sur ces grains avariés, on remarque aussi la présence d'autres espèces.

À l'examen visuel d'un grain de type GI, il n'est pas possible d'identifier la ou les moisissures responsables, donc de savoir s'il y a risque de présence de mycotoxines, de giclage et/ou de PYF.

En revanche, il est clair que la contamination est importante dès lors qu'elle est visible.

Les grains GI sont un indicateur visible de la charge fongique du lot.

Nous allons voir par la suite que ces grains GI ne sont que la partie visible de l'iceberg !

Lot à grains GI : la tentation du tri

Un lot à grain GI est-il utilisable après nettoyage ?

L'amont de la filière s'interroge sur le « faible » pourcentage de grains avariés tolérés (0,5 % à 1 % maximum selon la teneur en fraction GH) dans un lot. En fait, les grains GI sont un indicateur visible de la charge fongique globale du lot.

IFBM a mené des expérimentations pour savoir s'il était possible d'augmenter le seuil acceptable de grains moisissés dans un lot brut, et si un nettoyage visuel (élimination des grains GI, c'est-à-dire visiblement avariés) pourrait suffire à rendre utilisable un lot initialement contaminé.

Tableau 1 : Quantification de moisissures par PCR sur des orges Sebastian de diverses origines de la récolte 2012. Analyses Qualtech pour l'IFBM. Résultats exprimés en génome/1000 génomes d'orge

Origine orge Sebastian R2012	<i>Fusarium langsethiae</i>	<i>Fusarium graminearum</i>	<i>Fusarium poae</i>	<i>Fusarium avenaceum</i>	<i>Fusarium tricinctum</i>	<i>Fusarium culmorum</i>	<i>Fusarium sporotrichoides</i>	<i>Microdochium nivale</i>	<i>Microdochium majus</i>
Lot 1 origine département 21	155	165	111	25	372	nd	< lq	118	180
Lot 2 origine département 08	208	159	nd	115	3010	nd	55	325	nd
Lot 3 origine département 02	199	32	70	46	1410	nd	< lq	568	127
Lot 4 origine département 60	855	28	329	168	743	nd	244	377	nd
Lot 5 origine département 21	109	16	nd	< ld	737	nd	27	217	117
Lot 6 origine département 08	412	204	nd	151	4700	nd	74	< ld	70
Lot 7 origine département 21	98	30	nd	155	766	35	< lq	494	57
Lot 8 origine département 60	183	326	273	nd	377	nd	253	270	nd



Des lots d'orges de printemps de la récolte 2012 ont été collectés dans différents bassins de production et analysés par le laboratoire Qualtech, agréé par le Syndicat de Paris (Tableau 1).

Ensuite, des lots avec une teneur en fraction GI entre 0,5% et 1% ont été sélectionnés pour être micromaltés selon différentes modalités : orge calibrée brute et orge calibrée débarrassée (manuellement) de sa fraction GI.

La Figure 2 montre un exemple du protocole suivi : des grains GI et un lot d'orge débarrassé de ces grains. L'orge nettoyée a été micromaltée puis le malt a été analysé pour son potentiel de giclage. Le laboratoire Qualtech a quantifiée l'enniatine B. Patrick Boivin a montré en 2014 (dans *Phytoma*) que cette toxine pouvait être un marqueur de la qualité sanitaire de l'orge.

Résultat : trier ne suffit pas !

Le lot d'orge brute contenait entre 0,5% et 1% de grains avariés et présentait une teneur importante en enniatine B (Tableau 2). Une fois le lot débarrassé des grains GI, la teneur en enniatine B est réduite de moitié, mais reste élevée. Surtout, le malt produit avec cette orge « nettoyée » est positif au test de giclage (Tableau 2). Cela indique que la charge fongique globale du lot d'orge sans ses grains GI reste suffisante pour produire un malt non conforme.

Ainsi, les grains visuellement avariés sont les plus contaminés, mais sont aussi un indicateur de la contamination du lot : dans un lot contenant entre 0,5% et 1% de grains GI, des grains apparemment sains sont également porteurs de moisissures.

Conclusion

Il faut rester vigilant

La fraction GI est constituée des grains d'orge avariés. Sa détermination ne peut être réalisée que par examen visuel ; elle ne peut donc se faire correctement que par

2 – Les orges françaises, référence internationale

La filière orge-malt française est une filière d'excellence : notre pays est le premier exportateur mondial d'orges brassicoles et les malteurs français sont les leaders mondiaux.

Leur production sur le territoire national est exportée à près de 80%. Les orges et malts français, reconnus pour leurs qualités par les brasseurs internationaux, doivent répondre à de nombreux critères technologiques ou sanitaires.



Photo : M.-F. Delannoy

Tableau 2 : Résultats des analyses sur un lot d'orge à grains GI brut ou trié, ainsi que sur le malt correspondant

Échantillons	Giclage	Enniatine B (µg/kg)
Orge lot à 0,8 % GI	–	3412
Orge lot à 0,8 % GI débarrassé des grains GI	–	1676
Malt produit à partir d'orge lot à 0,8 % GI débarrassé des grains GI	Positif	–

des opérateurs formés. Ces grains avariés sont source de risques potentiels pour le maltage puis la suite de l'élaboration de la bière : présence de mycotoxines, risque de giclage. Dans l'état actuel des connaissances et faute de moyens curatifs ou de quantification précise du risque encouru, les utilisateurs se doivent de rester vigilants sur la sélection des lots d'orge à transformer. Gardons l'excellente réputation des orges françaises (Encadré 2).

Perspectives pour demain

IFBM conduit des travaux pour identifier les facteurs impliqués dans le phénomène de giclage. Une thèse sur ce sujet est financée par la Draf de la région Lorraine.

Si ces travaux aboutissent, l'objectif est de mettre au point un test de type Elisa qui permettrait de détecter les lots à giclage potentiel pour éventuellement trier (« screener ») les lots proposés.

POUR EN SAVOIR PLUS

AUTEUR : *M. SCHMITT, Institut français de la brasserie et de la malterie, 7, rue du Bois de la Champelle BP 267, 54512 Vandœuvre-lès-Nancy.

CONTACT : marc.schmitt@qualtech-groupe.com

LIENS UTILES : <https://malteursdefrance.fr>

BIBLIOGRAPHIE : - Bipea. Conseils méthodologiques : L'analyse des orges de brasserie. Réf. : 153-1210 (octobre 2012).

- Boivin P., 2013. Orge, fusariose et bière, gicler n'est pas jouer, *Phytoma* n° 676, août-sept. 2013, p. 24 à 27.

- Boivin P., 2014. Enniatines, marqueur de qualité sanitaire des orges de brasserie de printemps, *Phytoma* n° 676, août-septembre 2014, p. 22 à 24.

- Fournier R. & Boivin P., 2010. Développement et applications d'outils biomoléculaires pour l'évaluation de la qualité sanitaire des céréales, *Phytoma* n° 636, août-septembre 2010, p. 21 à 25.

- Syndicat de Paris du commerce et des industries des grains. Addendum Technique n° IV pour la vente des orges de brasserie. Édition du 1^{er} juillet 2014.

- Sweeney, M. J. and Dobson, A. D. W., 1998. Mycotoxin production by *Aspergillus*, *Fusarium* and *Penicillium* species. *International Journal of Food Microbiology*. 1998, 43, p. 141-158.



AGRENE
vous propose

- Un ensemble d'analyses microbiologiques applicables sur sol, végétaux, amendements et produits : dénombrement, identification et caractérisation de micro-organismes.
- Du diagnostic phytosanitaire sur sols et cultures : Agents pathogènes des cultures ; fatigue de sol.
- De l'expérimentation
- De la R & D dans les domaines de la microbiologie du sol et des moyens non chimiques de protection des plantes.
- Le montage et la rédaction de dossiers réglementaires (ADE, AMM) dans le domaine des produits bio-fertilisants, bio-stimulants et bio-protectants.



Agriculture, Environnement, Etudes, diagnostic et conseils
47 rue Constant Pierrot – 21000 DIJON
Tél. 33 (0)3.80.65.09.52
contact@agrene.fr
www.agrene.fr