



## Impact du nettoyage sur les niveaux d'infestations en insectes primaires

### ■ Sommaire

- Impact du nettoyage sur les niveaux d'infestations en insectes primaires P.1
- Bien échantillonner un lot de céréales pour déterminer sa teneur en sclérotés d'ergot P.3

### ■ Inscrivez-vous - Rappel

Si vous souhaitez recevoir cette lettre technique, merci de bien vouloir vous inscrire à l'aide du formulaire prévu :

<http://enquete.arvalis-fr.com>



Le nettoyage n'est, a priori, pas un moyen de lutte contre les insectes primaires. En effet, Armitage, Cook & Duckett (1996) ont démontré qu'un passage au nettoyeur séparateur d'un lot fortement infesté en charançons peut permettre d'éliminer la totalité des insectes adultes, mais n'entraîne pas une réduction de l'émergence des formes cachées. Néanmoins, le nettoyage peut présenter un intérêt pour accéder aux différents marchés. Dans le cadre des échanges commerciaux, les contrats usuels fixent en effet une absence d'insectes vivants, voire même une absence d'insectes morts. Le nettoyage peut permettre de réduire le niveau d'infestation en dessous du seuil de détection à 2 insectes par kilogramme de grains. Il a en effet été démontré que le passage au nettoyeur séparateur de lots faiblement (30 insectes/Kg) ou fortement (200 insectes/Kg) infestés en charançons vivants peut permettre d'obtenir un niveau d'infestation en formes libres quasi-nul (Armitage, Cook & Duckett, 1996).



Cependant, les références internationales disponibles sont obtenues sur du matériel de laboratoire, qui n'est pas rigoureusement identique aux nettoyeurs séparateurs industriels. Un essai réalisé en 2015 nous a permis de confirmer les résultats issus de la bibliographie pour du matériel industriel, les compléter en y intégrant le type de nettoyage (avec ou sans criblage) et le débit de nettoyage.

### Matériel et méthode

Notre étude a porté sur l'utilisation d'un nettoyeur séparateur plan. Ce matériel combine une aspiration en entrée et/ou sortie, qui permet d'éliminer les particules légères (poussières, balles...) et un tamisage qui sépare le bon grain des gros déchets et des petits grains (grains brisés, graines d'adventices...). Ce matériel sera utilisé (1) pour un travail de nettoyage séparation (avec criblage) et (2) uniquement pour un travail de pré-nettoyage (aspiration, émottage, absence de criblage). Le type de matériel sera croisé

avec deux niveaux de débits de nettoyage (40 et 20 t/h) qui influencent l'efficacité du nettoyage et le niveau de freintes associées et avec la présence ou non d'aspiration centralisée sur la manutention.

Le croisement de ces facteurs engendre 6 modalités de nettoyage comme indiqué dans le tableau suivant. Chaque modalité est réalisée sur environ 10 tonnes.

Tableau 1 : Plan d'expérience des essais sur l'impact du nettoyage sur les infestations de charançons

|                   |                        | Emottage | Criblage | Aspiration générale |
|-------------------|------------------------|----------|----------|---------------------|
| <b>Modalité 1</b> | Nettoyage à 40 t/h     | Oui      | Oui      | Oui                 |
| <b>Modalité 2</b> | Nettoyage à 20 t/h     | Oui      | Oui      | Oui                 |
| <b>Modalité 3</b> | Pré-nettoyage à 20 t/h | Oui      | Non      | Oui                 |
| <b>Modalité 4</b> | Pré-nettoyage à 20 t/h | Oui      | Non      | Non                 |
| <b>Modalité 5</b> | Pré-nettoyage à 40 t/h | Oui      | Non      | Oui                 |
| <b>Modalité 6</b> | Nettoyage à 20 t/h     | Oui      | Oui      | Oui                 |

40 t/h = 80 % du débit nominal - 20 t/h = 40 % du débit nominal

Pour calculer l'efficacité du nettoyage sur l'infestation, 10 échantillons élémentaires avant nettoyeur (environ 500 g/échantillon) et 10 échantillons élémentaires après nettoyeur (environ 500 g/échantillon) sont prélevés, puis regroupés pour constituer un échantillon moyen avant nettoyeur et un après nettoyeur.

Dans notre essai, les prélèvements d'échantillons sont réalisés de manière automatique grâce à deux échantillonneurs de type traversier (Echanti-LIS®). Le taux d'abattement en insectes liés au nettoyage sera calculé d'après la formule suivante :

$$\text{Taux d'abattement}(\%) = \frac{\text{Nombre d'insectes avant nettoyage} - \text{Nombre d'insectes après nettoyage}}{\text{Nombre d'insectes avant nettoyage}} \times 100$$

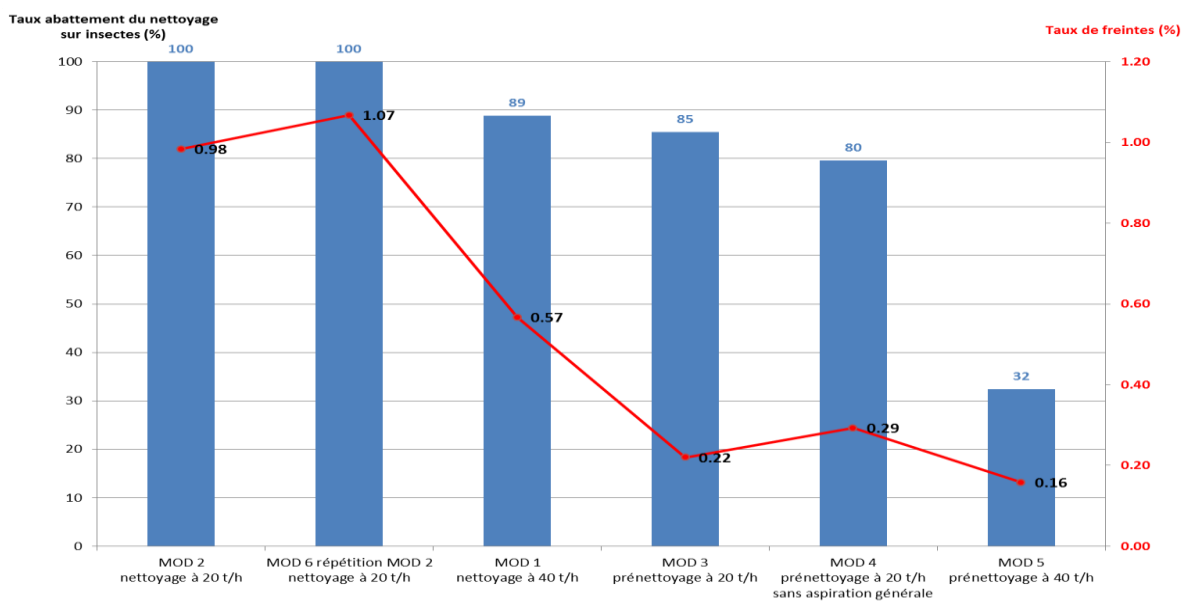
Les différentes fractions des déchets (gros déchets, petits grains, mi-lourds et déchets légers) en sortie

nettoyeur sont pesées, puis le taux de freintes totales sera calculé d'après la formule :

$$\text{Taux de freintes}(\%) = \frac{\text{Quantité totale de déchets issus du nettoyage (t)}}{\text{Quantité de blé avant le nettoyage (t)}} \times 100$$

## Résultats

Figure 1 : Taux d'abattement du nettoyage en fonction des modalités de nettoyage et taux de freintes associées



Le taux d'abattement associé aux taux de freintes pour chacune des modalités de nettoyage est représenté dans la figure 1.

- **Rôle de l'aspiration du nettoyeur séparateur dans la récupération des insectes**

L'infestation initiale du lot était de 50 insectes morts par kilogramme de grains. Dans notre essai, la seule modalité de nettoyage présentant une efficacité totale est un nettoyage des lots à un débit de 20 t/h soit 40% du débit nominal du nettoyeur. Son efficacité

s'explique pour 85% par l'aspiration et pour 15% par le criblage. Ces résultats sont comparables à ceux de Armitage, Cook, & Duckett (1996). En effet, ces derniers ont déterminé que la récupération des charançons (*Sitophilus granarius*) adultes sur nettoyeur séparateur est due à 80-90% au système d'aspiration et à environ 10% au criblage. Le rôle prédominant de l'aspiration dans la récupération des charançons adultes semble donc confirmé sur nettoyeur séparateur de type industriel.

- **Effet du débit et de l'aspiration du nettoyeur séparateur sur la récupération des insectes, et freintes occasionnées**

Dans nos essais, les nettoyages à plus fort débit (40 t/h) ou les pré-nettoyages (aspiration uniquement) n'ont pas permis de réduire la population en dessous du seuil de détection de 2 insectes par kilogramme de grain.

Les taux de freintes obtenus (de 0.16% à 1.07%) sont assez cohérents avec les références précédemment obtenues sur le même nettoyeur séparateur (Bonnelly, 2014). Un nettoyage à 40 t/h causera moins de pertes en grain qu'un nettoyage à 20 t/h car le criblage sera moins efficace. Pour un même débit, le nettoyage causera des freintes supérieures à un pré-nettoyage, car le criblage provoque des pertes en « petits grains » qui pèsent lourd comparativement à d'autres fractions de déchets (déchets légers ou mi-lourds).

Ainsi, pour une efficacité quasiment équivalente (de l'ordre de 85%), le pré-nettoyage à 20 t/h sera à privilégier par rapport à un nettoyage à 40 t/h car les freintes seront deux fois moins importantes.

## Discussions

Le nettoyage au nettoyeur séparateur d'un lot de blé contaminé par des charançons du riz morts s'est avéré efficace à 100%. D'après la bibliographie, l'effet de ce type de nettoyage est nul sur les formes cachées. Ainsi ce procédé resterait une démarche « esthétique » permettant au lot de respecter les critères commerciaux mais n'entraverait pas durablement le niveau d'infestation d'un lot peuplé de charançons vivants.

Cependant, le nettoyage est un moyen de lutte très efficace contre les insectes secondaires (développement uniquement hors du grain) comme le silvain, le tribolium rouge, le tribolium brun ou le cucujide. Il a en effet été constaté une efficacité systématiquement totale du nettoyage (via un nettoyeur séparateur plan de laboratoire) sur les formes adultes et larvaires du silvain et du cucujide (Armitage, Cook, and Duckett

1996; Armitage 1994). De plus, le développement de ces insectes secondaires est favorisé par la présence d'impuretés dans les lots. Le nettoyage des grains contribue donc à prévenir le risque de développement de ces insectes.

En cas d'absence de nettoyeur séparateur, un pré-nettoyage (boîte à cascade, épurateur, pré-nettoyeur à turbine...) est conseillé car l'aspiration permettra d'éliminer une partie des insectes adultes et des impuretés légères par le passage d'un flux d'air à travers un rideau de grain.

Enfin, un essai est en cours de réalisation à la PFMG afin d'évaluer la sensibilité au nettoyage du capucin des grains (*Rhyzopertha dominica*), deuxième espèce d'insecte primaire la plus présente en France. Le capucin pond ses œufs à l'extérieur du grain contrairement aux charançons. La larve s'introduit ensuite par les perforations effectuées par les adultes. Ainsi, le nettoyage pourrait permettre d'éliminer tout ou une partie de ces formes juvéniles libre, et pourrait avoir un impact sur la dynamique de population de l'insecte, comme l'a suggéré un essai sur nettoyeur à lit fluidisé (Weller, Cassells et Banks 1998). Cet essai permettra également de compléter les références disponibles sur la sensibilité du charançon du riz au nettoyage, et d'étudier l'intérêt d'associer le refroidissement à air ambiant et le nettoyage des grains.

- **Références bibliographiques**

Armitage, D., Cook, D., & Duckett, C. (1996, Décembre). The use of an aspirated sieve to remove insects, mites and pesticides from grain. *Crop Protection*, 15(8), p. 675-680.

Bonnelly A., 2014. Impact du nettoyage sur les différentes catégories d'impuretés pour le blé tendre.

Weller, G. L., J. A. Cassells, et H. J. Banks. 1998. « The GrainScanner®—could it play a role in the control of insects in bulk grain ». In *Stored Grain in Australia. Proceedings of the Australian Postharvest Technical Conference*, Canberra, p. 26-29.

Armitage, D. M. 1994. Some Effects of Grain Cleaning on Mites, Insects and Fungi. In *Proceedings of the 6th International Working Conference on Stored Product Protection*, p. 17-23.

Nicolas BAREIL

[n.bareil@arvalisinstitutduvegetal.fr](mailto:n.bareil@arvalisinstitutduvegetal.fr)

Amandine BONNELLY

[a.bonnelly@arvalisinstitutduvegetal.fr](mailto:a.bonnelly@arvalisinstitutduvegetal.fr)

## Bien échantillonner un lot de céréales pour déterminer sa teneur en sclérotés d'ergot

Depuis octobre 2015, la réglementation relative aux sclérotés d'ergot a été renforcée puisque, outre un seuil réglementaire pour les produits destinés à l'alimentation animale (1g/kg), elle comprend désormais un seuil réglementaire pour les produits destinés

à l'alimentation humaine (Règlement (UE) 2015/1940 du 28 octobre 2015). Ce seuil a été fixé à 0,5g/kg. Il s'applique aux céréales brutes mises sur le marché en vue de subir une première transformation.

Il revient donc aux organismes stockeurs de s'assurer de la conformité des produits mis en marché et, si nécessaire, de remettre aux normes un produit qui ne le serait pas. Pour cela, les OS disposent d'outils de nettoyage (voir lettre Stock@ge n°3 – octobre 2015). Mais avant d'envisager toute action corrective, ou de décider de la conformité d'un lot, il faut être en mesure d'apprécier la contamination en sclérotés en se basant sur un échantillon représentatif.

## Comment construire un échantillon représentatif ?

Un plan d'échantillonnage approprié dépend de la teneur et de l'hétérogénéité de l'élément à mesurer. La réglementation européenne préconise, pour la recherche de sclérotés d'ergot, l'utilisation des méthodes dites « des contrôles officiels » décrites dans les règlements 401/2006 et 691/2013. Celles-ci sont lourdes à mettre en œuvre puisque, à titre d'exemple, elle nécessite le prélèvement de 60 à 100 échantillons élémentaires dans une benne de 30 tonnes. D'autres méthodes d'échantillonnage sont proposées aux opérateurs : celles des normes NF EN ISO 24333<sup>1</sup> ou NF V03-777<sup>2</sup>, dont on a montré la pertinence pour la détermination de la teneur en mycotoxines d'un lot de céréales, et qui sont moins contraignantes à mettre en œuvre.

Afin de proposer aux opérateurs une méthode d'échantillonnage qui tienne compte de la nature spécifique de l'ergot, ARVALIS a réalisé un travail visant à établir la pertinence des différentes méthodes d'échantillonnage existantes pour constituer un échantillon représentatif d'un lot de céréales contaminé par des sclérotés<sup>3</sup>.

## Comment comparer les méthodes d'échantillonnage ?

Pour mener à bien cette comparaison, nous avons utilisé 4 lots de blé tendre dont les caractéristiques sont les suivantes :

- **Lot 1** : lot de 30 tonnes, récolté en 2013, en provenance d'une coopérative, isolé à la collecte car contaminé par de l'ergot à une teneur indéterminée
- **Lot 2** : lot de 29 tonnes, récolté en 2014, en provenance d'une exploitation agricole, identifié par l'agriculteur comme faiblement contaminé mais sans connaissance précise du niveau de contamination

- **Lot 3** : lot de 25 tonnes, récolté en 2014, artificiellement contaminé à hauteur de 0,5 g/kg
- **Lot 4** : lot de 332 tonnes, stocké par une coopérative, constitué des « petits grains » issus de nettoyages de différents lots. Le lot est identifié comme « fortement contaminé », sans connaissance exacte du niveau de cette contamination.

Chaque lot a fait l'objet d'un échantillonnage réalisé sur circuit (à ARVALIS pour les trois premiers lots, dans le silo de la coopérative pour le 4<sup>ème</sup>) en respectant les modalités d'échantillonnage du règlement 401/2006. Ceci nous a conduit à prélever 96 échantillons élémentaires pour le lot 1, 106 échantillons pour le lot 2, 111 échantillons pour le lot 3 et 301 échantillons pour le lot 4.

La teneur en sclérotés d'ergot a été mesurée sur tous les échantillons élémentaires au laboratoire d'ARVALIS (Boigneville, 91) afin de décrire les lots (Tableau 1).

**Tableau 1: Description des lots étudiés**

|                               | Lot1  | Lot 2 | Lot 3 | Lot 4 |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| <b>Nombre de prélèvements</b> | 96    | 106   | 111   | 301   |
| <b>Moyenne (%)</b>            | 0,091 | 0,009 | 0,048 | 0,465 |
| <b>Minimum (%)</b>            | 0,03  | 0,00  | 0,00  | 0,24  |
| <b>Maximum (%)</b>            | 0,20  | 0,05  | 0,17  | 0,75  |
| <b>Ecart-type</b>             | 0,036 | 0,009 | 0,044 | 0,106 |
| <b>CV(%)</b>                  | 39,5  | 97,0  | 91,8  | 22,8  |

Sur la base de ces analyses, la distribution temporelle du contaminant dans le lot a pu être déterminée (Figure 1).

Connaissant cette distribution, un grand nombre de simulations (3000 pour chaque lot) a été effectué afin de reconstruire des cellules fictives présentant les mêmes caractéristiques (moyenne, écart-type) mais avec des distributions temporelles différentes (Figure 2). Grâce à ces simulations, une étude statistique a été conduite en réalisant des tirages systématiques de 2 à 100 prélèvements élémentaires pour chaque simulation, permettant ainsi le calcul des erreurs d'estimation de la moyenne associées à chaque tirage.

1 NF EN ISO 24333, 2010. Céréales et produits céréaliers - échantillonnage

2 AFNOR XP V03-777, 2013. Céréales et produits céréaliers – échantillonnage méthode simplifiée de routine

3 Ce travail a bénéficié d'un soutien financier de FranceAgriMer

Figure 1 : Distribution temporelle des 4 lots étudiés

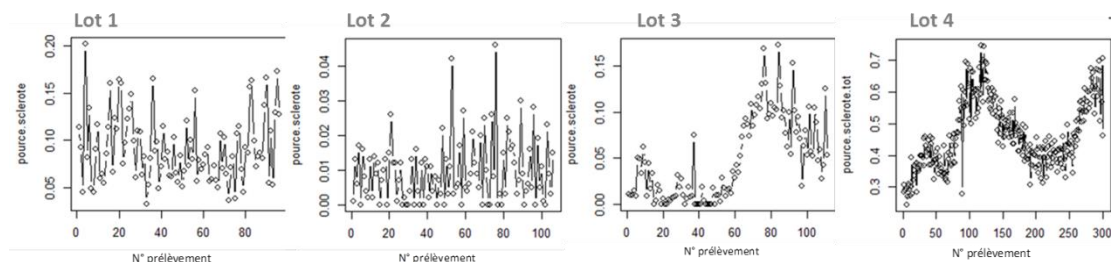
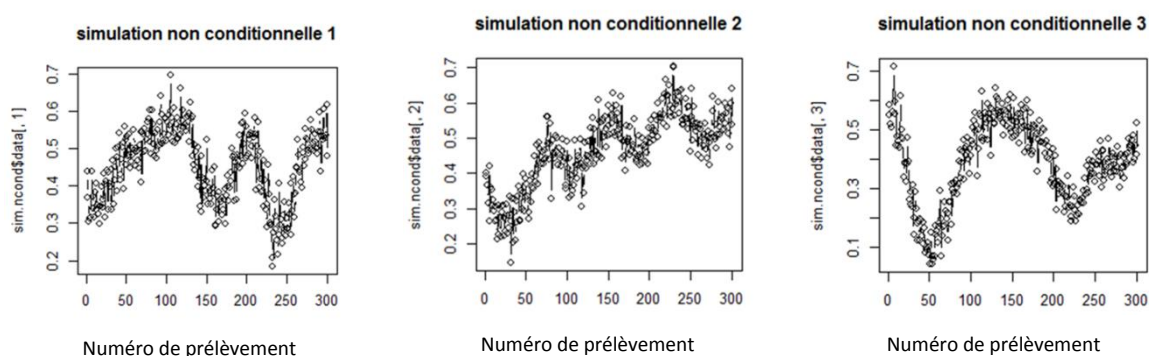


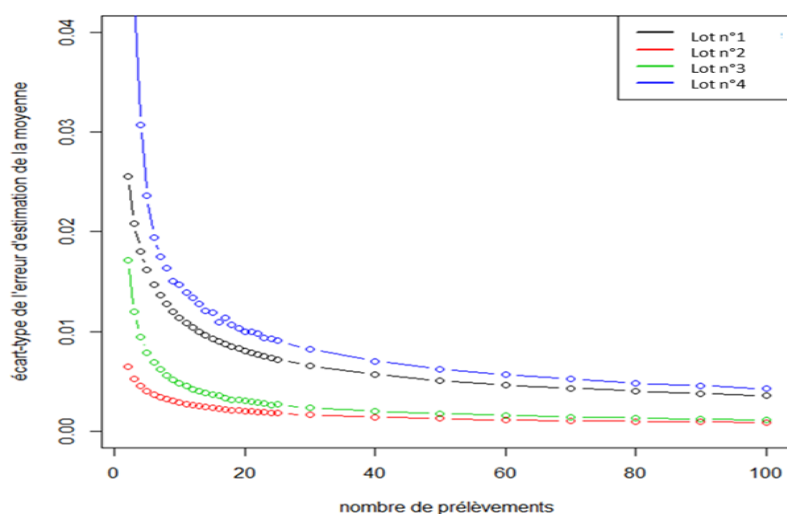
Figure 2 : Exemple de simulation de lot à partir de la distribution temporelle du lot 4



## Combien d'échantillons élémentaires sont nécessaires à la constitution d'un échantillon représentatif ?

L'écart-type de l'erreur d'estimation diminue rapidement entre 2 et 20 prélèvements élémentaires (Figure 3). Au-delà de 20 prélèvements, la diminution de l'écart-type engendrée par un prélèvement supplémentaire devient négligeable.

Figure 3 : Evolution de l'écart-type d'estimation de la moyenne en fonction du nombre de prélèvements



Pratiquement, en considérant l'incertitude comme égale à deux fois l'écart-type, on peut associer, pour chaque lot, l'incertitude liée au plan d'échantillonnage pratiqué (Tableau 2) :

Tableau 2 : Incertitude relative du résultat selon le plan d'échantillonnage appliqué

| Incertitude relative du résultat due à l'échantillonnage |                             |            |              |                                      |                                      |
|----------------------------------------------------------|-----------------------------|------------|--------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
|                                                          | Teneur moyenne en ergot (%) | NF V03-777 | EN ISO 24333 | Règlement (UE) 691/2013 <sup>4</sup> | Règlement (UE) 401/2006 <sup>5</sup> |
| <b>Lot 1</b>                                             | 0,09                        | 0,04       | 0,02         | 0,01                                 | 0,01                                 |
| <b>Lot 2</b>                                             | 0,01                        | 0,01       | 0,01         | 0,00                                 | 0,00                                 |
| <b>Lot 3</b>                                             | 0,05                        | 0,02       | 0,01         | 0,00                                 | 0,00                                 |
| <b>Lot 4</b>                                             | 0,47                        | 0,03       | 0,02         | 0,01                                 | 0,01                                 |

L'incertitude la plus faible est bien entendu obtenue avec les plans d'échantillonnage les plus contraignants : ceux des contrôles officiels. A l'inverse, on obtient une incertitude relativement élevée avec la méthode d'échantillonnage dite de routine (AFNOR V03-777). Le protocole NF EN ISO 24333 paraît être un bon compromis, même s'il est souvent perçu comme contraignant par les opérateurs. Il requiert en effet, pour une benne de moins de 30 tonnes, 8 prélèvements élémentaires (versus 3 pour la méthode de routine) mais son application permet de diviser par deux l'incertitude notamment pour des teneurs proches des seuils réglementaires (situation des lots 1 et 3).

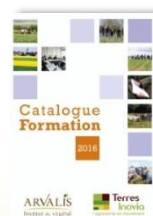
Katell Crépon

[k.crepon@arvalisinstitutduvegetal.fr](mailto:k.crepon@arvalisinstitutduvegetal.fr)

Brigitte Mahaut

[b.mahaut@arvalisinstitutduvegetal.fr](mailto:b.mahaut@arvalisinstitutduvegetal.fr)

Ce travail a bénéficié d'un soutien financier de FranceAgriMer



## Dates à retenir

### Formations

#### Maîtriser le stockage et la conservation des grains en organismes stockeurs ou à la ferme

02/06/2016 – Ecardenville-la-Campagne (27)

Intervenant : Jean-Yves MOREAU

Contact : Josseline Jean

[j.jean@arvalisinstitutduvegetal.fr](mailto:j.jean@arvalisinstitutduvegetal.fr)

#### Maîtriser l'aéraulique pour optimiser la consommation énergétique lors de la ventilation des grains

10 et 11/05/2016 – Boigneville (91)

Intervenant : Jean-Yves MOREAU et Gérard DESNOS (Services Coop de France)

Contact : [formation@servicescoopdefrance.coop](mailto:formation@servicescoopdefrance.coop)

<sup>4</sup> Règlement 691/2013 portant fixation des méthodes d'échantillonnage et d'analyses destinées au contrôle officiel des aliments pour animaux

<sup>5</sup> Règlement 401/2006 portant fixation des modes de prélèvement d'échantillons et des méthodes d'analyse pour le contrôle officiel des teneurs en mycotoxines des denrées alimentaires