

UNE NOUVELLE METHODE D'EVALUATION PAR ANALYSE D'IMAGE DU POURCENTAGE DE MORCEAUX DANS LES BLOCS DE FOIE GRAS AVEC MORCEAUX

Chéret Romuald¹, Duranton Frédérique¹, Zuber François²

¹CTCPA (Site de Nantes) – 64 rue de la Géraudière – 44322 NANTES Cedex,
²CTCPA (Site d'Avignon) – ZA Agroparc Aéroport – 144 avenue Clément Ader –
84911 AVIGNON Cedex

fzuber@ctcpa.org

RÉSUMÉ

Les industriels de la filière Foie Gras sont parfois confrontés à un problème de conformité des produits « blocs de foie gras avec morceaux », lié aux difficultés techniques de la maîtrise du pourcentage de morceaux après traitement thermique. Les contraintes réglementaires concernant la présence de morceaux sont doubles : il s'agit de maîtriser d'une part la présence de plus de 30% de morceaux après cuisson et de s'assurer que ces pourcentages correspondent bien à des morceaux de plus de 10 g. Pour pouvoir valider ce paramètre réglementaire, les industriels et la DGCCRF ne disposent toutefois aujourd'hui que d'une seule méthode manuelle, qui n'est pas jugée totalement satisfaisante : elle demande une grande habitude et beaucoup de minutie, mais reste toutefois peu précise et peu répétable.

Une nouvelle technique alternative non manuelle pour fiabiliser la mesure du pourcentage de morceaux dans les blocs de foie gras a été développée et validée par le CTCPA, puis testée sur plusieurs sites industriels : évaluation par analyse d'image du bloc de foie gras tranché. Cette méthode utilise une équivalence entre «rapports des surfaces entre morceaux et tranche, issues d'image de coupes» et «rapport massique des morceaux / masse totale». La masse minimale des morceaux (> 10g) ne peut toutefois pas être confirmée avec certitude. L'équivalence statistique avec la méthode de référence a été évaluée et trouvée acceptable.

La méthode par analyse d'image des tranches transversales issues du bloc avec morceaux peut être implantée en usine avec un matériel simple d'utilisation : un banc de coupe équipé d'une caméra et d'une tablette graphique qui, via un logiciel dédié proposé par le CTCPA pour cette application, permet une évaluation rapide par l'opérateur.

ABSTRACT

A new method using image analysis for the evaluation of pieces amount in Block of Foie Gras with Pieces. Manufacturers of the foie gras (fatty duck liver) industry regularly meet regulatory compliance difficulties for products called "Block (comminuted) of Foie Gras with Pieces". The issue is linked to measurement uncertainties in the percentage of whole foie gras pieces remaining after heat treatment. Requirements are dual: first, presence of at least 30% pieces in mass after cooking, and secondly, all whole foie gras pieces must be over 10g each to give this 30% content. In order to check finished products, therefore validating these regulatory requirements, the only existing manual method is found not satisfactory by industrials and regulators: it requires operator's skills, but remains poorly repeatable and accurate.

A new alternative, non-manual, method was developed, and validated by CTCPA for the evaluation of percentage of pieces in blocks of foie gras: image analysis of sliced sample. Then the method was tested at industrial scale by several producing plants.

The method is based on equivalence between "whole pieces/entire slice surface ratio, from slices images" and "whole pieces in sample/global sample mass ratio". However minimal mass of 30g for each piece cannot be absolutely confirmed. Statistical equivalence between reference method and alternative method was evaluated and found acceptable. The image analysis method of transverse slices of Block of Foie Gras with Pieces, can be easily implemented in production plants with user-friendly measuring device: a cutting bench equipped with a camera and a graphic pad, along with expert software developed for this application.

INTRODUCTION

Les industriels du secteur Foie Gras souhaitent avoir une meilleure évaluation des pourcentages de morceaux dans les blocs de foie gras avec morceaux, principalement conditionnés en boîtes dites « tunnel » (capacité 850 ml, diamètre 73 mm). La dénomination « Bloc de foie gras avec morceaux » est définie par le décret n° 93-999 du 9 Août 1993 comme « préparation composée de foie gras avec morceaux reconstituée et d'un assaisonnement » ; la masse totale des morceaux doit représenter au moins 30 % du produit fini, un morceau étant réglementairement pris en compte s'il est de masse au moins égale à 10 grammes. La détermination du pourcentage de morceaux est réalisée actuellement par un contrôle manuel destructif sur un échantillon. Cette méthode d'analyse réglementaire manuelle n'apporte pas satisfaction en termes de répétabilité et les différences inter-laboratoires sont importantes.

Afin de garantir la conformité réglementaire de ces produits et d'améliorer la précision de la mesure, les industriels de la filière palmipède gras souhaitent la mise en œuvre d'un système de contrôle destructif ou non destructif, présentant une bonne répétabilité, une bonne fiabilité / exactitude, et pouvant être mis en place sur les lignes de production ou dans les laboratoires d'analyse internes aux usines.

Dans cette étude, le CTCPA a conçu et réalisé un équipement et des logiciels pour proposer une nouvelle méthode basée sur l'analyse d'image et reposant sur l'équivalence entre «rapports des surfaces entre morceaux et tranche, issues d'images de coupes» et «rapport massique des morceaux / masse totale». Pour confirmer la fiabilité de cette méthode, et après une première validation par le CTCPA sur des blocs de foie gras étalons fabriqués à l'échelle pilote, l'outil a été mis à disposition des industriels pour que des tests soient réalisés par des opérateurs (service qualité des entreprises). Le CTCPA a ensuite comparé les résultats obtenus entre l'analyse d'image et l'analyse manuelle réglementaire.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. Mise au point de l'équipement d'évaluation du pourcentage de morceaux par analyse d'image

L'équipement mis au point par le CTCPA (*figure 1*) comprend un banc de découpe des blocs de foie gras, une caméra de prise d'image, une tablette graphique, ainsi que deux logiciels dédiés (acquisition et analyse des images). La démarche consiste à trancher transversalement des blocs de foie gras en de nombreuses fines tranches

successives avec le banc de coupe, qui permet d'obtenir des tranches régulières avec une surface non endommagée et adaptée à la prise de vue. Une prise d'image de la surface de coupe de chaque tranche est alors réalisée avec un éclairage adapté.

Les images de coupes sont enfin traitées par l'opérateur, qui matérialise manuellement le contour des morceaux pour chaque tranche, sur chaque image, au moyen de la tablette graphique. Enfin, le logiciel permet de calculer la quantité de morceaux, basée sur une quantification de la surface de morceaux par rapport à la surface totale des tranches. Une moyenne par bloc est calculée à partir des valeurs d'au moins 10 tranches. Pour une boîte dite « tunnel 1kg » (contenance 850 ml et diamètre 73 mm), il est ainsi possible, après élimination du premier centimètre de bloc de chaque côté (talons), d'examiner environ 44 tranches de 4 mm.

Il est important de noter que cette technique ne permet pas de quantifier le poids des morceaux de plus ou de moins de 10 grammes, pour répondre aux impératifs du décret.

1.2. Tests réalisés en industrie.

L'appareil a été mis à disposition de trois entreprises industrielles A, B et C pour des tests dans les laboratoires de contrôles internes. Les entreprises B et C ont également mené des analyses avec la méthode de référence afin de comparer les résultats obtenus avec les deux méthodes. Il est important de noter que dans notre approche expérimentale, les morceaux inférieurs à 10 g sont volontairement comptabilisés dans l'analyse par mesure manuelle et pesée, pour ne pas introduire de biais.

Les essais effectués sont les suivants (voir détail figure 2 et 3) :

- Analyses de blocs commerciaux formulés pour contenir 30% et 50% de morceaux, sur des tranches de 4 mm.
- Influence du changement d'opérateur sur l'évaluation du pourcentage de morceaux
- Influence du nombre d'analyses sur la qualité des résultats dans des blocs contenant 30% de morceaux.

Des tests statistiques ont été réalisés pour évaluer le degré de significativité des différences entre les deux méthodes (comparaison de deux moyennes par test de Student), et cela pour chaque entreprise séparément car les procédés de fabrication y sont différents.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Analyse des blocs avec morceaux sur des tranches de 4 mm

Il a été observé une grande variabilité des pourcentages évalués par la méthode de référence (séparation manuelle et pesée) entre l'entreprise B et l'entreprise C pour des blocs contenant 30% de morceaux. (*figure 2*).

En ce qui concerne la technique par analyse d'image, il semblerait qu'elle sous-évalue légèrement (entreprise B) le pourcentage de morceaux par rapport à la méthode de référence ou bien qu'elle donne des résultats équivalents (entreprise C). Les tests statistiques ont confirmé ces estimations.

Le même type de constat peut être fait pour les blocs à 50% de morceaux. Suite aux différents essais menés dans les entreprises B et C, il a été montré que la technique d'analyses d'image donne globalement des résultats proches de la méthode de référence. En effet, les deux méthodes appliquées par l'entreprise C sur un grand nombre de blocs conduisent à des résultats similaires ($p > 0,05$) (*figure 3*).

2.2. Influence de l'opérateur sur la détermination du pourcentage de morceaux dans des blocs de foie gras.

L'entreprise C a testé la méthode par imagerie, sur des boîtes de blocs de foie gras contenant 30% et 50% de morceaux, et avec des opérateurs distincts. Les résultats ont montré que le changement d'opérateur n'entraîne pas d'appréciation significativement différente du pourcentage de morceaux dans les conditions pratiquées (*figure 4*). Une confrontation pratique des modes opératoires, avec analyse critique croisée entre plusieurs opérateurs, s'impose toutefois pour entraîner les personnels à réaliser ces mesures, quelle que soit la méthode employée.

2.3. Influence du nombre d'images analysées sur la qualité des résultats, pour des blocs de 30% de morceaux

Dans cette partie de l'étude, l'épaisseur de la tranche a été virtuellement « augmentée », passant de 4 millimètres à 8 millimètres afin de diminuer le temps de tranchage et de prise d'image, mais également le temps de traitement des images par la suite. L'expérimentation a été réalisée dans les

entreprises A, B et C. Le nombre d'images utilisées dans l'analyse statistique est donc passé de 44 à 22.

Dans les trois entreprises, les valeurs de pourcentage de morceaux sont significativement équivalentes pour des blocs tranchés tous les 4 millimètres ou tous les 8 millimètres (*figure 5*). Ce résultat indique que l'analyse d'une vingtaine de tranches est suffisante pour caractériser le produit. Une optimisation de la méthode peut donc être envisagée en augmentant l'épaisseur des tranches à 8 millimètres afin de réduire le temps de tranchage, ainsi que le temps d'analyse (qui peut être divisé globalement par deux).

CONCLUSION

La nouvelle méthode d'évaluation du pourcentage de morceaux dans les blocs de foie gras avec morceaux, mise au point par le CTCPA, a été testée par les Services Qualité de trois entreprises différentes produisant des blocs de foie gras avec morceaux.

Il a été montré que la technique d'analyses d'image, pour les blocs de foie gras formulés pour contenir 30% ou 50% de morceaux, avait une légère tendance à sous-évaluer les résultats ou bien était équivalente à la méthode de référence.

Plusieurs essais de reconnaissance automatique des contours des morceaux dans l'image, par des logiciels autonomes d'analyse d'image, n'ont par ailleurs donné aucun résultat satisfaisant (résultats non présentés). L'intervention de l'opérateur pour le détournage manuel des morceaux reste pour le moment indispensable.

Les différentes remarques et suggestions d'améliorations formulées par les industriels, notamment pour améliorer l'ergonomie du dispositif, devront être prises en compte dans un futur développement de cet outil d'analyse, mais une évaluation du pourcentage de morceaux sur un nombre plus restreint d'images de coupe, avec l'utilisation de tranches plus épaisses, pourrait permettre déjà un gain de temps significatif.

Figure 1. Schéma du dispositif d'évaluation du pourcentage de morceaux par analyse d'image conçu par le CTCPA. Il contient un banc de découpe des blocs de foie gras, une caméra de prise d'image, une tablette graphique, et deux logiciels (acquisition et analyse des images).

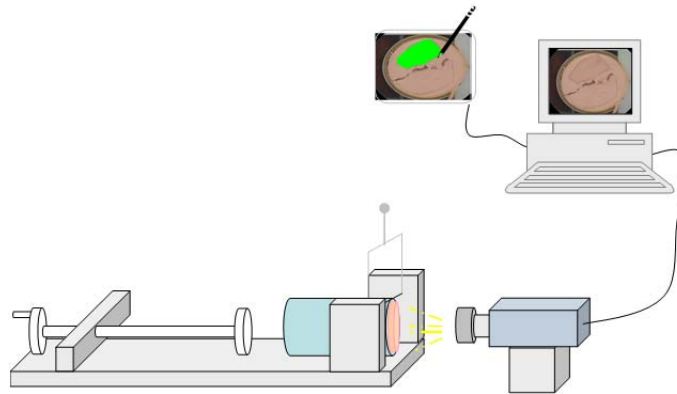
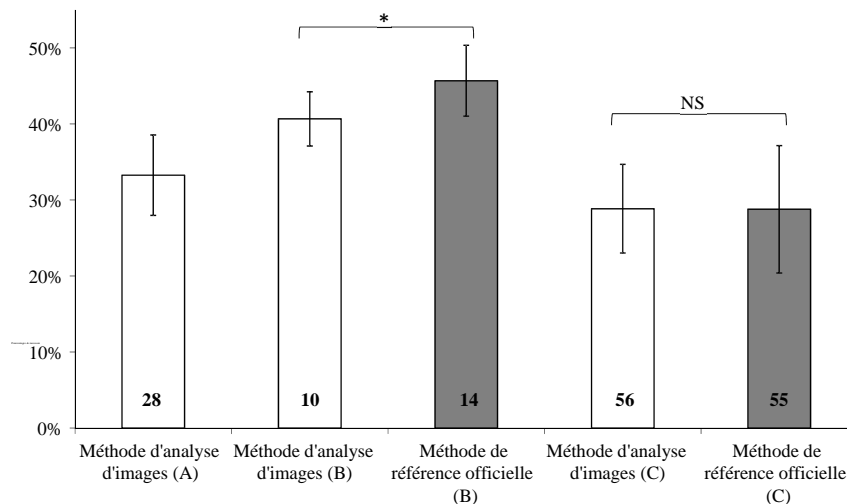


Figure 2. Comparaison des deux méthodes (méthode par analyse d'image et méthode de référence (*en intégrant les morceaux inférieurs à 10 grammes*)) pour l'analyse du pourcentage de morceaux dans des blocs de foie gras formulés pour contenir 30% morceaux, pour les entreprises A, B et C. Le chiffre en gras indique le nombre de blocs analysés par méthode et par entreprise.



Entreprise A : Tranches de 4 millimètres. Type de boîtes de blocs de foie gras : boîte tunnel de 1 kg, boîte de 450 g et boîte de 200 g.

Entreprise B : Tranches de 4 millimètres. Type de boîtes de blocs de foie gras : boîte tunnel de 1 kg.

Entreprise C : Tranches de 4 millimètres. Type de boîtes de blocs de foie gras : boîte tunnel de 1 kg.

Figure 3. Comparaison des deux méthodes (méthode par analyse d'image et méthode de référence (*en intégrant les morceaux inférieurs à 10 grammes*)) pour l'analyse du pourcentage de morceaux dans des blocs de foie gras en boîtes tunnel 1kg, formulés pour contenir 50% morceaux, pour les entreprises A, B et C. Tranches de 4 mm. Le chiffre en gras indique le nombre de blocs analysés par méthode et par entreprise.

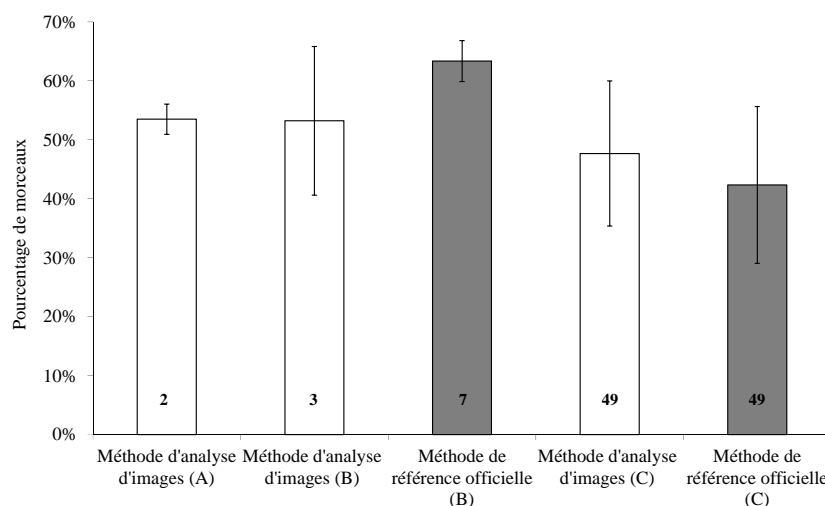


Figure 4. Influence de l'opérateur sur les résultats d'analyse du pourcentage de morceaux par analyse d'image sur des blocs formulés pour contenir 30% ou 50% de morceaux. Le chiffre en gras indique le nombre de blocs analysés par opérateur et par entreprise (même images de coupe examinées par chaque opérateur)

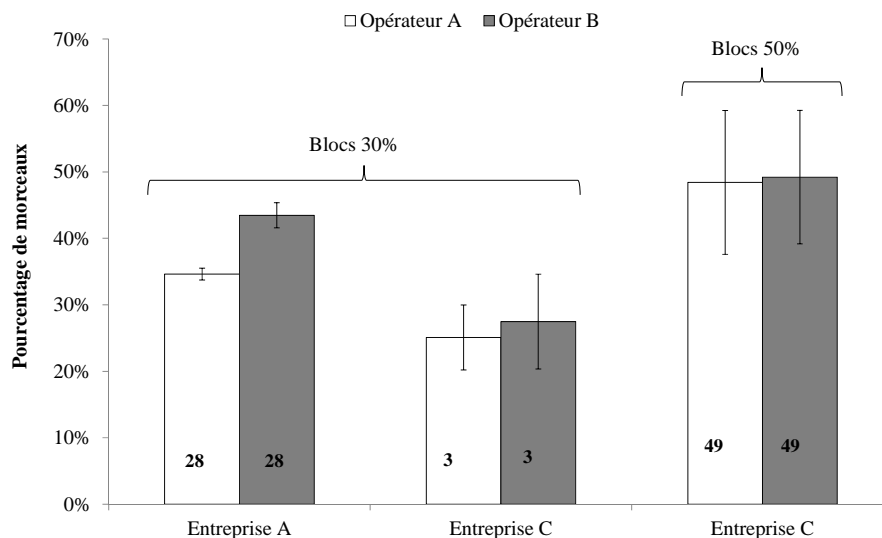
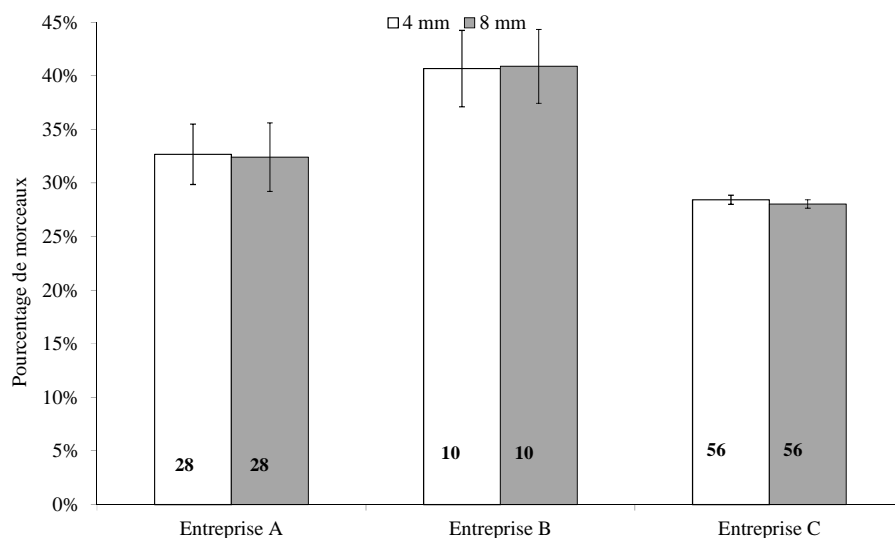


Figure 5. Influence du nombre d'analyses utilisées pour obtenir la moyenne (correspondant à une « épaisseur de tranche » de 4 mm ou de 8 mm) sur les résultats du pourcentage de morceaux évalué par analyse d'image dans des blocs de foie gras formulés pour contenir 30% morceaux, pour les entreprises A, B et C. Le chiffre en gras indique le nombre de blocs analysés par entreprise.



CHÉRET Romuald¹, DURANTON Frédérique¹, ZUBER François²

1: CTCPA, 64 rue de la Géraudière, 44322 NANTES Cedex

2: CTCPA, Site Agroparc, ZA de l'aéroport, BP21203, 84911 AVIGNON

- Introduction -

La dénomination « Bloc de foie gras avec morceaux » est définie par le décret n° 93-999 du 9 Août 1993:

« Préparation composée de foie gras avec morceaux reconstituée et d'un assaisonnement » où la masse totale des morceaux doit représenter au moins 30 % du produit fini, un morceau étant réglementairement pris en compte s'il est de masse au moins égale à 10 grammes.

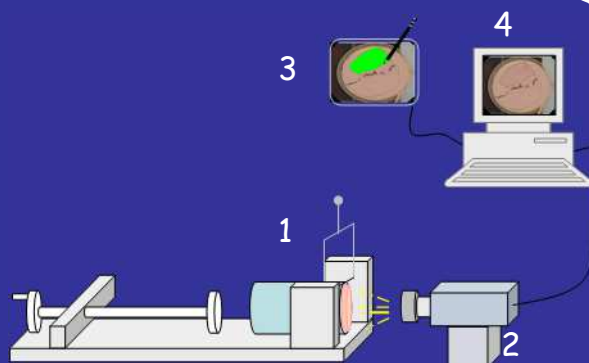
La détermination du **pourcentage de morceaux dans les blocs** est réalisée actuellement par un contrôle manuel destructif sur un échantillon. Mais cette méthode n'apporte pas satisfaction en termes de répétabilité et les différences inter-laboratoires sont importantes. Dans cette étude, le CTCPA a conçu et réalisé un équipement et des logiciels dédiés (acquisition et analyse des images). Pour confirmer la fiabilité de cette méthode, l'outil a été mis à disposition des industriels pour que des tests soient réalisés par des opérateurs (service qualité des entreprises).

- Matériels & Méthodes -

• Equipement d'évaluation du pourcentage de morceaux par analyse d'image :

Il contient : un banc de découpe des blocs de foies gras, une caméra de prise d'image, une tablette graphique, ainsi que deux logiciels dédiés (acquisition et analyse des images).

- 1- **Tranchage** transversal des blocs (boîtes rondes) à l'aide d'une lyre
- 2- **Prise d'image** de chaque tranche
- 3- **Détourage** manuel des morceaux et de la surface de tranche par un opérateur grâce à la tablette graphique
- 4- **Calcul** du pourcentage de morceaux pour le bloc par le logiciel : rapport entre la somme des surfaces des morceaux, et surface totale des tranches

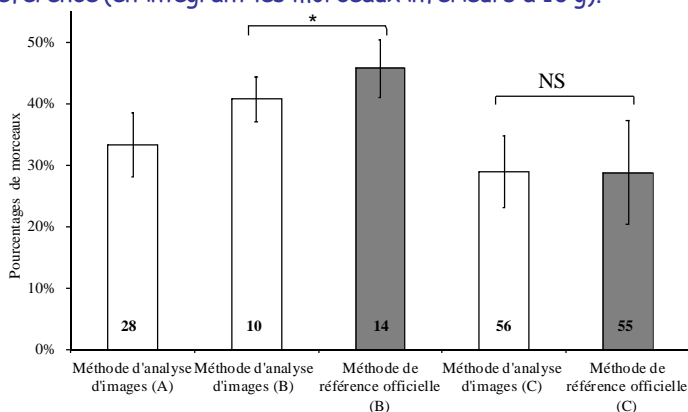


• Essais conduits par les Services Qualité de 3 entreprises sur des blocs de fabrication industrielle :

- Analyse de blocs formulés pour contenir 30% ou 50% de morceaux, images réalisées sur des tranches de 4 mm (environ 44 images/boîte dite « tunnel » de 1kg, de diamètre 73 mm)
- Influence de l'opérateur et du nombre de tranches prises en compte, sur les résultats
- Comparaison avec l'analyse manuelle réglementaire, (remarque : les morceaux inférieurs à 10 g sont comptabilisés dans l'analyse par mesure manuelle et pesée, pour ne pas introduire de biais)
- **Statistiques**: des tests statistiques ont été réalisés pour évaluer le degré de significativité des différences entre les deux méthodes de mesure.

• Analyses de blocs commerciaux formulés pour contenir 30% de morceaux, sur des tranches de 4 mm

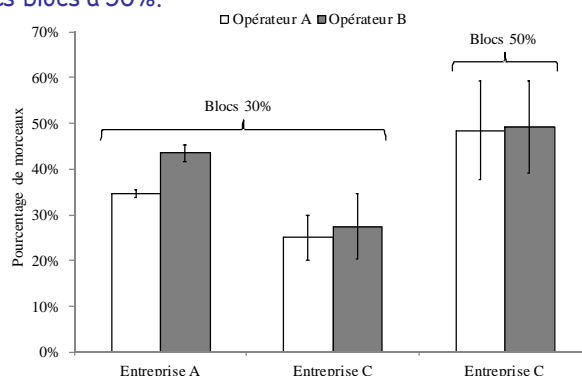
Comparaison : méthode par analyse d'images et méthode de référence (en intégrant les morceaux inférieurs à 10 g).



Le chiffre en gras indique le nombre de blocs analysés par méthode et par entreprise.

• Influence de l'opérateur sur la valeur mesurée

Le changement d'opérateur pour traiter les images n'entraîne pas d'appréciation significativement différente du pourcentage de morceaux dans les conditions pratiquées. Ce constat est valable pour les blocs à 30% et les blocs à 50%.



- Conclusion -

Cette technique d'analyses d'image, pour les blocs de foie gras formulés pour contenir 30% ou 50% de morceaux, sous-évalue ou bien est équivalente à la méthode de référence. L'intervention de l'opérateur pour le détourage manuel des morceaux reste pour le moment indispensable, mais une amélioration du dispositif en terme d'ergonomie ou par rapport au nombre de tranches analysées pourrait déjà permettre un gain de temps significatif.

- **Influence de l'épaisseur de tranche sur les résultats**
Les résultats obtenus à partir de « tranches de 8 mm » (en retenant une image sur deux) sont significativement identiques à ceux obtenus sur des tranches de 4 mm.
→ gain de temps significatif pour les opérateurs.