

Juin 2008

Compte rendu final n° 170832011

Département Techniques d'Élevage et Qualité

Service Qualité des Viandes

Servane ROZE

Vérification des performances du Quality Spec® BT à mesurer en ligne la tendreté de la viande bovine

Cette étude a été réalisée avec le soutien financier d'Interbev et de l'Office de l'Élevage.

collection résultats



OFFICE DE L'ÉLEVAGE

Juin 2008
Compte-rendu N° 17 08 32 011
Servane ROZE
Département Technique d'Élevage et Qualité
Service Qualité des Viandes

Vérification des performances du Quality Spec[®] BT à mesurer en ligne la tendreté de la viande bovine

Cette étude a été réalisée avec le soutien financier d'Interbev et de l'Office de l'Élevage.

Collection Résultats

Remerciements

Ce travail est le fruit d'un partenariat associant différents services de l'Institut de l'Élevage :

- Service Qualité des Viandes : C.Evrat-Georgel et C.Denoyelle.
- Laboratoire d'analyse et de technologie des viandes : F.Turin et G.Coulon.
- Service Biométrie : E.Doutart et C.Lopez.

Nos remerciements sont adressés à la société américaine ASDInc pour le prêt de leur machine Quality Spec[®] BT. Nous remercions également les 2 représentants de cette société qui nous ont accompagné pour la mise en place de l'outil, ainsi que M.Bécourt (Bonsai Advanced Technologies), distributeur ASD en France.

Par ailleurs, ce travail n'aurait pu avoir lieu sans la collaboration du personnel de l'abattoir de Soviba / Villers Bocage. Les remerciements sont tout particulièrement adressés aux interlocuteurs de ce site, équipe dirigeante mais aussi les opérateurs sur le terrain qui ont contribué au bon déroulement de cette étude.

Résumé

La tendreté constitue encore et toujours le caractère primordial de la qualité de la viande bovine. Plus que jamais, les opérateurs de la filière tentent de gérer la tendreté de leurs produits plutôt que de la subir, notamment au travers des démarches qualité. Mais au-delà de ces démarches, un problème de taille demeure : l'absence d'outil de mesure simple, fiable et non-destructif permettant d'évaluer la tendreté de la viande en temps réel.

Récemment, des chercheurs américains ont développé un outil fondé sur la mesure de la réflectance par spectroscopie dans le proche infra-rouge : le Quality Spec® Beef Tenderness. Si cette méthodologie n'est pas récente, ce nouvel outil de mesure, à priori déjà utilisé en ligne par un opérateur américain, semble néanmoins prometteur aux vues de ses potentialités. En effet, une simple mesure sur la noix de milieu de train de côte, permettrait de classer les carcasses selon leur potentiel de tendreté en 2 catégories : les carcasses « tendres » et les carcasses « dures ». Non destructif, rapide, adapté aux conditions industrielles en abattoir, simple d'utilisation... : un tel outil mérite que la filière s'y intéresse.

L'Institut de l'élevage a réalisé cette étude afin d'évaluer les performances de cet outil à mesurer en ligne la tendreté de la viande bovine dans le contexte français. Elle a pour objectif de comparer les mesures effectuées par l'appareil Quality Spec®BT sur différentes carcasses bovines avec les résultats d'analyse sensorielle menée par un jury d'experts, lors de dégustation de morceaux issus des mêmes carcasses.

Les mesures ont porté sur 48 carcasses destinées au circuit catégoriel. Les faux-filets correspondants ont été prélevés et ont fait l'objet, après une maturation de 10 jours, d'une dégustation par le jury d'experts de l'Institut de l'Élevage.

Au terme de ce travail, il ressort que l'outil n'est pas adapté au contexte français et que les performances du Quality Spec®BT à prédire la tendreté de la viande bovine en ligne n'ont pas été démontrées.

D'un point de vue matériel, l'utilisation de l'outil a nécessité des modifications du protocole de mesures recommandé par l'équipe de développement américaine en raison des différences de coupe primaire entre la France et les Etats-Unis.

D'un point de vue résultat, il n'a pas été possible de mettre en évidence une concordance entre les notes obtenues avec le Quality Spec®BT et celles obtenues avec le jury de dégustation. L'explication principale porte sur l'inadaptation des équations de calibration de l'appareil développé dans un contexte différent, mais aussi le manque de fiabilité du Quality Spec®BT à prédire la tendreté dans les valeurs hautes (donc la dureté) et le fait que la population bovine testée se trouvait justement dans ces valeurs hautes.

A la suite de ce présent dossier, il pourrait être intéressant pour le constructeur, de travailler sur le développement de l'appareil pour entre autre établir de nouvelles équations de prédiction, basées sur les carcasses françaises, afin d'envisager l'utilisation de cette machine en France.

Sommaire

1. Contexte et attendus	9
2. Matériel et Méthode	11
2.1. Le Quality Spec® BT	11
2.1.1. Le principe de fonctionnement du Quality Spec® BT	11
2.1.2. Les caractéristiques techniques du QSBT	13
2.1.3. Les mesures avec le QSBT	15
2.2. Le protocole expérimental	15
2.2.1. Mise au point du protocole de mesure avec le Quality Spec®BT	15
2.2.2. Etape 1 : Mesures avec le Quality Spec®BT	18
2.2.3. Etape 2 : Dégustation par le jury d'experts	19
2.2.4. Etape 3 : Traitement statistique des données.....	19
III. Résultats et Discussion	21
3.1. Résultats des analyses statistiques.....	21
3.1.1. Etude descriptive des notations avec le QSBT	21
3.1.2. Etude descriptive des notations par le jury de dégustation.....	21
3.1.3. Mise en correspondance des notations obtenues avec le QSBT avec celles des juges du jury dégustation	23
3.1.4. Capacité du QSBT à reconnaître les carcasses « tendres »	25
3.1.5. Mise en concordance des notations obtenues avec le QSBT avec des mesures de compression.....	27
3.2. Discussion	28
IV. Conclusion	31
V. Bibliographie.....	33

1. Contexte et attendus

L'importance de la tendreté comme critère qualitatif de la viande bovine n'est plus à démontrer. Plus que jamais, les opérateurs de la filière tentent de gérer la tendreté de leurs produits plutôt que de la subir, notamment au travers des démarches qualité. Pour y parvenir, ils disposent déjà de nombreux documents (normes, cahiers des charges, « Points sur »...), fruits des travaux de recherche. Mais au-delà de ces connaissances, probablement pas encore pleinement diffusées et exploitées, un problème de taille demeure : l'absence d'outils de mesure simples et fiables permettant d'évaluer la tendreté de la viande en temps réel.

Dans ce contexte, une étude est actuellement en cours à l'Institut de l'élevage, dont l'objectif est de réaliser une analyse bibliographique critique des méthodes instrumentales de mesure de la tendreté. Les premiers travaux ont montré que de très nombreuses techniques ont été testées sur leurs capacités à évaluer la tendreté de la viande, *via* la quantification d'un ou plusieurs paramètres influençant, directement ou pas, cette tendreté (lipides, protéines, fibres, enzymes...). Parmi elles, la mesure de la réflectance par spectroscopie dans le proche infra-rouge a fait l'objet de divers travaux dont les conclusions sont controversées, ce qui n'est pas surprenant tant les protocoles d'étude, et avant tout la méthode de référence prise en comparaison, sont variables d'une équipe de recherche à l'autre.

Récemment, des chercheurs américains ont développé un système de mesure fondé sur cette technique : le Quality Spec® Beef Tenderness (QSBT). Si la méthodologie n'est pas récente, ce nouvel outil de mesure, à priori déjà utilisé en ligne par un opérateur américain (Cargill), semble néanmoins prometteur aux vues de ses potentialités. En effet, une simple mesure sur la noix de milieu de train de côte permettrait de classer les carcasses selon leur potentiel de tendreté en 2 catégories : les carcasses « tendres » et les carcasses « dures ». Non destructif, rapide, adapté aux conditions industrielles en abattoir, simple d'utilisation... : un tel outil méritait que la filière s'y intéresse pour voir notamment comment il fonctionne dans le contexte français, très différent du contexte américain au sujet des animaux consommés (en particulier pour la teneur en gras intramusculaire) ou des attentes et habitudes des consommateurs.

Ainsi, cette étude, réalisée dans le cadre d'un co-financement Interbev / Office de l'Élevage, a pour objectif de comparer les résultats de mesures effectuées en ligne sur différentes carcasses bovines par l'appareil Quality Spec®BT avec les résultats d'analyse sensorielle, méthode de référence de mesure de la tendreté, menée par un jury d'experts lors de dégustation de morceaux issus des mêmes carcasses. Les résultats de cette étude devraient permettre à la filière de conclure si elle doit s'intéresser au plus près à cet appareil de prédiction de la tendreté.

Le travail comporte 3 étapes :

- la réalisation de mesures en ligne (dans un abattoir) avec le Quality Spec®BT sur carcasses permettant d'obtenir une valeur prédictive de tendreté ;
- la dégustation par un jury d'experts pour apprécier la tendreté de faux filets issus des carcasses mesurées ;
- une analyse statistique des résultats pour comparer les résultats issus des 2 méthodes mises en oeuvre.

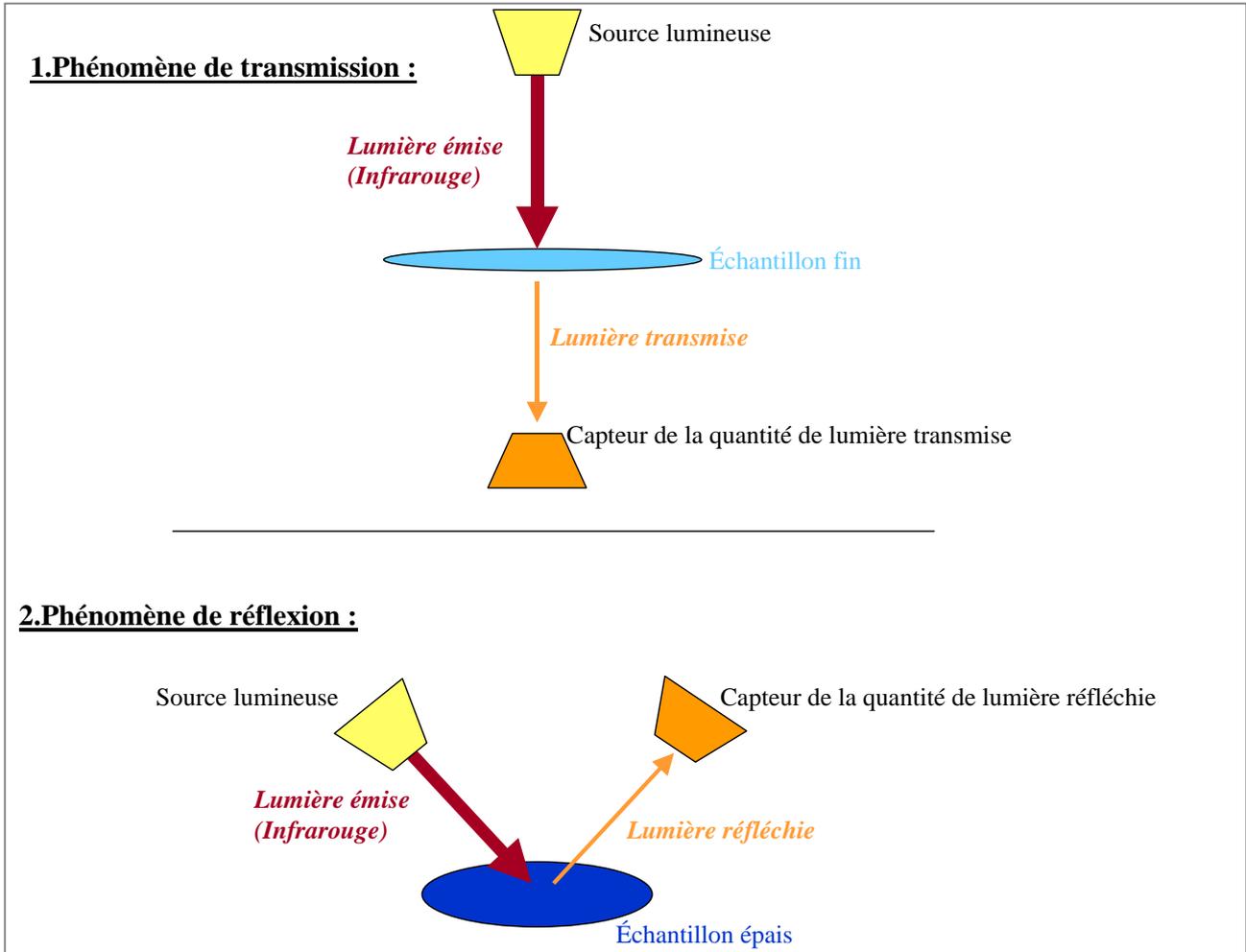


Figure 1: Les principes de fonctionnement de la spectrophotométrie

2. Matériel et Méthode

2.1. Le Quality Spec® BT

2.1.1. Le principe de fonctionnement du Quality Spec® BT

Le QualitySpec® Beef Tenderness (QSBT) est un appareil développé par une société américaine (ASD Inc - Colorado)¹, en collaboration avec des scientifiques de l'USDA (United States Department of Agriculture ou Ministère américain de l'agriculture / service : Meat Animal Research Center). Son mode de fonctionnement repose sur la réflectance par spectroscopie dans le proche infra-rouge (aussi appelée SPIR pour Spectroscopie dans le Proche InfraRouge ou NIRS, pour Near Infrared Spectroscopy).

La spectroscopie dans le proche infra-rouge est une technique analytique basée sur le principe d'absorption des rayonnements (infrarouges) par la matière organique. L'absorption de la lumière par les échantillons dépend de leur composition chimique. Le proche infrarouge correspond aux longueurs d'ondes directement supérieures à celles du spectre du visible, soit des longueurs d'onde comprises entre 800 et 2500 nm. Les liaisons chimiques entre les composants de la matière sont capables d'absorber les rayonnements correspondants à des fréquences particulières. C'est cette propriété des liaisons chimiques que va utiliser la spectroscopie dans le proche infrarouge pour établir un lien entre l'absorption et la composition, celle-ci ayant elle-même un effet sur les propriétés physiques de l'échantillon (comme la tendreté).

Cette mesure se fait par un spectrophotomètre qui comprend une source lumineuse, un système permettant de séparer la lumière en fonction des longueurs d'onde et des capteurs photosensibles pour quantifier la lumière (émise et récupérée) et ainsi mesurer l'absorption proprement dite. La mesure peut se faire selon 2 méthodes : soit en « transmission », c'est la quantité de lumière qui traverse l'échantillon qui est mesurée (réalisable sur des échantillons fins) ; soit en « réflexion », la mesure porte sur la quantité de lumière qui est réfléchiée par l'échantillon (pour un échantillon épais comme la viande) (Figure 1). La réflectance est donc la proportion du rayonnement émis qui est réfléchiée par la surface de la matière à mesurer. Un système de codage permet d'obtenir des spectres à partir des mesures d'absorption.

L'interprétation de ces spectres est difficile : ils présentent plusieurs informations simultanément, difficiles à dissocier. Cette interprétation nécessite une phase d'étalonnage (ou calibration) basée sur des analyses de référence et l'établissement de modèles mathématiques complexes qui permettent de relier le spectre infrarouge au résultat de ces analyses.

Dans le domaine de la viande, la réflectance par spectroscopie dans le visible et le proche infra-rouge fait partie des méthodes investiguées parmi les nombreuses techniques de mesures alternatives testées pour évaluer la tendreté. Deux intérêts majeurs pour cette méthode : elle est non destructive (la matière reste utilisable après la mesure) et rapide.

D'un point de vue pratique, la viande est éclairée à différentes fréquences, à des longueurs d'onde comprises entre 350 et 2500 nm, les molécules de la viande sont excitées et les spectres de ré-émission sont captés. Ces spectres issus d'échantillons de viande représentent alors plusieurs informations simultanément qui influencent la tendreté de la viande : teneur en collagène, en lipide, en eau... D'ailleurs cette technique est déjà utilisée pour doser la composition chimique des viandes : Infratec™ -société Foss Afin d'interpréter ces spectres, la mise au point de la méthode nécessite une phase de calibration. Pour la mise au point du QSBT, la spectroscopie a été corrélée à la mesure de la force de cisaillement (en anglais : Slice Shear Force, SSF) par la méthode Warner-Bratzler² après cuisson (exprimée en kg ou en Newton). Ensuite, une régression linéaire entre ces mesures et l'information infrarouge a été conduite.

¹ Entreprise ASDi : www.asdi.com

² Cette méthode de mesure de la tendreté consiste à mesurer la force et le travail nécessaire pour cisailier des morceaux de viande d'une épaisseur et d'une largeur définie, à raison d'une dizaine de mesures par échantillon : plus la force de cisaillement mesurée est forte, moins la viande est tendre. Cette mesure est faite sur viande cuite. Elle est souvent utilisée en remplacement de l'analyse sensorielle, trop lourde à mettre en œuvre.

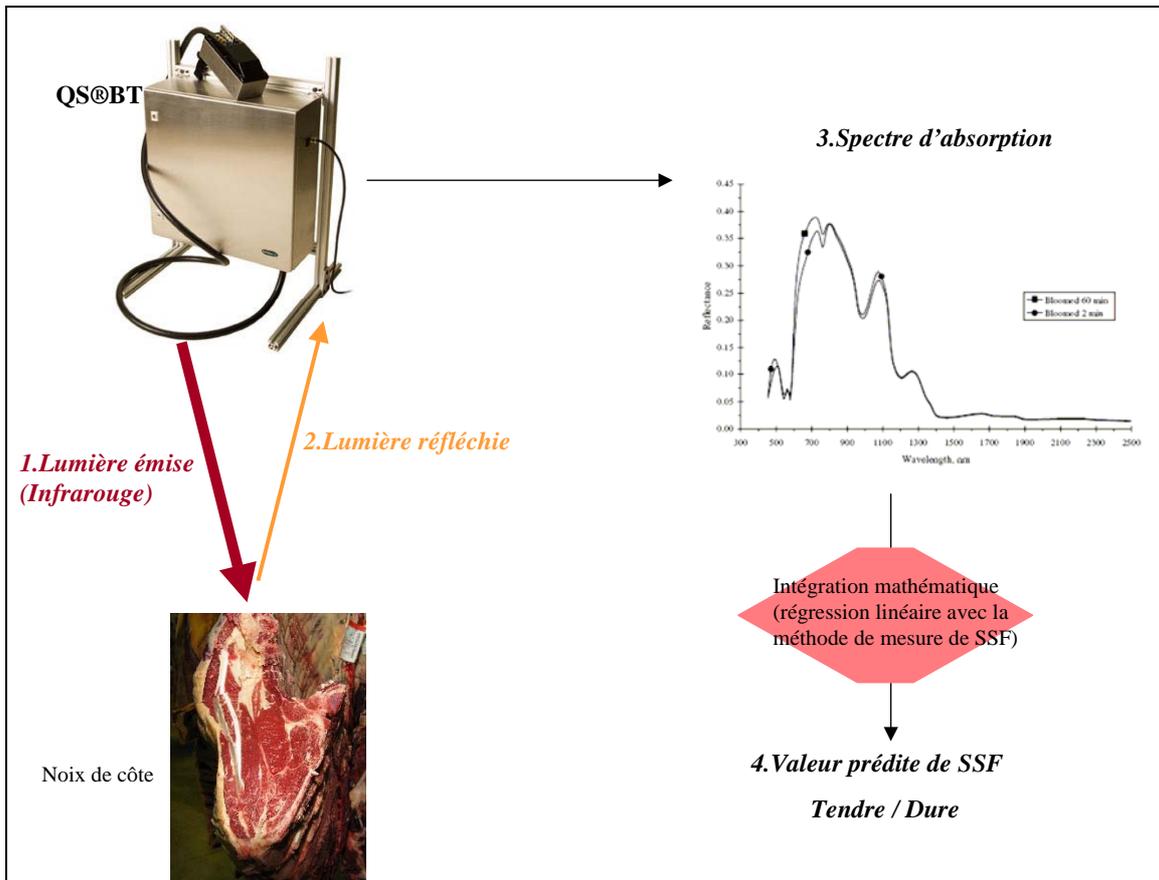


Figure 2 : Le principe de fonctionnement du QSBT

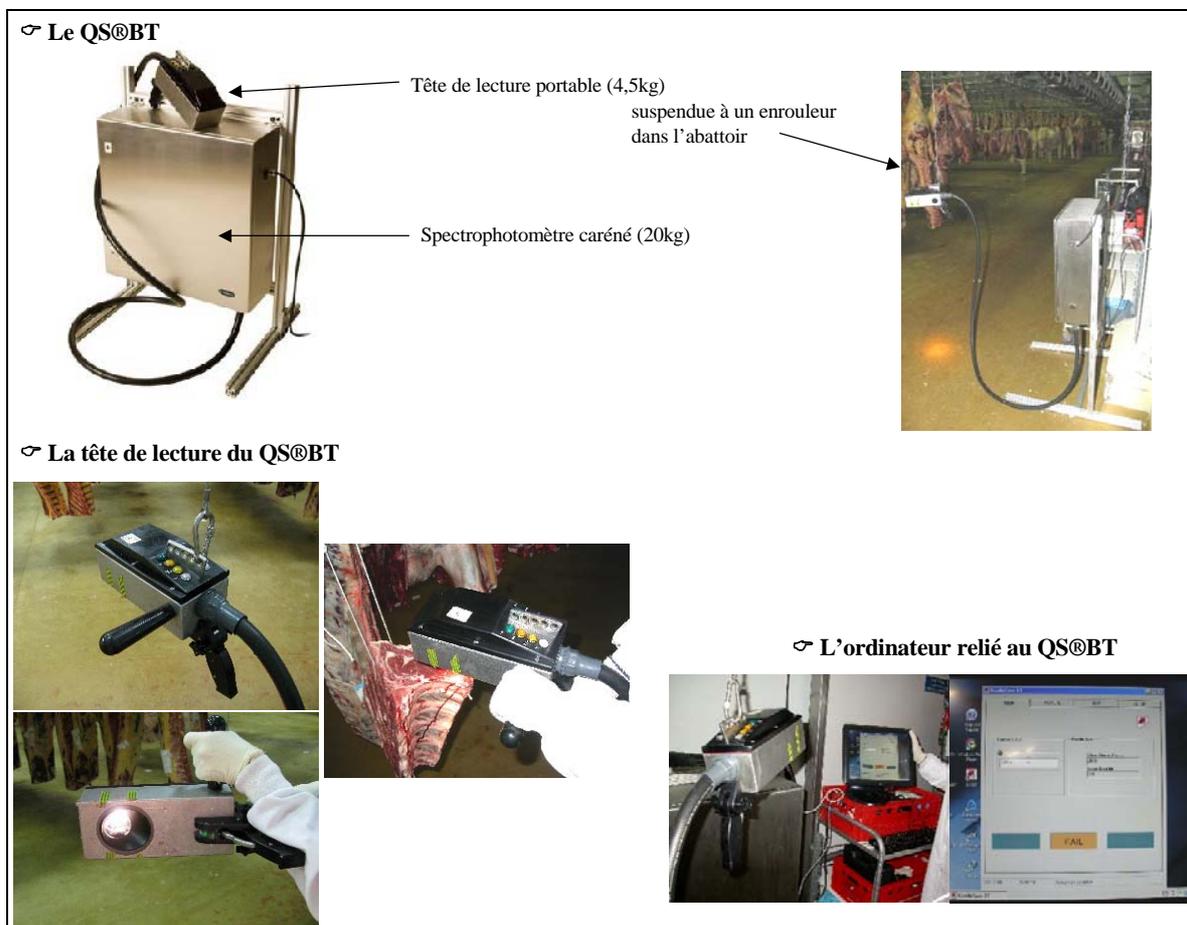


Figure 3 : Les différents éléments du QSBT

Au cours du développement du QSBT sur le terrain par l'équipe américaine, la force de cisaillement a été mesurée sur 292 faux-filets issus d'autant de carcasses après 14 jours de maturation. Les analyses statistiques ont conclu à une corrélation significative mais relativement moyenne (R^2 de 0,22 à 0,38) entre cet appareil et la force de compression à 14 jours de maturation sur viande cuite³ (Shackelford, 2005). Au cours de ces mêmes essais, il a été démontré sur la base d'analyses sensorielles que l'appareil était capable de trier les carcasses selon 2 catégories : tendre ou non. Des études complémentaires ont été réalisées afin de valider cette technique sur des effectifs plus importants (près de 2400 carcasses) sur 4 sites de production différents et classées différemment suivant la grille de l'USDA⁴ (« US Select carcass » et « US Choice »).

Cependant, les auteurs s'accordent sur le fait que les valeurs de SSF prédites sont plus fiables dans les valeurs basses (correspondant à une viande tendre) que dans les valeurs hautes (correspondant à une viande dure). L'erreur pour les valeurs hautes est trop importante pour être acceptable (Wheeler et al., 2007). C'est pour cela qu'ils recommandent que cet appareil soit utilisé pour faciliter l'identification des carcasses ayant une haute tendreté (selon les seuils définis par les auteurs), dans le cadre de programmes spécifiques d'étiquetage des produits (Shackelford, 2005).

Lors d'une mesure avec le QSBT, le programme informatique associé à l'appareil intègre le spectre obtenu grâce aux équations de prédictions établies lors de la calibration de l'appareil ; il en déduit une valeur de force de cisaillement présumée. Suivant cette valeur numérique, l'appareil conclue à la tendreté ou non de la pièce mesurée (Figure 2).

Le seuil de différenciation de classe (tendre/dur) a été fixé par l'équipe de recherche américaine. Il correspond à une valeur de force de cisaillement sous laquelle se situe, de façon sûre, 80 % des carcasses du marché américain (résultats tirés des différentes expériences menées pour la calibration de l'appareil et corrigés des erreurs de prédiction de la machine). Cette valeur est de 21,4 kg, ou 214 Newton. Au début, le système a été développé pour les carcasses classées « US Select » selon la grille USDA⁴. Elles sont moins chères sur le marché, en comparaison des autres classements (« US prime » et « US Choice »). Le QSBT, par sa mesure rapide, doit permettre de qualifier certaines de ces carcasses sur leur tendreté et ainsi leur apporter une plus-value financière. En effet, la tendreté des carcasses, mise en avant par un étiquetage spécifique dans les linéaires, pourrait permettre d'augmenter son prix de vente aux consommateurs.

L'appareil est aujourd'hui distribué sur le marché américain et, selon le distributeur, fonctionnerait, en routine, en conditions industrielles, sur la ligne d'abattage d'un opérateur.

2.1.2. Les caractéristiques techniques du QSBT

L'appareil QSBT est composé de 3 parties reliées entre elles (Figure 3) :

- a - une tête de lecture portable,
- b - un spectrophotomètre (enfermé dans un carénage),
- c - un ordinateur (indépendant).

a - La tête de lecture enferme la sonde de mesure de la réflectance, reliée au spectrophotomètre. Elle est équipée d'une ampoule halogène parabolique servant de source lumineuse pour illuminer la surface de la viande. La surface mesurée est une ellipse de 3,8 cm sur 3,6 cm.

b - Le spectrophotomètre travaille dans des longueurs d'onde comprises entre 350 et 2500 nm. Il est protégé par un carénage en acier inoxydable pour être utilisé en conditions industrielles. Il est censé résister aux températures basses (-23°C) et à une humidité ambiante élevée (jusque 95% selon le distributeur). Il répond à la norme IP 65 requise pour la protection des matériels électriques dans les sites industriels.

c - L'ordinateur renferme le logiciel d'exploitation du spectrophotomètre, développé par la société ASDi. L'ordinateur est indépendant du spectrophotomètre, il n'est pas intégré. Pour l'essai, cet appareil a été fourni par le fabricant ; cependant, n'importe quel ordinateur pourrait être relié au QSBT (à condition d'être équipé du logiciel de gestion du spectrophotomètre).

³ Le protocole élaboré par l'équipe américaine pour mesurer la force de cisaillement implique une cuisson de la viande à 65°C à cœur. Cette température est largement supérieure à celle utilisée par le jury de dégustation dans l'étude de l'Institut de l'Élevage : 57°C à cœur.

⁴ Le ministère de l'agriculture américain (USDA) a développé un programme de notation des carcasses américaines, composé de 8 classes. Ce classement repose sur 2 critères : degré de gras intramusculaire (« marbling ») de la noix au niveaux de la 12^{ème} côte et âge de l'animal à l'abattage. Seules les 5 premières classes sont commercialisées en alimentation humaine : US Prime (environ 4 % des carcasses), US Choice, US Select, US Standard et US Commercial.

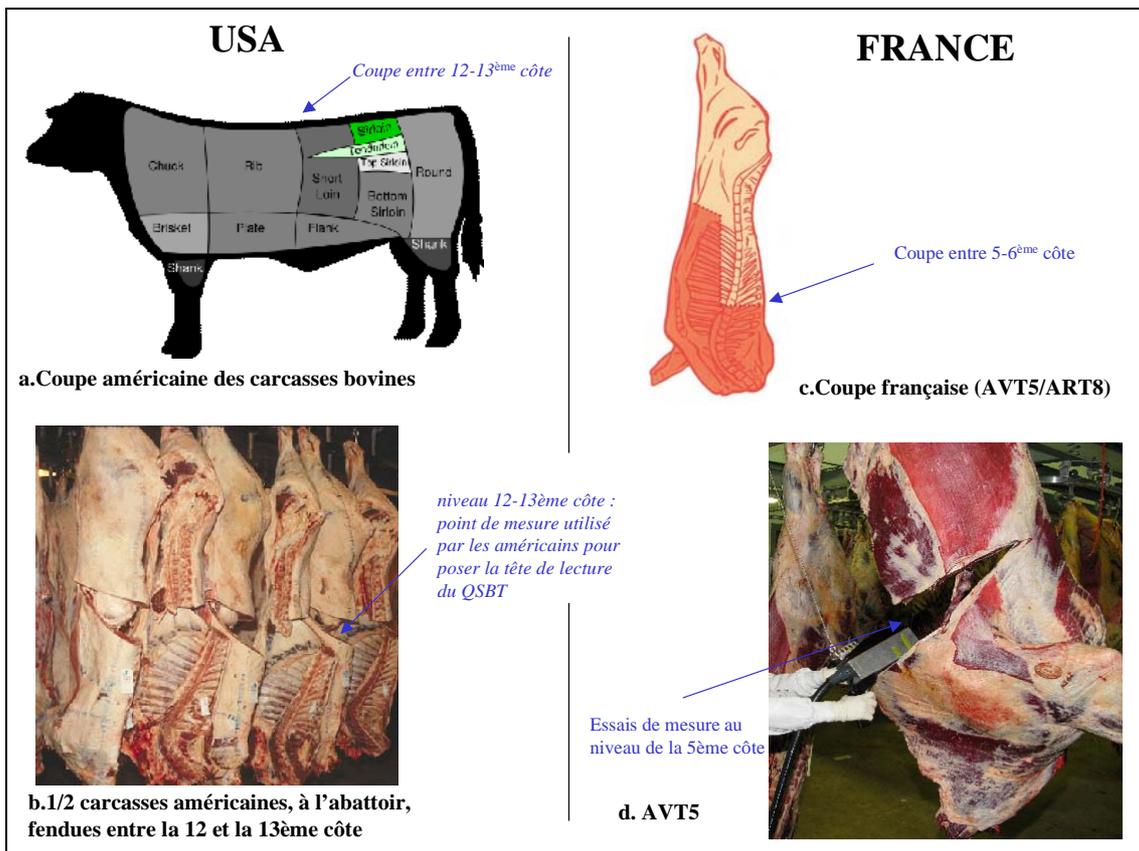


Figure 4 : Comparaison des modes américain et français de grosse coupe de bovins pour permettre les mesures avec le QSBT

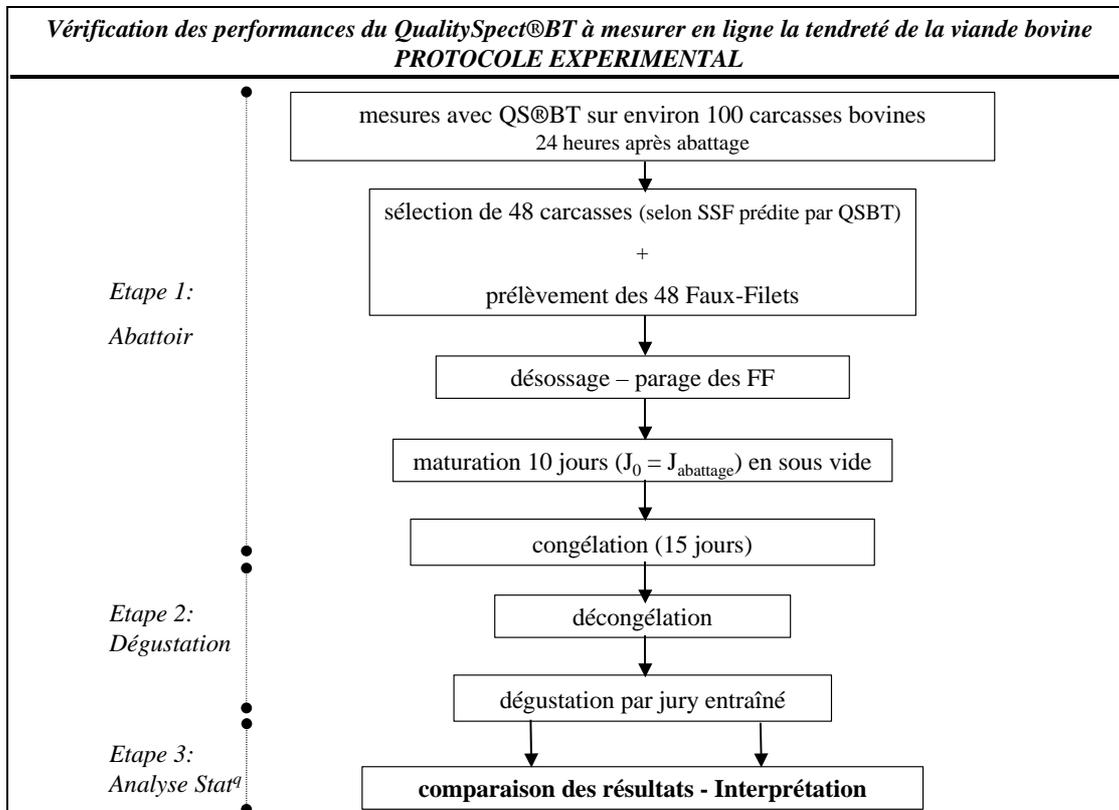


Figure 5 : Le protocole expérimental

2.1.3. Les mesures avec le QSBT

L'appareil est calibré pour des mesures effectuées juste après la coupe primaire de la demie-carcasse bovine sur la noix, entre la 12^{ème} et la 13^{ème} côte. En effet, aux Etats-Unis, la coupe en quartiers d'effectue entre la 12^{ème} et la 13^{ème} côte. C'est également à ce niveau que le « grading », selon la grille USDA, est effectué pour permettre le classement des carcasses (Figure 4).

L'appareil a donc été développé pour être utilisé sur la 12^{ème} côte, facilement accessible, après la coupe primaire, sur les chaînes américaines. Au cours de la mise au point de l'appareil, il a été montré que la mesure était influencée par le temps de ré-oxygénation de la viande au niveau du site de mesure. Les essais complémentaires réalisés sur des effectifs plus importants ont a priori permis de développer des équations de prédiction, indépendantes de ce biais.

La tête de lecture, dotée d'une poignée, est posée sur le muscle à évaluer (Figure 3). L'opérateur appuie sur une gâchette (située sur la poignée) pour déclencher le flash lumineux (en réalité, la machine effectue 40 flashs en 3 secondes). Le résultat, est directement disponible pour l'opérateur : la tête de lecture dispose de différentes diodes lumineuses qui s'allument en fonction du résultat. Celui-ci est binaire : bon/mauvais, « bon » signifiant « tendre » ! Deux autres diodes sont présentes : l'une précisant que la mesure est à refaire en cas d'erreur (mauvaise manipulation, résultat aberrant) et la seconde s'allume à intervalle régulier pour informer l'opérateur que la lecture est momentanément impossible car l'appareil effectue une auto-calibration.

Simultanément, l'écran de l'ordinateur affiche les résultats de la lecture. Le résultat binaire de la mesure apparaît ; mais surtout, la valeur de « slice shear force » (SSF) présumée est disponible. Elle apparaît sur l'écran de l'ordinateur (Figure 3). C'est cette force de SSF qui induit le classement en « tendre » ou « dur » et entraîne l'allumage de la diode correspondante. De plus, l'ordinateur permet un enregistrement des mesures dans un fichier de format txt. Les données sont référencées selon l'identifiant de la carcasse préalablement saisi au clavier. Il faut noter que le fabricant indique que l'incrémentation automatique d'un identifiant pour les carcasses mesurées est possible.

La mesure de la force de cisaillement est exprimée en kg. A titre d'exemple, les résultats obtenus aux Etats-Unis oscillent entre 5 et 35 unités, avec une majorité des valeurs inférieures à 20.

2.2. Le protocole expérimental

L'étude s'est déroulée en 3 étapes (Figure 5):

- étape 1 : Mise au point de la mesure avec l'appareil et mesure de la tendreté par le Quality Spec®BT sur 48 carcasses avec prélèvement des faux filets
-
- étape 2 : Evaluation de la tendreté des faux-filets prélevés par analyse sensorielle avec un jury d'expert.
-
- étape 3 : Analyse statistique des 2 séries de résultats pour comparer les 2 méthodes de mesure mises en œuvre.

2.2.1. Mise au point du protocole de mesure avec le Quality Spec®BT

En premier lieu, des essais à blanc ont été réalisés pour :

- mettre en œuvre le QSBT et déterminer son meilleur emplacement dans l'abattoir,
- étudier la répétabilité des mesures,
- avoir une connaissance de la population à mesurer pour ensuite choisir les animaux pour l'étude.

→ Mise en oeuvre du Quality Spec®BT:

A l'abattoir, la machine a été installée juste après la grosse coupe, selon les recommandations du fabricant.

Durant les essais à blanc, les premières mesures ont été faites après la coupe de la carcasse selon la coupe standart ART 8/AVT 5, sur le quartier avant. A ce niveau (5^{ème} côte), la noix d'entrecôte est facilement accessible (ce qui n'est pas le cas sur le quartier arrière) mais sa surface est plus ou moins grande selon les carcasses et plus petite qu'au niveau de la 12^{ème} côte (Figure 4). Dans ces conditions, la mesure avec le QSBT n'est pas fiable, car la tête de lecture est souvent plus grande que le diamètre du muscle et le scan a alors autant de chance d'être effectué sur la noix d'entrecôte que sur les muscles adjacents. En conséquence, il est impossible de garantir que la mesure soit réellement faite sur la coupe du muscle *Longissimus dorsi*. Par ailleurs, à l'emplacement choisi, le quartier est suspendu à une chaîne en mouvement. La vitesse d'avancée de la chaîne, même lente, n'a pas permis de stabiliser la tête de lecture du QSBT de façon satisfaisante pour envisager une mesure répétable. Enfin, la coupe est réalisée à la scie et n'est pas toujours plane ce qui gêne le positionnement de la tête de lecture. En conclusion, il n'est pas possible d'utiliser le QSBT au niveau de la coupe primaire sur le quartier avant au niveau de la 5^{ème} côte.

En conséquence, les modalités de coupe primaire ont été modifiées et le QSBT a été déplacé. En effet, pour permettre d'accéder à une coupe plus large du muscle *Longissimus dorsi* et ainsi avoir une noix toujours supérieure au diamètre scanné par la tête de lecture du QSBT, les opérateurs de l'abattoir ont spécifiquement préparé les carcasses. Le milieu de train de côtes a été levé afin d'accéder à la noix d'entrecôte, entre la 10^{ème} et la 11^{ème} côté. De plus, cette coupe a été réalisée au couteau ce qui produit, en général, une surface plane, plus appropriée à la mesure.

La mesure du muscle à ce niveau, dans les conditions les plus proches des recommandations du fabricant, a donc été rendue possible.

En même temps, le QSBT a été déplacé pour être installé sur une chaîne non automatisée, en parallèle de la 1^{ère} chaîne. Cela a permis de réaliser les essais de répétabilité (voir ci-dessous), avec une carcasse à l'arrêt, sans être gêné par la vitesse de chaîne.

Le QSBT a été installé, juste après la grosse coupe. Les mesures ont été effectuées sur la noix de côte au niveau de la 10^{ème} côte obtenue après la coupe de la carcasse en quartiers arrières traités à 8 côtes selon la coupe standardisée ART 8 et avec le milieu de train de côtes séparé.

→ Etude de la répétabilité des mesures effectuées avec le QSBT :

Le protocole préconisé par le constructeur de l'appareil indique qu'une seule mesure doit peut être effectuée par carcasse. Afin de vérifier la fiabilité de la mesure, des essais de répétabilité ont été réalisés sur carcasses.

Les mesures ont porté sur 172 demies carcasses, issues de 86 animaux (bovins destinés au circuit catégoriel : jeunes bovins, vaches laitières et boeufs). Chaque demi carcasse a fait l'objet de 4 mesures répétées avec le QSBT (mesures effectuées sur la 10^{ème} côte). Les résultats sont décrits ci-après :

Caractéristiques des mesures réalisées :

(N = 172)	Mesure QSBT (kg)
Moyenne	27.99
Minimum	18.1
Maximum	34.8
Ecart type	3.456

Les analyses statistiques montrent que l'écart moyen entre les notes d'une même demi carcasse est de l'ordre de 2,45 kg. L'« erreur de mesure » par demi carcasse approche donc 25 % de la plage totale de variation des mesures obtenues avec le QSBT (18,1 à 34,8 kg) pour les animaux de la population de l'essai. Cette répétabilité n'est pas satisfaisante. En effet, pour avoir une « erreur de mesure » de l'ordre de 5 % (valeur communément jugée acceptable), l'écart moyen entre les différentes notes d'une même demi carcasse ne devrait pas dépasser 0,5 unité. Il n'a pas été possible de comparer ces chiffres à la bibliographie qui ne présente aucune donnée de répétabilité.

Compte tenu des résultats obtenus, il a été décidé, pour l'essai proprement dit, de réaliser 2 mesures successives par carcasse avec le QSBT. Cette mesure est ensuite jugée acceptable si la différence entre ces 2 mesures n'est pas supérieure à 0,5 kg. La valeur moyenne des 2 mesures a été retenue. Le faux-filet de l'animal a alors fait l'objet d'un prélèvement. En cas de différence plus élevée, la demie carcasse a été écartée de l'essai.

Aucun test sur la reproductibilité de la mesure n'a été effectué. Afin de fiabiliser la mesure et d'éviter un éventuel effet opérateur, toutes les mesures de l'essai ont été effectuées par la même personne.

→ *Distribution des carcasses bovines françaises avec le Quality Spec®BT.*

Une étude préalable a consisté à mesurer la distribution des valeurs obtenues avec le QSBT sur des carcasses françaises, avant la mise en œuvre de l'essai proprement dit.

Les travaux américains ayant servis à la calibration du QSBT (n=146) montrent une distribution des valeurs de 9,2 kg à 45,5 kg, avec une moyenne de 18,6, un écart-type de 6,7 et seules 18 % des mesures sont supérieures à 24,5 kg. Dans un second essai, seules 4,9 % des carcasses sont supérieures à 25 kg (Shackelford et al., 2005 ; Wheeler et al., 2007). De fait, la valeur seuil qui a été désignée pour classer les carcasses en tendre ou dure, 21,4 kg, a été délibérément choisie de façon à ce que 80 % de la population bovine américaine y soit inférieure de façon certaine.

Les essais réalisés sur les carcasses françaises montrent une répartition très différentes. Sur 172 demies carcasses mesurées, issues de 86 animaux (bovins destinés au circuit catégoriel : jeunes bovins, vaches laitières et bœufs), les résultats se répartissent entre 18,1 et 34,8 kg.

Parmi ces carcasses, seules quelques unes sont inférieures au seuil fixé par les Américains pour permettre le classement en « tendre » et seules 20 % avaient une valeur inférieure à 26. Compte tenu de cette répartition, le protocole a été établi de la façon suivante :

Il a été décidé de choisir des animaux dont les valeurs s'étaleraient sur l'ensemble de la gamme de valeurs (18 à 32 kg) observée pendant les essais à blanc. Pour ce faire, les valeurs obtenues ont été classées en ordre croissant. Quatre classes d'effectifs égaux ont été établies. Les valeurs seuil séparant ces classes ont été repérées : 26,5 kg, 29 kg et 31 kg. Ainsi, lors de l'essai, les animaux ont été sélectionnés, à partir des valeurs de SSF annoncées par le QSBT, afin de recréer, au mieux, ces classes et retrouver une distribution similaire à ces essais préparatoires.

Chacune des 4 classes contient 12 animaux, pour obtenir les 48 requis pour l'essai :

Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
note QSBT <26,5	26,5 ≤ note QSBT < 29	29 ≤ note QSBT < 31	31 < note QSBT
n=12 animaux	n=12 animaux	n=12 animaux	n=12 animaux

Pour l'essai proprement dit, il a été décidé de choisir des animaux dont les valeurs s'étaleraient sur l'ensemble de la gamme de valeurs (18 à 32 kg) observées pendant les essais à blanc.

-Remarque-

Afin d'établir une distribution homogène, un maximum de classe est requis. Un essai a été tenté en créant 5 classes : les seuils étaient alors trop proches les uns des autres au regard de l'erreur de mesure discuté lors des essais préparatoire et fixé à 0,5 unité. A contrario, utiliser 3 classes n'est pas suffisant pour couvrir une large plage de mesures.

2.2.2. Etape 1 : Mesures avec le Quality Spec®BT

→ *Choix des animaux :*

Les mesures de l'essai ont été réalisées sur des animaux destinés à la découpe. Il s'agissait de vaches et de jeunes bovins. Les mesures avec le QSBT ont été réalisées entre 20 et 40 minutes après la coupe primaire.

Suivant les conclusions tirées des essais à blanc, la mesure avec le QSBT a été répétée plusieurs fois, sur une noix d'une même demie carcasse, pour avoir différentes valeurs⁵ et tester la fiabilité de la mesure. Une centaine de carcasses a été mesurée afin de pouvoir sélectionner les 48 ayant fait l'objet d'un prélèvement de faux-filets.

La sélection des 48 carcasses, parmi les 100, a été faite sur la base des règles suivantes :

- élimination des carcasses pour lesquelles la répétition des mesures n'était pas significative (écart > 0.5),
- reconstitution des classes de distribution des valeurs de SSF (obtenues pendant les mesures préparatoires) (voir 2.2.1),
- élimination des carcasses dont le pH ultime était supérieur à 6.

-Remarque-

Pour l'essai, la centaine d'animaux a été choisie en fonction des contraintes pratiques et commerciales de l'abattoir.

Pour ces carcasses, des informations descriptives complémentaires ont été récoltées :

- catégorie de l'animal
- âge
- race
- poids de carcasse
- mesure de pH
- note de persillée de la noix d'entrecôte (grille USDA)

Les caractéristiques des animaux sont présentés dans le tableau 1.

Tableau 1 : Description des 48 animaux testés

	Jeunes bovins			Vaches			Tous		
Effectif	16			32			48		
Race	Prim holstein n=16			Prim holstein n=24 / Normande n=5 / Norm X Prim-h n=3			-		
	<i>Moy.</i>	<i>Min / Max</i>	<i>ET</i>	<i>Moy.</i>	<i>Min / Max</i>	<i>ET</i>	<i>Moy.</i>	<i>Min / Max</i>	<i>ET</i>
Age (mois)	16,6	15 / 19	1	84	51 / 148	26,3	62	15 / 148	39
Poids carcasse (kg)	329,2	297,1 / 365,9	16,9	338,2	274,8 / 398,9	32,2	335,2	274,8 / 398,9	28,2
Note de persillé	3,1	3 / 4	nd	4	3 / 7	nd	4	3 / 7	nd

⁵ Les mesures ont été répétées plusieurs fois sur chaque demie carcasse de façon à vérifier la répétabilité de la mesure. 2 ou 4 mesures sont donc disponibles pour chaque demie carcasse. L'étude statistique de répétabilité menée sur les valeurs obtenues lors des essais préparatoires a montré que pour qu'une mesure soit fiable, 2 mesures successives sur un même muscle ne doivent pas différer de 0,5 unité.

→ *Préparation des muscles :*

Les faux-filets (correspondant à la demie carcasse mesurée) ont été prélevés. Après désossage et parage, ils ont été mis sous-vide. La conservation de la viande a eu lieu au laboratoire de l'Institut de l'Élevage, sous température constante de + 2°C. Après 10 jours de maturation, les faux filets ont été congelés.

2.2.3. Etape 2 : Dégustation par le jury d'experts

Pour les séances de dégustation, les faux-filets ont été décongelés lentement (20 heures à 8°C) et remis en température ambiante avant cuisson (1 heure).

Les 48 faux-filets ont fait l'objet d'une dégustation de type monadique par un jury d'expert. C'est-à-dire qu'ils ont été goûtés et notés un à un au cours d'une séance de dégustation. Les produits ont été présentés aux dégustateurs de manière anonyme, dans les mêmes conditions de température, de quantité et dans les mêmes récipients.

Il est impossible de déguster tous les échantillons en 1 seule séance : en conséquence, 4 séances d'analyses sensorielles (4 x 12 animaux différents) ont été réalisées par le jury d'experts de Villers-Bocage (12 dégustateurs), réparties sur 2 semaines. Au total, 48 animaux ont été dégustés par 12 experts durant 4 séances : les 48 échantillons ont été répartis entre les séances de façon à respecter la distribution des mesures de la machine selon les classes établies lors des essais préparatoires (3 faux-filets ont été tirés au sort dans chacune des 4 classes établies lors des mesures avec le QSBT). Chaque échantillon a été dégusté 12 fois.

Pour la dégustation, les morceaux de viande ont été découpés en cube de 5 cm de côté, formant ainsi des « mini-rôtis » (poids variant de 50 à 80 g).

La cuisson est de type « rôti ». Les fours utilisés sont des fours "à moufle" de marque "thermolyne". 8 « minis rôtis cubiques » ont été enfournés ensemble à 310°C, pour une durée de 7 minutes. Le degré de cuisson est « saignant », avec une température finale à cœur de 57°C.

La salle de dégustation est normalisée et éclairée par une lumière blanche.

La tendreté de chacun des morceaux a été notée sur une échelle non structurée allant de 0 (extrêmement dur) à 100 (extrêmement tendre).

2.2.4. Etape 3 : Traitement statistique des données

Les études de corrélation entre les notes obtenues par le QSBT et les notes dispensées par le jury d'experts ont été traitées avec le logiciel SAS micro.

Tableau 2: Notations avec le QSBT des 48 demies carcasses (seules les valeurs en gras ont été retenues pour l'étude)

n° tuerie	cat	race	âge	poids froid	pH	persillé	scan1-gauche	scan2-gauche	scan3-gauche	scan4-gauche	scan5-droite	scan6-droite	scan7-droite	scan8-droite	sca retenu	coté r
6360	VH	6666	88	333,8	5,46	4,5	12,8	16,2	12,7	14,8					14,125	G
173	JB	6666	16	323,4	5,69	4,0	23,9	20,4	19,9	19,7					20,98	G
237	VH	6666	62	342,8	5,5	3,0	21,9	21,1	22,2	21,4					21,65	G
6285	JB	6666	16	332,8	5,77	3,0	22,3	21,1	22,2						21,87	G
211	VH	6666	84	342,0	5,58	4,0	22	22	23	22,8					22,45	G
177	JB	6666	19	314,4	5,64	3,0	23,8	23,2	24,9	22					23,48	G
209	VH	6666	77	333,2	5,7	3,0	24,9	25,2	24,9	25,2					25,05	G
245	VH	6666	65	373,6	5,64	3,0					25,3	27,5	24,8	24,4	25,50	D
6400	VH	5656	139	345,5	5,44	5,5	28,8	29,7	28	29,5	26,2	25,6	25,3		25,70	D
244	VH	6666	54	304,2	5,61	4,0	26,4	25,4	25,4	26					25,80	G
5	VH	6666	104	293,0	5,39	4,0	27,4	28	26,7	28,9	25,8	25,6	25,6	26,4	25,85	D
243	VH	6666	53	335,7	5,52	3,0					24,8	25,4	28,1	25,4	25,93	D
8	VH	6666	64	398,9	5,49	4,5	24,9	26,1	26,7	26,8					26,13	G
4	VH	6666	87	373,0	5,47	5,0	25,3	27,2	26,6	26,6					26,43	G
6282	JB	6666	16	312,0	5,93	3,0	29,7	29,1	28	30,6	25,8	27,6	25,5	27,3	26,55	D
184	JB	6666	16	341,1	5,62	3,0	27,6	26,9	28,7	26,5	26,3	26,5	26,5	27,3	26,65	D
6404	VH	5656	66	380,8	5,35	4,0	26,9	26,7							26,80	G
6362	VH	6666	132	320,3	5,75	3,0	28,4	29,2	25,7	24	26,9	26,8			26,85	D
6366	VH	6666	53	376,5	5,43	4,0	27,7	26,3	27,2	26,4					26,90	G
6367	VH	6666	94	339,5	5,53	5,0					25,5	27,6	28,1	27,9	27,28	D
172	JB	6666	16	304,8	5,6	3,0					27,6	27,5	28	26,9	27,50	D
6364	VH	6666	148	302,2	5,8	3,0	27,5	27,7							27,60	G
201	VH	6666	52	389,6	5,61	6,0	27,3	29,6	25,6	27,3	27,2	26,7	27,4	29,7	27,75	D
169	JB	6666	18	351,0	5,65	3,0					28,3	27,7	27,8	28	27,95	D
183	JB	6666	18	335,0	5,65	3,0	26,5	28,4	30,3	28,1	27	28,3	28,9	28,4	28,15	D
6402	VH	5656	64	336,3	5,7	5,0	28,3	28							28,15	G
6382	VH	6666	64	363,0	5,66	5,0	28,4	28,2							28,30	G
167	JB	6666	16	330,8	5,83	3,0	28,1	28,8	29,1	28,3					28,58	G
208	VH	6666	75	317,1	5,67	4,0	27	28	28,2	29	28	28,8	29,1	28,6	28,63	D
6398	VH	5656	69	286,9	5,38	3,5					28,8	28,6			28,70	D
171	JB	6666	17	331,6	5,6	3,0					29,4	29,1	27,6	29,1	28,80	D
232	VH	6666	111	365,5	5,65	4,0	27,7	28,1	28,1	29,1	29,1	28,8	29,3	29,1	29,08	D
6384	VH	6666	94	333,0	5,74	3,0	29,3	28,8	29,3	29					29,10	G
6388	VH	6666	103	274,8	6,07	3,0	29,3	28,8	29,6	29,4	27,1	28,8	23,2		29,28	G
356	VH	5666	108	312,0	5,87	3,0	27,3	28,7	31	30	29,5	29,2			29,35	D
6286	JB	6666	15	325,8	5,63	3,0					29,3	29,5			29,40	D
6363	VH	6666	66	323,2	5,76	3,0	28,9	29,5	29,3	30					29,43	G
351	VH	6656	51	333,4	5,76	6,0	28,9	29,1	30	30	28,3	28,2	27,1	28,9	29,50	G
238	VH	6666	100	373,2	5,53	7,0	30,3	30	29,3	29,6					29,80	G
378	VH	5666	61	301,3	5,87	3,0	29,1	29,5	30,2	31,2	28,3	28,8	28,1	28,7	30,00	G
6391	VH	5656	105	381,4	5,93	3,0	29,5	25,8	30,3	27,7	29,9	30,2			30,05	D
176	JB	6666	17	335,4	5,69	3,0	30,4	29,7	30,3	30,4					30,20	G
170	JB	6666	17	332,5	5,6	4,0	30,9	29,7	30,5	30,4					30,38	G
6292	JB	6666	17	297,1	5,77	3,0	28,5	32,4	30	30,8	21,5	28,4	26,2		30,43	G
6365	VH	6666	87	302,0	6,01	3,0					28,5	30,1	31,8	32	30,60	D
6385	VH	6666	109	335,2	5,6	3,0	30,6	30,7							30,65	G
6283	JB	6666	15	334,0	5,83	3,0	27,9	27	28,8	27	30,4	30,1	31,4	31,3	30,80	D
168	JB	6666	17	365,9	5,74	3,0	30,1	31,8	31,4	29,9					30,80	G

III. Résultats et Discussion

3.1. Résultats des analyses statistiques

3.1.1. Etude descriptive des notations avec le QSBT

Distribution des résultats de mesure avec le QSBT :

La distribution des 48 carcasses retenues est présentée dans le tableau 2. La répartition est différente de celle initialement prévue, il n'a pas été possible de recueillir des carcasses pour les valeurs extrêmes, hautes et basses. Au final, les seuils des nouvelles classes ont été modifiés comme suit (note moyenne obtenue avec le QSBT) :

Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
note QSBT <26	26 ≤ note QSBT < 28	28 ≤ note QSBT < 29,5	29,5 < note QSBT
n=12 animaux	n=12 animaux	n=12 animaux	n=12 animaux

La distribution s'étend de 12,7 kg à 32,4 kg, avec une moyenne de 27,1 un écart-type de 3,4 (Tableau 2). Parmi les 48 carcasses, seules 4 ont présenté au moins une note inférieure à 21,4 kg (sur la base du seuil de différenciation tendre/dur utilisé aux Etats Unis).

Il n'y a pas de différence notable des notes de QSBT en fonction de la note de persillée. Le lot est très homogène pour ce paramètre : les notes varient de 3 à 7, avec 80% des notes comprises entre 3 et 4.

3.1.2. Etude descriptive des notations par le jury de dégustation

Les 48 faux filets ont été dégustés lors de 4 séances de dégustation.

Les notes de tendreté s'étendent de 1 à 98, et la moyenne des notes reçues s'étend de 16,55 à 79,55 (tableau 3). L'étendue de ces notes montre que des différences réelles de tendreté existent entre les différents animaux de la population dégustée.

n° animal	Note moyenne juge	Ecart type	Min	Max	Note moyenne machine	Ecart type	Min	Max
378	16.55	11.38	2.00	38.00	30.00	0.920144916	29.1	31.2
6292	19.45	18.54	1.00	61.00	30.43	1.625576821	28.5	32.4
6388	21.00	15.55	3.00	55.00	29.28	0.340342964	28.8	29.6
243	21.55	16.51	8.00	67.00	25.93	1.47732867	24.8	28.1
6365	21.55	15.97	8.00	61.00	30.60	1.639105447	28.5	32
6286	23.82	8.61	10.00	40.00	29.40	0.141421356	29.3	29.5
6362	30.18	18.86	3.00	59.00	26.85	0.070710678	26.8	26.9
6400	30.55	17.82	8.00	62.00	25.70	0.458257569	25.3	26.2
6384	32.42	14.11	10.00	53.00	29.10	0.244948974	28.8	29.3
356	35.27	24.27	1.00	76.00	29.35	0.212132034	29.2	29.5
6398	35.73	20.06	10.00	68.00	28.70	0.141421356	28.6	28.8
209	36.09	17.92	7.00	66.00	25.05	0.173205081	24.9	25.2
351	37.18	24.44	9.00	82.00	29.50	0.583095189	28.9	30
6402	39.18	20.73	8.00	66.00	25.70	0.458257569	25.3	26.2
238	42.09	16.76	13.00	67.00	29.80	0.439696865	29.3	30.3
8	44.75	18.42	15.00	70.00	26.13	0.87321246	24.9	26.8
6382	46.75	20.08	10.00	86.00	28.30	0.141421356	28.2	28.4
237	48.36	23.93	7.00	78.00	21.65	0.493288286	21.1	22.2
5	50.36	23.61	16.00	96.00	25.85	0.37859389	25.6	26.4
6391	51.36	13.54	21.00	69.00	30.05	0.212132034	29.9	30.2
170	52.50	19.91	18.00	79.00	30.38	0.499165971	29.7	30.9
6364	52.64	23.31	9.00	88.00	27.60	0.141421356	27.5	27.7
232	53.27	19.41	18.00	83.00	29.08	0.206155281	28.8	29.3
167	53.82	20.68	23.00	92.00	28.58	0.457347424	28.1	29.1
211	54.42	20.41	12.00	88.00	22.45	0.525991128	22	23
176	54.55	20.04	20.00	94.00	30.20	0.336650165	29.7	30.4
245	55.09	20.28	8.00	79.00	25.50	1.383232928	24.4	27.5
208	56.08	23.45	15.00	86.00	28.63	0.464578662	28	29.1
6404	56.92	20.48	23.00	89.00	26.80	0.141421356	26.7	26.9
6367	57.82	15.69	17.00	75.00	27.28	1.201041215	25.5	28.1
6360	59.00	18.64	27.00	83.00	14.13	1.687947472	12.7	16.2
6363	60.50	19.87	18.00	82.00	29.43	0.457347424	28.9	30
6283	61.08	19.59	19.00	86.00	30.80	0.64807407	30.1	31.4
6366	61.91	12.93	33.00	82.00	26.90	0.668331255	26.3	27.7
183	64.36	19.39	16.00	88.00	28.15	0.810349719	27	28.9
201	64.50	15.78	20.00	86.00	27.75	1.332916602	26.7	29.7
169	65.45	11.28	47.00	84.00	27.95	0.264575131	27.7	28.3
4	65.64	27.16	6.00	98.00	26.43	0.801560977	25.3	27.2
172	65.91	17.99	39.00	91.00	27.50	0.454606057	26.9	28
184	67.09	19.16	27.00	88.00	26.65	0.443471157	26.3	27.3
168	67.45	11.91	52.00	86.00	30.80	0.941629793	29.9	31.8
6385	68.73	13.78	46.00	93.00	30.65	0.070710678	30.6	30.7
6282	70.18	7.37	63.00	84.00	26.55	1.053565375	25.5	27.6
244	70.83	18.47	24.00	96.00	25.80	0.489897949	25.4	26.4
171	71.36	12.39	51.00	88.00	28.80	0.81240384	27.6	29.4
173	71.83	13.11	38.00	89.00	20.98	1.972097023	19.7	23.9
177	73.45	10.81	60.00	89.00	23.48	1.209338662	22	24.9
6285	79.55	11.86	63.00	94.00	21.87	0.665832812	21.1	22.3

Tableau 3 : Mise en correspondance des notes « moyennes dégustation » et des notes « moyennes QSBT »

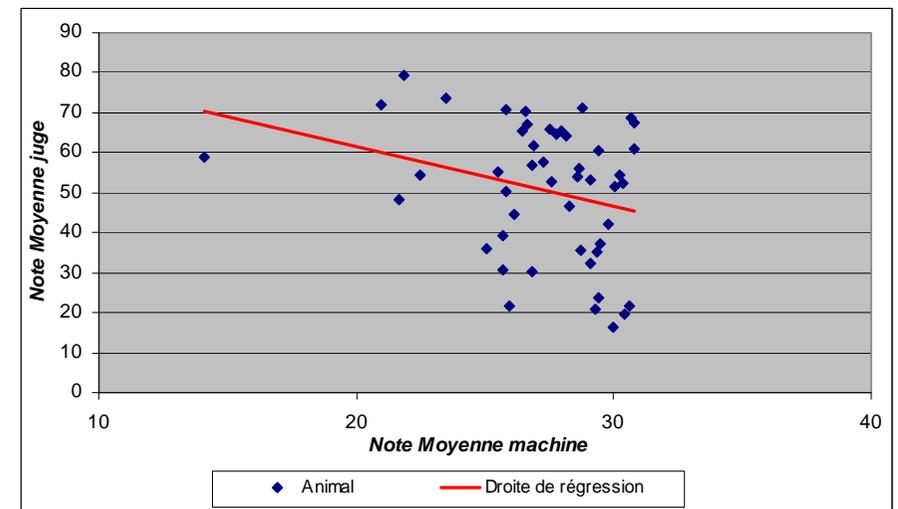


Figure 6: répartition des notes "moyennes dégustation" en fonction des notes "moyennes QSBT"

3.1.3. Mise en correspondance des notations obtenues avec le QSBT avec celles des juges du jury dégustation

Les analyses statistiques ont consisté à mettre en correspondance les notes obtenues par un animal lors de la mesure avec le QSBT et celles obtenues lors de la dégustation par le jury d'experts (Tableau 3). La note moyenne QSBT correspond à la moyenne des 2 ou 4 valeurs disponibles pour chaque animal ; la note moyenne juge correspond à la moyenne des 12 notes obtenues par les juges lors de la dégustation.

La figure 6 représente la répartition de ces 2 jeux de notes. L'analyse statistique menée permet d'obtenir un coefficient de corrélation de $-0,282$ ($R^2=0,08$). Cette valeur est faible et traduit la très mauvaise concordance entre les 2 jeux de notes : **la concordance est très faible entre les notes moyennes obtenues avec le QSBT et les notes données par le jury de dégustation.**

- Remarque -

La corrélation est négative car les notes du QSBT varient inversement aux notes de dégustation : une viande supposée « tendre » obtiendra une valeur basse avec le QSBT et haute avec les juges, et inversement pour une viande supposée « dure ». Une corrélation parfaite entre la note QSBT et la note de dégustation par le jury aurait été une valeur de -1 .

Une étude de corrélation supplémentaire a été menée. Elle a consisté à mettre en concordance la moyenne des notes juges avec cette fois-ci 1 seule des différentes notes obtenues par le QSBT pour chacun des 48 faux-filets. Cette note a été tirée au sort parmi les différentes obtenues avec le QSBT (2 ou 4 notes selon les carcasses qui avaient été faites pour mesurer la répétabilité de la mesure - Tableau 2). Ce cas de figure a été testé afin de se mettre dans la configuration terrain pour laquelle le QSBT a été développé : une seule mesure avec le QSBT suffit pour qualifier la carcasse. Le coefficient de corrélation ainsi obtenu est de $-0,302$, soit très peu différent de la valeur précédente ($-0,282$). Ceci s'explique parce que lors de l'essai, seules les carcasses avec une répétabilité satisfaisante ont été retenues donc il y a peu de variation individuelle dans un jeu de notes. Cette nouvelle étude ne met pas plus en évidence que la précédente une concordance entre les 2 types de mesures.

- Remarque -

Une autre analyse statistique a été effectuée, en retirant le point atypique (représenté sur la figure 6 à droite du nuage de points, de coordonnées : [14, 13 ; 59]) : les résultats obtenus ne sont pas très différents ($R^2 = 0,1$)

Enfin, une dernière étude de corrélation a été réalisée sur l'ensemble du jeu de données et non plus seulement les moyennes, pour essayer de mesurer les différents effets influençant le coefficient de corrélation obtenu. Ainsi, à chaque animal a été associé les 12 notes des juges et les 2 à 4 mesures de QSBT.

Afin d'avoir une appréciation globale de cette corrélation jury de dégustation/QSBT, une analyse de variance a été menée sur les corrélations calculées précédemment. La corrélation obtenue n'est pas une moyenne de toutes les corrélations notes QSBT/notes dégustation calculées précédemment, mais est une corrélation ajustée des effets juges et séances. Ce nouveau coefficient de corrélation est de $-0,253$, soit un R^2 de 0.06 (intervalle de confiance compris entre $-0,263$ et $-0,243$).

En conclusion, il n'y a pas de concordance entre les notes enregistrées avec le QSBT et les notes données par le jury lors des dégustations sur les mêmes faux-filets.

Tableau 4 : Création de lot « tendre » et lot « dur » en fonction des notes du QSBT
 en jaune = « lot tendre » : animaux dont la note moyenne QSBT est < 25 kg
 en vert = « lot dur » : animaux dont la note moyenne QSBT est > 25 kg

<i>animal</i>	<i>Note moyenne machine</i>	jugé			
		<i>Moyenne</i>	<i>Ecart type</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
237	21.7	48.4	23.9	7	78
211	22.5	54.4	20.4	12	88
6360	14.1	59.0	18.6	27	83
173	21.0	71.8	13.1	38	89
177	23.5	73.5	10.8	60	89
6285	21.9	79.5	11.9	63	94
378	30.0	16.5	11.4	2	38
6292	30.4	19.5	18.5	1	61
6388	29.3	21.0	15.5	3	55
243	25.9	21.5	16.5	8	67
6365	30.6	21.5	16.0	8	61
6286	29.4	23.8	8.6	10	40
6362	26.9	30.2	18.9	3	59
6400	25.7	30.5	17.8	8	62
6384	29.1	32.4	14.1	10	53
356	29.4	35.3	24.3	1	76
6398	28.7	35.7	20.1	10	68
209	25.1	36.1	17.9	7	66
351	29.5	37.2	24.4	9	82
6402	25.7	39.2	20.7	8	66
238	29.8	42.1	16.8	13	67
8	26.1	44.8	18.4	15	70
6382	28.3	46.8	20.1	10	86
5	25.9	50.4	23.6	16	96
6391	30.1	51.4	13.5	21	69
170	30.4	52.5	19.9	18	79
6364	27.6	52.6	23.3	9	88
232	29.1	53.3	19.4	18	83
167	28.6	53.8	20.7	23	92
176	30.2	54.5	20.0	20	94
245	25.5	55.1	20.3	8	79
208	28.6	56.1	23.4	15	86
6404	26.8	56.9	20.5	23	89
6367	27.3	57.8	15.7	17	75
6363	29.4	60.5	19.9	18	82
6283	30.8	61.1	19.6	19	86
6366	26.9	61.9	12.9	33	82
183	28.2	64.4	19.4	16	88
201	27.8	64.5	15.8	20	86
169	28.0	65.5	11.3	47	84
4	26.4	65.6	27.2	6	98
172	27.5	65.9	18.0	39	91
184	26.7	67.1	19.2	27	88
168	30.8	67.5	11.9	52	86
6385	30.7	68.7	13.8	46	93
6282	26.6	70.2	7.4	63	84
244	25.8	70.8	18.5	24	96
171	28.8	71.4	12.4	51	88
Total		51.0	24.0	1.00	98.00

3.1.4. Capacité du QSBT à reconnaître les carcasses « tendres »

Constitution des lots :

Afin de mesurer la capacité du QSBT à détecter les carcasses « tendres », 2 lots ont été établis à partir des notes obtenues avec le QSBT : un lot « tendre » et un lot « dur ». Les notes obtenues en dégustation ont ensuite été mises en correspondance pour voir si le jury de dégustation avait classé « tendre » les mêmes animaux.

La valeur seuil de différenciation des 2 lots a été choisie à 25 kg. Cette valeur correspond à celle utilisée par les Américains pour différencier « tendre » et « dur » dans leurs essais de validation.

En conséquence, il a été décidé que :

- le lot « tendre » est composé de tous les animaux dont au moins l'une des notes QSBT était ≤ 25 kg ;
- le lot « dur » est composé des animaux dont aucune des notes n'était ≤ 25 kg.

La répartition des points par lot est présentée sur la figure 7.

Description des lots (Tableau 4) :

Le lot « tendre » est composé de 6 animaux.

Les notes moyennes obtenues pour ces animaux lors des dégustations s'étendent de 48,4 à 79,5 avec des écarts-types variant de 10,3 à 23,9.

La note moyenne de ce lot est 64,4 (intervalle de confiance : [51,2 ; 77,7]).

Le lot « dur » est composé des 42 autres animaux.

Les notes moyennes obtenues pour ces animaux lors des dégustations s'étendent de 16,5 à 71,4 avec des écarts-types variant de 7,4 à 27,2.

La note moyenne de ce lot est 48,89 (intervalle de confiance : [43,8 ; 53,9]).

Analyse de variance :

L'analyse de variance qui a été menée démontre que les moyennes de chacun des lots sont significativement différentes ($p=0,03$).

Cependant cette différence est à prendre avec précaution car :

- les 2 lots ne sont pas équilibrés. Le lot « tendre » ne comprend que 6 animaux, alors que le lot « dur », 42.

-des animaux très « tendres » selon le jury de dégustation se trouvent dans le lot « dur ». Surtout, certains de ces animaux classés « tendres » selon le jury le sont de façon unanime : les écarts-types sur les notes de dégustation sont parmi les plus faibles de toutes. Les animaux n° 6282 ou 171 illustrent parfaitement cette situation (Tableau 5). Leurs notes données par le jury de dégustation sont très concordantes (70,2 pour la première avec un écart type de 7,4 points, et 71,4 pour la seconde, avec un écart type de 12,4 points) ce qui a permis de classer ces viandes parmi les plus tendres de l'essai de façon unanime. A contrario, leurs 2 notes obtenues avec le QSBT sont très nettement supérieures à la valeur de 22, à savoir respectivement 26,6 et 28,8 kg, entraînant un classement dans le lot « dur » par la machine. Ces 2 animaux ne sont donc pas distingués de la même façon par les 2 méthodes.

Néanmoins, il n'y a pas dans le lot « tendre » d'animaux déclarés « durs » par le jury de dégustation. Le QSBT n'a pas classé « tendres » des animaux qui auraient été jugés « durs » par le jury de dégustation.

Afin de compléter cette analyse, une seconde analyse de variance a été réalisée en plaçant le seuil du QSBT de tel façon à séparer les carcasses en 2 lots d'un même effectif ($n=24$). Les caractéristiques des lots sont données ci-après :

	Lot 1			Lot 2		
	Moy.	Min/Max	ET	Moy.	Min/Max	ET
Mesures QSBT (kg)	25	14.1/27.8	3.04	29.5	28/30.8	0.87
Notes de tendreté	55.3	21.5/79.5	15.27	46.3	16.5/71.4	17.34

La répartition des points par lot est présenté dans la figure 8. L'analyse de variance réalisée ne montre pas de différence significative entre ces 2 lots au seuil de 5%, même si une tendance se dégage, car ces moyennes sont significativement différentes au seuil de 10%

Au-delà de l'absence de corrélation entre le QSBT et l'analyse sensorielle, ces derniers résultats montrent que le QSBT serait capable de détecter des carcasses tendres, même si cela reste à confirmer.

Figure 7 : Répartition des carcasses des Lot 1 et 2 en fonction de la note de QSBT (seuil à 25 kg)

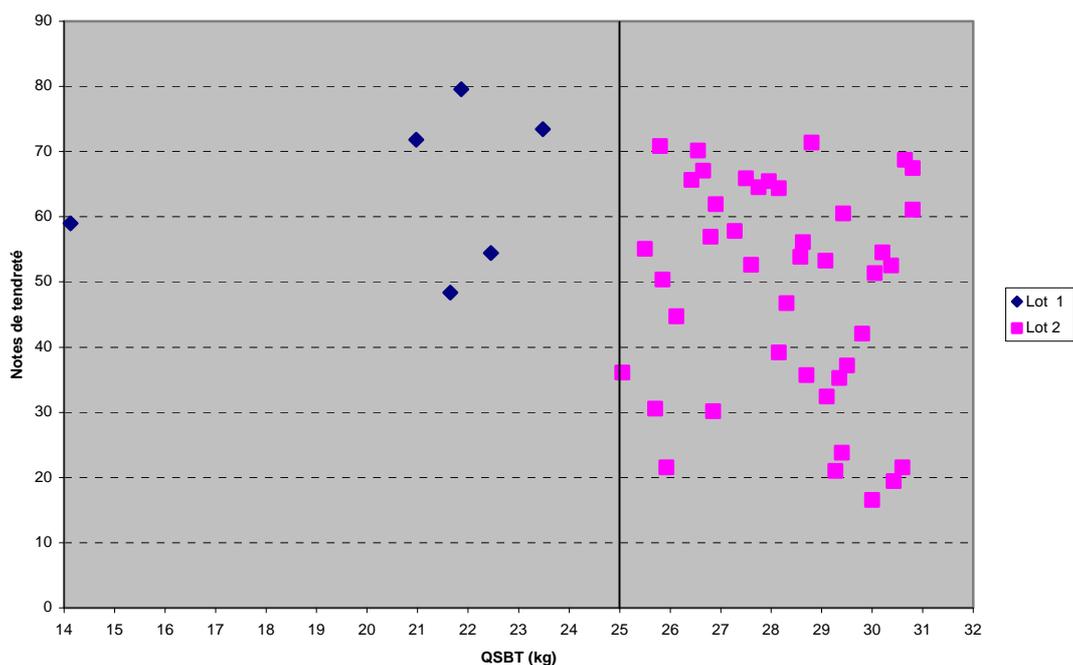
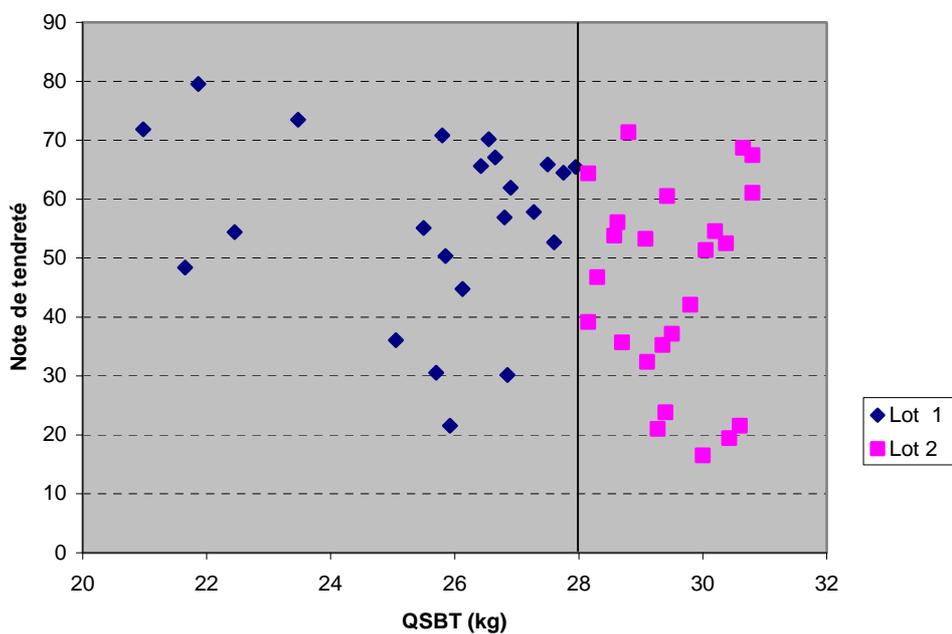


Figure 8 : Répartition des carcasses des Lot 1 et 2 en fonction de la note de QSBT afin d'obtenir 2 échantillons de taille égale (seuil à 28 kg)



3.1.5. Mise en concordance des notations obtenues avec le QSBT avec des mesures de compression

Enfin, compte tenu des résultats de concordance obtenus entre le QSBT et l'analyse sensorielle, une étude complémentaire a été réalisée afin de comparer les mesures de force de compression avec celle du QSBT.

Ces mesures de force de compression ont été réalisées selon le protocole développé par l'INRA. Selon ce protocole, 10 mesures sont réalisées par échantillon. La viande est crue. Différentes mesures sont enregistrées :

- la contrainte maximale (Newton / cm²),
- la déformation maximale (mm / mm),
- la contrainte à 20 % (Newton / cm²) (correspondant à la résistance des myofibrilles),
- la contrainte à 80 % (Newton / cm²) (correspondant à la résistance du tissu conjonctif).

La moyenne des 10 mesures a été mise en concordance avec les notes obtenues avec le QSBT.

Analyse statistique

L'étude statistique ne montre **aucune corrélation entre les notes obtenues avec le QSBT et les mesures de compression**. Par exemple, le coefficient de corrélation obtenue en mettant en correspondance notes QSBT et Compression à 20% a pour valeur : 0,32 ($R^2=0,1$). Cette valeur est très faible.

3.2. Discussion

L'étude statistique montre une très faible concordance (R^2 de 0.1) entre les notes données par le QSBT et celles du jury de dégustation, sur les mêmes animaux. Les résultats bibliographiques montrent des niveaux de corrélation plus importants (R^2 de 0.22 à 0.38) mais très inférieurs à d'autres méthodes de mesure (avec des R^2 généralement supérieurs à 0.6). En fait, les auteurs admettent que la concordance est peu satisfaisante, mais repose tout l'intérêt de l'appareil sur sa capacité à distinguer des carcasses tendres vis à vis des carcasses dures. C'est pour cet objectif qu'il semble être utilisé en industrie.

Différentes explications peuvent être apportées pour expliquer ces mauvais résultats vis à vis de la bibliographie :

- **La mise en oeuvre du protocole du QSBT et les écarts vis-à-vis du protocole de référence**

Les essais ont été menés au plus près des conditions recommandées par les auteurs américains. Cependant, des modifications ont été apportées afin d'adapter le système à l'outil de production dans lequel les essais ont eu lieu et de s'adapter aux modalités de grosse coupe « à la française ».

En effet, le QSBT a été calibré pour des mesures effectuées sur la noix de côte au niveau de la 12^{ème} côte selon la coupe américaine. Selon la coupe française standardisée AVT5/ART8, la 12^{ème} côte n'est pas accessible et la 5^{ème} côte a une noix trop petite. La carcasse a donc été coupée de façon à accéder à la 10^{ème} côte (séparation du milieu de train de côte). Les mesures ont été réalisées dans un délai plus important après la coupe que celui utilisé par les américains. Enfin, les populations d'animaux sont différentes.

Ces écarts avec le protocole de référence décrit par les Américains, rendus obligatoires par les différences existant entre les 2 systèmes d'abattage et leurs spécificités, ont pu entraîner des biais dans les mesures effectuées avec le QSBT. Car les spectres ont été obtenus dans des conditions différentes et les équations appliquées pour en déduire la force de cisaillement ne sont peut être plus exactement appropriées.

- **Les problèmes de répétabilité de la mesure**

Les essais préliminaires ont montré que l'appareil donnait, sur un même échantillon, des valeurs très différentes (de plus de 2 unités) à quelques secondes d'intervalles. Malgré l'aménagement du protocole qui a permis entre autre de stabiliser la tête de lecture de l'appareil lors de la mesure, il n'a pas été possible, pour certaines carcasses de fiabiliser la mesure.

Pour l'essai, le problème a été contourné en effectuant plusieurs mesures avec le QSBT par demie carcasse, en éliminant les carcasses pour lesquelles 2 valeurs successives différaient de plus de 0,5 unité et en utilisant pour les analyses statistiques la moyenne des différentes mesures. Mais cette stratégie n'est pas applicable en cas d'utilisation en routine du QSBT où une seule mesure doit suffire à qualifier une carcasse. La répétabilité de l'appareil est suffisamment mauvaise pour expliquer le manque de corrélation avec l'analyse sensorielle.

- **La gamme de notes de la population animale testée au regard du manque de fiabilité du QSBT dans des valeurs hautes trouvées,**

Lors des essais, les notes données par le QSBT pour la population bovine testée peuvent être qualifiées de « dures » au regard de la valeur de référence 21,4 kg fixée par les américains. En effet, seules 4 carcasses sur 48 ont obtenu une note inférieure ou égale à cette valeur, soit 8 % de cette population. La répartition des carcasses dures/tendres est donc inversée au regard du cheptel américain sur lequel l'appareil a été développé et pour lequel 80 % des animaux obtiennent de façon sûre une note inférieure à 21,4 kg. De plus, les auteurs américains précisent bien que l'erreur de mesure du QSBT à prédire les valeurs hautes est trop importante pour qualifier la mesure de fiable. L'échantillon testé se situe donc dans la gamme de valeurs pour lesquelles l'appareil a été peu testé (vu que peu d'animaux américains présentent ces valeurs) et pour lesquelles les prédictions de mesures ne sont pas garanties. Ce facteur semble être pertinent pour expliquer le manque de concordance entre la notation par le QSBT et la notation par la méthode de référence choisie, le jury de dégustation.

- **Les conditions d'obtention des équations de prédiction de la force de cisaillement.**

Pour l'établissement des équations de calibration de l'appareil, l'équipe américaine a pris comme référence des mesures de force de cisaillement (SSF). Selon le protocole mis en œuvre, ces mesures ont été réalisées après une cuisson de la viande à 65°C à cœur. Or, pour les dégustation du jury, les faux-filets ont subi une cuisson de type « saignant », en étant cuits à 57°C à cœur, correspondant aux habitudes françaises de consommation de la viande. Ces différents niveaux de cuisson influencent la tendreté de la viande. Au delà de 60°C, la viande durcit en raison de la rétraction des fibres de collagène et à cette température, les pertes de jus de viande sont plus importantes. La viande est donc plus dure. Cette différence quant aux températures de cuisson des viandes utilisées dans les méthodes servant à comparer les mesures avec le QSBT ont une influence sur la perception de la tendreté des morceaux. Elle peut expliquer, pour partie, le manque de concordance entre la notation par le QSBT et la notation par la méthode de référence choisie, l'analyse sensorielle

Enfin, la bibliographie montre que les niveaux de concordance entre la force de cisaillement et l'analyse sensorielle sont très variables. Les résultats obtenus sur l'étude Qualvigène montre que la corrélation entre l'analyse sensorielle et la force de cisaillement est de -0.39 ($R^2=0.15$). Ce niveau de corrélation est un autre facteur explicatif des mauvais résultats obtenus avec le QSBT.

De plus, les auteurs précisent clairement que les mesures les plus fiables ont été recueillies pour les animaux formant les classes « US Select carcass » et « US Choice carcass », selon le grading USDA (Shackelford, 2005). Il s'agit donc d'animaux soumis à très peu de variation individuelle et formant un lot plus uniforme (en particulier sur la teneur en gras intramusculaire) que les carcasses destinées au circuit catégoriel comme celles de la population bovine testée dans cette étude.

Au final, ces différents items focalisent sur un seul problème : la calibration de l'appareil. En effet, le QSBT a été développé dans le contexte américain, pour des usages de coupes américains, pour des habitudes de cuissons américaines et ne correspond pas au contexte français, du moins celui de la population de l'essai. Or cette population testée, composée majoritairement de vaches de réforme laitières, est très représentative du marché de la viande français.

Au-delà des médiocres résultats obtenus vis à vis de la corrélation entre le QSBT et l'analyse sensorielle, les tests qui ont consisté à mesurer la capacité de l'appareil à distinguer 2 lots de carcasses vis à vis de la tendreté sont plus encourageants. En effet, sur la base du seuil de 25 kg, l'analyse de variance montre un écart significatif entre les notes de tendreté des 2 lots ainsi constitués, même si cela doit être relativisé par la taille des lots très disparates. Ce résultat est en partie confirmé en plaçant le seuil à 28 kg de telle façon d'obtenir 2 lots de taille identique. En effet, dans ce cadre, les notes de tendreté des 2 lots sont significativement différentes au seuil de 10%. Malgré des résultats de corrélation très mauvais, il semble que l'appareil soit capable de distinguer 2 lots de carcasses « tendre » et « dur ». Bien évidemment, ces résultats sont à confirmer.

IV. Conclusion

L'objectif principal de cette étude était de vérifier les performances du Quality Spect Beef Tenderness à mesurer en ligne la tendreté de la viande bovine.

D'un point de vue pratique, l'étude a montré que l'utilisation en routine de cet appareil, sur une chaîne d'abattage française, sur des carcasses coupées selon les usages français n'est pas envisageable dans l'état actuel de développement.

Sur la chaîne d'abattage, le protocole conseillé par les chercheurs américains a dû être adapté afin de se conformer aux usages français. La mesure a été réalisée sur la 10^{ème} côte au lieu de la 12^{ème} tel que cela est pratiqué aux USA.

De plus, la répétabilité de la mesure est très médiocre. Lors des essais, ce problème a été contourné, mais la solution reste à apporter pour une utilisation, en routine, sur le terrain, qui s'appuie sur une seule mesure pour qualifier la carcasse.

D'un point de vue matériel, l'ordinateur relié au spectrophotomètre n'est pas adapté à un usage en conditions industrielles et gagnerait à être remplacé par un ordinateur portable, le logiciel d'exploitation n'est pas encore conciliable avec un système d'exploitation industriel, il n'est pas protégé des projections de sang,...mais il s'agit de détails qu'une phase de développement industriel pourraient résoudre. Concernant la tête de lecture, des améliorations pourraient être apportées pour faciliter sa manipulation car elle est lourde et la visualisation de l'échantillon à mesurer est impossible. Là encore, des évolutions techniques peuvent pallier ces problèmes. Concernant la mesure, une prise en main de la machine est nécessaire pour obtenir une mesure stable et malgré cela la fiabilité de la mesure n'est pas toujours obtenue.

D'un point de vue résultat, l'étude menée n'a pas mis en évidence de concordance entre les mesures obtenues par le QSBT et la méthode de référence qu'est le jury de dégustation. Différents facteurs peuvent être avancés pour expliquer ce résultat mitigé et ont été développés lors de la discussion. L'explication réside sûrement dans la combinaison de ces facteurs :

- (i) le manque de fiabilité de la machine à prédire avec fiabilité la force de cisaillement d'un morceau dans les valeurs fortes (c'est à dire considéré comme dur par les Américains, à savoir supérieur à 21,4 kg) et le fait que les animaux de la population étudiée se trouvent en très grande majorité dans cette gamme de notes,
- (ii) le protocole d'utilisation de l'appareil qui a dû être modifié pour l'adapter au contexte industriel français et
- (iii) les différences quant aux températures de cuisson utilisées dans les méthodes de référence qui influent sur la tendreté perçue. Par ailleurs, les essais de mesures de compression qui ont été menés n'ont pas apportés de résultat plus concluants que l'analyse sensorielle.

Ces résultats sont à relativiser par sa capacité à distinguer 2 lots de carcasses « tendre » et « dur », même si cela reste à confirmer dans un contexte français.

En conclusion, l'utilisation du QSBT en routine dans la filière française nécessite plusieurs conditions :

- le développement par le constructeur d'équations de prédiction adaptées au contexte français : le type de carcasse, la méthode de référence, la température de cuisson, ... sont autant de paramètres qui devront être prise en compte.

D'après la bibliographie, certains industriels seraient en cours d'adaptation de cette technique à leur propre marché (Argentine, Brésil, Uruguay, Angleterre, Irlande).

- Une adaptation du protocole de mesure aux contraintes françaises (coupe primaire notamment)

- Une amélioration de la répétabilité de l'appareil

- la valorisation de la filière pour ce type d'appareil. En effet, au-delà, de ces mises au point, se pose également la question de la valeur de la mesure de la tendreté d'une carcasse et de la valorisation d'un tel tri pour les entreprises et in fine les consommateurs. En effet, l'hétérogénéité de la tendreté au sein d'une carcasse, voire d'un même muscle est telle qu'il faudrait s'assurer que les résultats du QSBT rendent

compte réellement d'un plus tendreté de l'ensemble des muscles de la carcasse concernée et pas seulement celle du Faux Filet. Cet appareil est actuellement utilisé aux USA pour trier parmi les carcasses d'un certain niveau de qualité, les carcasses les plus tendre afin de le communiquer au consommateur tout en lui faisant payer le produit un peu plus cher. Les opérateurs français sont-ils intéressés par cette approche ?

- Enfin, une validation de l'appareil par des tests consommateurs semble également incontournable pour s'assurer que les différences mises en évidence sur la base de la force de cisaillement sont perçues par le consommateur.

A l'image du travail réalisé dans le présent dossier, le constructeur prévoit de tester cet appareil dans d'autres pays européens.

V. Bibliographie

Cirad (2007) La spectroscopie dans le proche infrarouge. Synthèse rédigée par le Laboratoire d'alimentation animale du CIRAD. (disponible en ligne : http://www.cirad.fr/ur/index.php/systemes_elevage/content/download/712/3506/version/1/file/presentation+spir.pdf)

Institut de l'Elevage (1999) Le point sur ... La tendreté de la viande bovine. Rapport institut de l'élevage/Interbev/Ofival, 1999

Liu Y., Lyon B.G., Windham W.R., Realini C.E., Pringle T.D.D., Duckett S. (2003) Prediction of color, texture and sensory characteristics of beef steaks by visible and near infrared reflectance spectroscopy. A feasibility study. *Meat Science* 65, 1107-1115

Shackelford S.D., Wheeler T.L., Koohmaraie M. (2004) Development of optimal protocol for visible and near-infrared reflectance spectroscopic evaluation of meat quality. *Meat Science* 68, 371-381

Shackelford S.D., Wheeler T.L., Koohmaraie M. (2005) On-line classification of US select beef carcasses for *longissimus* tenderness using visible and near-infrared reflectance spectroscopy. *Meat Science* 69, 409-415

Wheeler, T.L., Shackelford S.D, King D.A., Koohmaraie M (2007) Noninvasive prediction of beef *Longissimus* tenderness. 60th Reciprocal Meat Conference- South Dakota, June 17-20, 2007 (disponible en ligne : <http://www.meatscience.org/Pubs/rmcarchv/2007/printables.html>)

Juin 2008

Compte rendu final n° 170832011

Département Techniques d'Élevage et Qualité

Service Qualité des Viandes

Servane ROZE

Vérification des performances du Quality Spec® BT à mesurer en ligne la tendreté de la viande bovine

La tendreté constitue encore et toujours le caractère primordial de la qualité de la viande bovine. Plus que jamais, les opérateurs de la filière tentent de gérer la tendreté de leurs produits plutôt que de la subir, notamment au travers des démarches qualité. Mais au-delà de ces démarches, un problème de taille demeure : l'absence d'outil de mesure simple, fiable et non-destructif permettant d'évaluer la tendreté de la viande en temps réel.

Récemment, des chercheurs américains ont développé un outil fondé sur la mesure de la réflectance par spectroscopie dans le proche infrarouge : le Quality Spec® Beef Tenderness. Si cette méthodologie n'est pas récente, ce nouvel outil de mesure, a priori déjà utilisé en ligne par un opérateur américain, semble néanmoins prometteur aux vues de ses potentialités. En effet, une simple mesure sur la noix de milieu de train de côte, permettrait de classer les carcasses selon leur potentiel de tendreté en 2 catégories : les carcasses « tendres » et les carcasses « dures ».

Non destructif, rapide, adapté aux conditions industrielles en abattoir, simple d'utilisation... : un tel outil mérite que la filière s'y intéresse. L'Institut de l'élevage a réalisé cette étude afin d'évaluer les performances de cet outil à mesurer en ligne la tendreté de la viande bovine dans le contexte français. Elle a pour objectif de comparer les mesures effectuées par l'appareil Quality Spec®BT sur différentes carcasses bovines avec les résultats d'analyse sensorielle menée par un jury d'experts, lors de dégustation de morceaux issus des mêmes carcasses.

Les mesures ont porté sur 48 carcasses destinées au circuit catégoriel. Les faux-filets correspondants ont été prélevés et ont fait l'objet, après une maturation de 10 jours, d'une dégustation par le jury d'experts de l'Institut de l'Élevage.

Au terme de ce travail, il ressort que l'outil n'est pas adapté au contexte français et que les performances du Quality Spec®BT à prédire la tendreté de la viande bovine en ligne n'ont pas été démontrées.

D'un point de vue matériel, l'utilisation de l'outil a nécessité des modifications du protocole de mesures recommandé par l'équipe de développement américaine en raison des différences de coupe primaire entre la France et les États-Unis.

D'un point de vue résultat, il n'a pas été possible de mettre en évidence une concordance entre les notes obtenues avec le Quality Spec®BT et celles obtenues avec le jury de dégustation. L'explication principale porte sur l'inadaptation des équations de calibration de l'appareil développé dans un contexte différent, mais aussi le manque de fiabilité du Quality Spec®BT à prédire la tendreté dans les valeurs hautes (donc la dureté) et le fait que la population bovine testée se trouvait justement dans ces valeurs hautes.

A la suite de ce présent dossier, il pourrait être intéressant pour le constructeur, de travailler sur le développement de l'appareil pour entre autre établir de nouvelles équations de prédiction, basées sur les carcasses françaises, afin d'envisager l'utilisation de cette machine en France.

collection résultats



Interbev
149 rue de Bercy
75595 PARIS CEDEX 12



Office de l'Élevage
TSA 30003
93555 MONTREUIL SOUS BOIS CEDEX



Institut de l'Élevage
149, rue de Bercy
75595 Paris CEDEX 12
www.inst-elevage.asso.fr

ISSN : 1773-4738