

RAPPORT OFFICE 2008

Estimation des paramètres génétiques
des caractères de découpe et
de qualité de la viande en souche Label

et

Caractérisation de la qualité
technologique des filets de
poulets « lourds »

Mots clefs : poulet Label, qualité de la viande, découpe, paramètres génétiques, poulet lourd, qualité technologique, hétérogénéité

INTRODUCTION GENERALE

L'aviculture française connaît depuis la fin des années 1990 une crise structurelle qui se traduit par un recul des volumes de volailles de type chair produits de près de 25 % (soit 550 000 Tonnes équivalent carcasses). Ce repli de la production française depuis 1998 est essentiellement imputable à une perte de compétitivité relative de la filière française qui s'est traduite par une diminution de nos exportations extra et intra UE de 40% de 1998 à 2006, celles-ci passant de plus d'un million de tonnes en 1998 à 600 000 tonnes équivalent carcasses en 2006. Dans le même temps, nos importations progressaient de près de 90 % pour atteindre 285 000 Tec¹, soit près de 20 % de notre consommation intérieure.

Sur cette période, le ralentissement de la consommation intérieure n'a pas permis de compenser les difficultés rencontrées sur les marchés extérieurs : la consommation individuelle en France, après avoir atteint un maximum en 2001, suite à la crise bovine, a légèrement diminué depuis pour se stabiliser autour de 1 460 000 Tec¹, soit 23,3 kg par personne et par an. Cette stagnation de la consommation s'accompagne d'une forte segmentation des marchés laissant une part croissante aux produits élaborés au détriment des volailles entières et des produits moins transformés.

Dans ce contexte, les produits de qualité supérieure type Label Rouge voient leur consommation diminuer et rencontrent des difficultés à se positionner sur les segments à plus forte valeur ajoutée (découpes et élaborés), en raison d'un prix élevé de la matière première. Il semble donc aujourd'hui important d'optimiser les caractères de découpe et de qualité de la viande en filière label, y compris en les intégrant dès les étapes de sélection des lignées. Une étude permettant d'estimer les paramètres génétiques de ces caractères de qualité (carcasse et viande) a donc été réalisée au sein d'une souche à croissance lente (Chapitre 1). Celle-ci apportera des premières réponses sur les possibilités d'intégrer de tels caractères en sélection tout en respectant le cahier des charges Label Rouge.

Par ailleurs, la part de marché des produits de découpe et élaborés augmentant considérablement, les professionnels se sont tournés vers la production de poulet « lourd ». En l'absence de données sur ce type d'approvisionnement, une seconde étude a été réalisée afin de caractériser les propriétés technologiques et diététiques de la viande de poulet « lourd » (Chapitre 2).

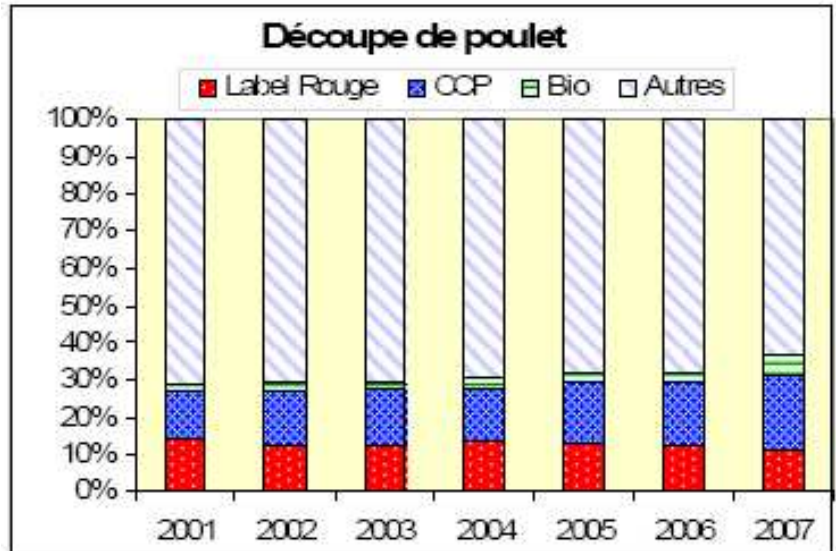
RAPPORT OFFICE 2008

CHAPITRE 1

ESTIMATION DES PARAMETRES GENETIQUES DES CARACTERES DE DECOUPE ET DE QUALITE DE LA VIANDE EN SOUCHE LABEL ROUGE

I- Introduction :

Avec les nouvelles habitudes des consommateurs (rapidité et praticité de la préparation des repas), la consommation de viande de poulet évolue de plus en plus vers des produits découpés et transformés (Taconet et Magdelaine, 2009). Les différents types de production (standard, certifié, lourd, Certification de Conformité de Produit (CCP), Label et Agriculture Biologique) doivent donc répondre aux attentes des consommateurs et s'adapter à ces nouvelles formes de consommation. En effet, les découpes crues (aujourd'hui près de 40% des parts du marché français de poulet) vont voir leur proportion augmenter dans les années à venir (Magdelaine, 2004).



Le marché de la découpe peine à se développer dans la filière Label (14% du marché en 2001 contre seulement 10% en 2007). Améliorer les caractères de découpe tout en préservant les caractères de qualité de la viande permettrait un meilleur positionnement de la filière Label sur ce segment.

L'ITAVI et l'INRA dans le cadre d'un projet financé par l'Office de l'élevage ont mis en place une expérimentation visant à estimer dans quelle mesure les caractères de découpe et de qualité de la viande peuvent être améliorés par la génétique, tout en restant fidèle au cahier des charges Label.

II- Dispositif Expérimental et suivi d'élevage :

➤ Animaux :

1080 poussins d'un jour issus des reproducteurs sélectionnés par la SASSO ont été élevés en trois lots de 360 animaux. Les poussins étaient issus de 10 pères et de 10 mères par père. Chaque père a eu entre 80 et 95 descendants mâles et femelles.

L'éclosion a été réalisée au couvoir de la SASSO. Les poussins ont été bagués, vaccinés contre la maladie de Marek et la Bronchite Infectieuse au couvoir.

➤ **Elevage des animaux :**

Les animaux âgés de 1 jour ont été mis en place dans des bâtiments type Label avec accès à un parcours au Pôle d'Expérimentation Avicole de Tours avec 15 jours d'intervalle entre les trois lots. Les cellules étaient coupées en deux pour respecter le chargement de 11 poussins au m² (cahier des charges poulets LABEL). Les poulets ont eu accès au parcours dès l'âge de 5 semaines

Les conditions d'élevage étaient celles du cahier des charges Label Rouge. L'élevage s'est déroulé en hiver. Les températures et le programme lumineux réalisés sont présentés ci-dessous.

Température :

Ages	Températures
0-7 j	32°C
8-14 j	30°C
15-21 j	28°C
22-25 j	26°C
26-28 j	23°C
29- 87 j	20°C

Programme Lumineux :

Ages	Durées d'éclairage
0-1 j	23 h
2-9 j	-2h/jour
10-87 j	Lumière naturelle (8h)

Aliments :

Les aliments ont été fabriqués à PEAT. Les poulets ont reçu 3 types d'aliments : démarrage de 0 à 24 jours, croissance de 25 à 46 jours et finition de 47 à 87 jours.

Une vaccination contre les coccidies a été réalisée entre le 5^{ème} et le 9^{ème} jour d'âge des poussins, par ajout dans l'eau de boisson du vaccin PARACOX_8.

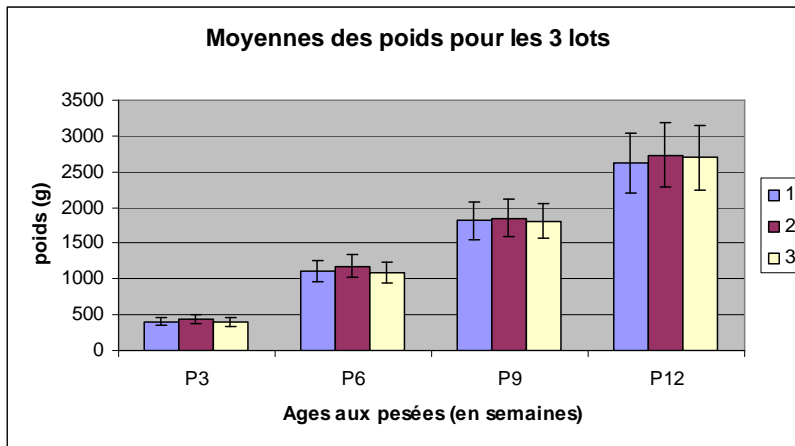
➤ **Mesures pendant l'élevage :**

Des relevés zootechniques ont été effectués sur les trois lots pour évaluer les différences de croissance, mortalité et d'indice de consommation.

Pour la croissance, des pesées ont été réalisées à 3^{1/2}, 6^{1/2}, 9 et 12 semaines d'âge, l'aliment consommé a été pesé pour calculer l'indice de consommation des animaux. La mortalité a été relevée quotidiennement.

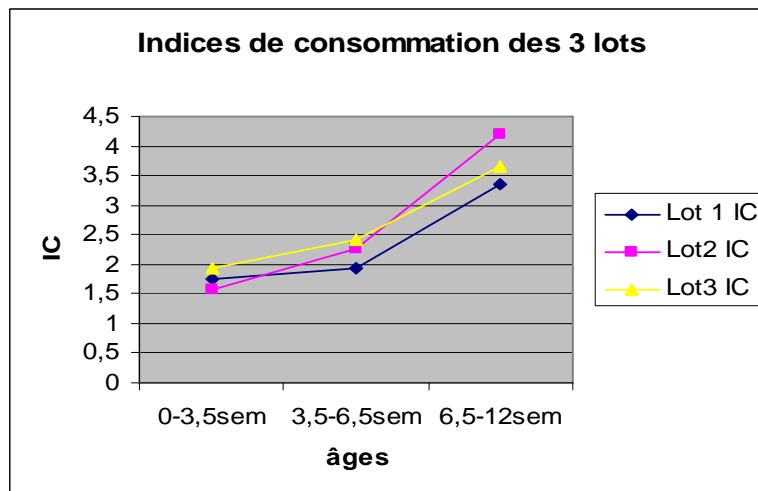
➤ **Résultats zootechniques :**

Les pesées aux différents âges montrent une croissance similaire entre les trois lots, avec un poids moyen de 413g à 24 jours, 1125g à 47 jours, 1823g à 63 jours et 2680 à 87 jours.



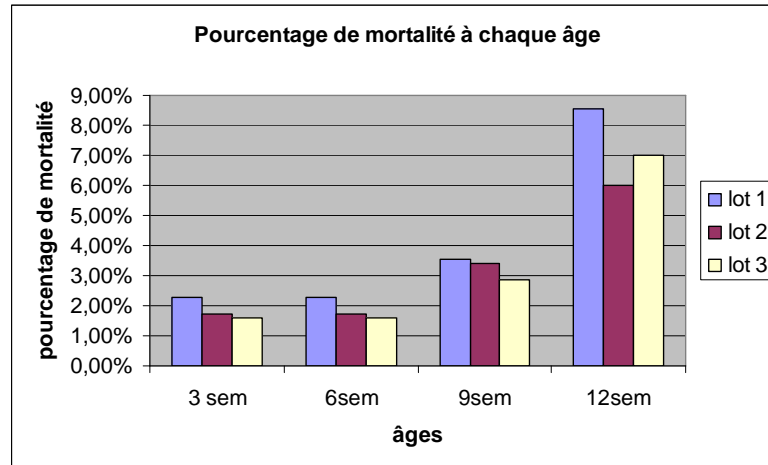
Graphique 1 : moyennes des poids pour les trois lots

Les indices de consommation ont été estimés à partir des poids moyens et des relevés d'aliment.



Graphique 2 : indices de consommation des 3 lots

La mortalité est présentée dans le graphique 3. Le lot 1 a une mortalité plus importante que les autres lots. A 12 semaines d'âge, la mortalité est plus importante pour le premier lot de 2.5 points par rapport au lot 2 et 1.5 points par rapport au lot trois. Cela s'explique peut-être par un chargement plus important au premier lot.



Graphique 3 : pourcentage de mortalité à chaque âge

III- Caractérisation des performances des animaux (croissance et découpe) et de la qualité des viandes :

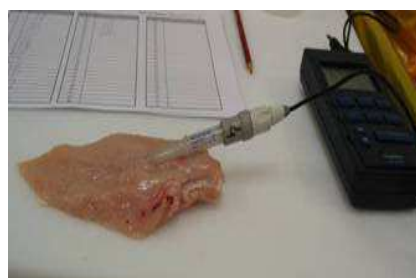
a. Mesures réalisées :

Après la phase d'élevage jusqu'à 87 jours, les animaux ont été abattus à l'abattoir expérimental de PEAT, après une mise à jeun d'au minimum 7 heures. Les poulets ont été étourdis en bain électrifié avec un courant de 80 mA et de 125 Hz pendant 5 secondes.

Le comportement des animaux sur la chaîne d'abattage a été évalué par la durée des battements d'ailes et le nombre de tentatives de redressement entre l'accrochage et l'entrée dans le bac d'électronarcose.

La vitesse de chute du pH a été réalisée sur tous les animaux. Quinze minutes après la saignée, le pH du muscle *Pectoralis major* (PM) du filet gauche a été mesuré avec un pH-mètre portable muni d'une électrode en verre (Modèle 506, Crison Instruments, SA, Spain) sur un broyat de muscle : 2 g dans 18 mL d'une solution de KCl (0,15M) - iodoacétate de sodium (5mM).

Le pH a été mesuré à 24 heures post-mortem sur tous les individus. Contrairement au pH à 15 min, il a été mesuré par insertion directe de la sonde du pHmètre dans le muscle, sur la face interne.



La couleur a été mesurée sur tous les individus 24 heures post-mortem avec un spectrophotomètre portable Hunterlab (Reston, VA). La couleur est caractérisée par trois paramètres définis par le système trichromatique CIELAB :

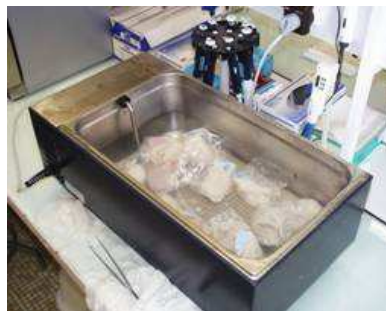
- L^* , la luminance qui représente la composante de clarté. Elle varie entre 0 (noir) et 100 (blanc),
- a^* qui représente l'indice de rouge,
- b^* qui représente l'indice de jaune.



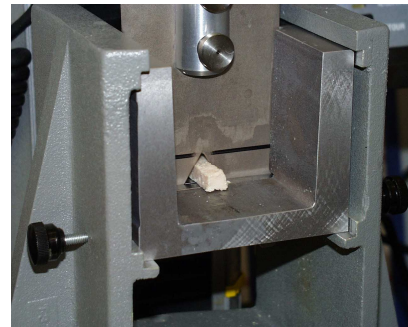
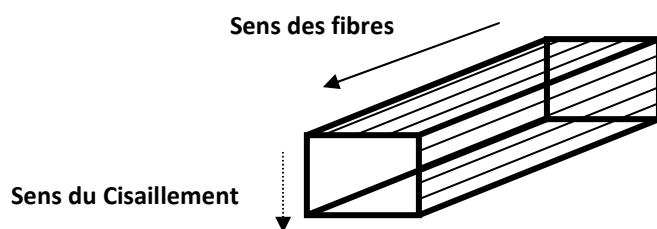
Pour la mesure de l'exsudat, le muscle PM a été pesé (P_i = poids initial), placé sous vide et suspendu pendant 5 jours à + 2°C. Puis il a été essuyé et de nouveau pesé (P_f = poids final après exsudation) afin d'apprécier la quantité d'eau perdue au cours de la conservation du produit. Ces pertes sont exprimées en pourcentage par rapport au poids initial.



Après la mesure de l'exsudat, les muscles ont été mis sous vide et stockés à +4°C jusqu'au lendemain où ils ont été cuits 15 minutes à 85°C puis refroidis pendant 15 min sur de la glace pilée. Ils ont été déconditionnés, essuyés puis pesés afin de déterminer les pertes à la cuisson (P_{ac} = poids après cuisson). Ces pertes sont exprimées en pourcentage par rapport au poids avant cuisson.



La résistance au cisaillement a été réalisée de suite après l'évaluation des pertes à la cuisson. Elle sert à évaluer la tendreté de la viande. Les échantillons de muscle PM sont des parallélépipèdes de 1 cm² de section et 3 cm de longueur, l'axe principal étant parallèle au sens des fibres. La résistance au cisaillement a été mesurée avec une machine universelle de traction-compression (INSTRON). Le cisaillement a été effectué par une lame d'épaisseur 0,11 cm à ouverture triangulaire (type Warner-Bratzler, hauteur du triangle = 5,2 cm, largeur à la base du triangle = 6,1 cm). La vitesse de déplacement de la lame était de 80 mm/min et la force de cisaillement était enregistrée toutes les 100 ms. Le critère retenu pour évaluer la tendreté de la viande était la force maximale de cisaillement exprimée en N.



b. Variabilité phénotypique:

Les mesures réalisées sur différentes familles permettent de révéler la variabilité existant au sein de la lignée. Celle-ci apparaît d'autant plus importante pour des caractères comme l'engraissement abdominal (CV de près de 40%), la couleur de la viande (CV de 65% pour le rouge par exemple), l'exsudat (CV de 40%), la perte à la cuisson et la tendreté (CV de l'ordre de 20%). Cette forte variabilité s'explique en partie par le fait que ces caractères ne sont pas soumis à sélection dans ce type de lignée. Par ailleurs la distribution de certaines variables s'éloigne de la normalité (exsudat, perte à la cuisson et durée de battement d'aile).

	Nombre	Moyenne	Coefficient de variation	Minimum	Maximum
poids 3 semaines 1/2 (g)	865	415	13,70%	212	603
poids 6 semaines 1/2 (g)	1877	1040	15,3%	530	1593
poids 9 semaines (g)	1854	1843	15,5%	1140	2630
poids 12 semaines (g)	868	2684	16,3%	1679	3852
rendement filet (%)	868	16,5	8%	12	24,7
rendement gras (%)	868	4,0	39,7%	0,6	10,3
rendement cuisse (%)	868	25,7	5,3%	17,6	33
pH 15 minutes	854	6,61	3%	5,98	7,03
pH 24 heures	868	5,79	1,9%	5,4	6,17
L*	868	47,5	6,1%	37	55,8
a*	868	-1,5	65%	-4,9	2,3
b*	868	8,5	17,0%	5	14,7
exsudat (%)	868	1,6	40,5%	0,2	5,2
perte à la cuisson (%)	868	12,1	20,5%	2,6	23,7
résistance au cisaillement (N/cm²)	855	18,4	19,8%	10,8	35,7
battement d'aile (s)	868	5,4	128%	0	36,4

Tableau 1 : statistiques élémentaires des caractères mesurés

IV- Estimation des paramètres génétiques:

Les paramètres génétiques (héritabilités et corrélations génétiques) ont été estimés avec le logiciel VCE (basé sur la méthodologie du REML) et les versions 5 ou 6. Les données de généalogie disponibles sur les 9 générations précédentes ont été intégrées dans l'analyse pour augmenter la précision des estimations.

Héritabilités :

Les héritabilités des principaux caractères sont reportées dans le tableau 2.

	héritabilité	Ecart-type d'estimation
poids 12 semaines	0,44	0,05
rendement cuisse	0,38	0,05
rendement filet	0,41	0,05
rendement gras	0,52	0,04
pH15 minutes	0,38	0,01
pH ultime (24 heures)	0,54	0,03
L*	0,46	0,03
a*	0,47	0,03
b*	0,3	0,04
exsudat	0,29	0,03
résistance au cisaillement	0,21	0,03
battements d'ailes	0,38	0,06

Tableau 2 : héritabilités de chaque caractère

Dans l'ensemble, les héritabilités sont modérées à fortes. Des héritabilités très significatives pour la croissance et la composition corporelle ont déjà été rapportées que ce soit en souche expérimentale ($h^2=0.43$ pour le poids vif, $h^2=0.65$ pour le rendement en filet et 0.63 pour le pourcentage de gras abdominal à 6 semaines ; Le Bihan-Duval et al (1998)).ou commerciale ($h^2=0.49$ pour le poids vif, $h^2=0.30$ pour le rendement en filet et 0.48 pour le pourcentage de gras abdominal à 6 semaines ; Le Bihan-Duval et al (2008)). Les mesures associées à la cinétique de chute du pH et la couleur de la viande présentent des héritabilités plutôt fortes, en cohérence avec les résultats obtenus sur d'autres souches

expérimentale ($h^2=0.49$ pour le pH à 15 min, $h^2=0.35$ pour le pH ultime, $h^2=0.50$ pour la luminosité, $h^2=0.57$ pour l'indice de rouge, $h^2=0.55$ pour l'indice de jaune ; Le Bihan-Duval et al (2001)) ou commerciale ($h^2=0.30$ pour le pH à 15 min, $h^2=0.34$ pour le pH ultime, $h^2=0.35$ pour la luminosité, $h^2=0.25$ pour l'indice de rouge, $h^2=0.31$ pour l'indice de jaune ; Le Bihan-Duval et al (2008)). Les mesures associées au pouvoir de rétention en eau et à la tendreté présentent aussi un déterminisme génétique, déjà rapporté dans les études précédentes (h^2 de 0.39 et 0.26 pour l'exsudat ; h^2 de 0.34 pour la tendreté ; Le Bihan-Duval et al (2001) et Le Bihan-Duval et al (2008)). De façon étonnante et contrairement à un précédent résultat en souche standard commerciale (Le Bihan-Duval et al (2008)), une héritabilité quasi nulle a été obtenue pour les pertes à la cuisson, ce qui suggère un fort impact de facteurs environnementaux non identifiés ou maîtrisés dans la présente étude. Les premières analyses réalisées pour les mesures de comportement montrent une héritabilité tout à fait significative de la durée des battements d'ailes. Néanmoins, ces résultats doivent encore être précisés en utilisant des logiciels mieux adaptés à l'analyse de variables non continues, ce qui est le cas pour les battements d'ailes et les tentatives de redressement (qui peuvent être catégorisées).

Corrélations génétiques :

Les analyses génétiques mettent en évidence une corrélation génétique modérément positive entre poids vif et pourcentage de filet d'une part (rg de 0.26 ± 0.06), poids vif et pourcentage de gras d'autre part (0.36 ± 0.05). Les rendements en filet et en gras sont modérément négativement corrélés (-0.34 ± 0.06).

Les résultats génétiques soulignent le fort impact de la cinétique de chute du pH sur la qualité de la viande. Ainsi, il existe une corrélation génétique négative entre pH à 15 min et coloration rouge de la viande (rg de -0.50 ± 0.05). Le pH ultime est largement génétiquement relié à la luminosité (rg de -0.87 ± 0.02), la coloration jaune (rg de -0.54 ± 0.06), l'exsudat de la viande fraîche (rg de -0.70 ± 0.05) et la résistance au cisaillement (rg de -0.38 ± 0.11). Diminuer la valeur génétique pour le pH conduit donc à une viande plus pâle et plus jaune, plus exsudative et donc plus ferme. Bien qu'ils doivent encore être confirmés par des méthodes statistiques plus adaptées, nos premiers résultats suggèrent un lien génétique important entre comportement à l'abattage et vitesse initiale de chute du pH. Ainsi, une corrélation génétique fortement négative (-0.84 ± 0.02) est mise en évidence entre la durée des battements d'ailes et le pH à 15 min du fait d'une accélération de la glycolyse. Une activité plus importante conduit aussi à une viande plus rouge (rg de $+0.59\pm 0.04$ entre battements d'ailes et indice a^*) du fait d'un afflux sanguin plus important dans le muscle. Ces résultats au niveau génétique renforcent les observations déjà décrites au niveau phénotypique sur l'impact de l'activité des animaux de type label sur la qualité de la viande (Berri et al., 2005 ; Debut et al., 2005).

Dans l'ensemble, il n'existe pas de corrélations génétiques fortes entre croissance ou composition corporelle et qualité de la viande. Cependant, on observe de légères corrélations génétiques entre poids vif (à 12 semaines) et coloration jaune (rg de -0.26 ± 0.08), pH ultime (rg de -0.22 ± 0.06) ou résistance au cisaillement (rg de 0.33 ± 0.09). La corrélation génétique entre poids vif et coloration rouge apparaît quant à elle un peu plus marquée (rg de -0.40 ± 0.07). Les études de comparaison de souches (expérimentale ou

commerciale) sélectionnées sur la croissance ou la composition corporelle avec leurs lignées témoins ont déjà mis en évidence des variations de qualité de la viande. Ainsi, augmenter la croissance et le développement musculaire induit une diminution de la coloration de la viande en lien avec la teneur en pigments héminiques (Berri et al., 2001). Sur le long terme, un processus de sélection sur la croissance est donc susceptible d'entraîner des modifications qualitatives au niveau de la viande, même en présence de corrélations génétiques modérées entre les paramètres (quantitatifs ou qualitatifs).

IV- CONCLUSIONS GENERALES

Cette étude fournit pour la première fois en souche label une estimation de la composante génétique des caractères de qualité de la viande, en lien avec la croissance, la composition corporelle et le comportement des animaux au moment de l'abattage.

Elle confirme, en cohérence avec les études développées sur d'autres types de souches, un fort déterminisme génétique des caractères de découpe (rendement en filet et en gras) et une relative indépendance entre ces caractères et la croissance globale des animaux. Ces résultats suggèrent que des gains substantiels peuvent être apportés par la génétique pour l'amélioration de la conformation des souches label.

Cette étude souligne aussi une forte variabilité intra-souche des caractères de qualité de la viande, et le rôle majeur de critères comme la vitesse initiale et l'amplitude de chute du pH fortement reliées à la couleur, au pouvoir de rétention en eau et à la texture de la viande. Les niveaux d'héritabilité élevés de la plupart des caractères de qualité montrent qu'il est possible d'exploiter cette variabilité pour des applications en sélection visant à améliorer la qualité.

Enfin, bien qu'encore préliminaires, ces résultats génétiques confirment un fort impact du comportement des animaux à l'abattage sur certaines composantes de la qualité de la viande. Egalement, ils suggèrent une composante génétique de ce comportement. D'autres recherches sont maintenant nécessaires pour préciser le déterminisme de ce type de caractère et son intérêt éventuel en sélection en lien avec l'amélioration de la qualité.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Berri, C.; Wacrenier, N.; Millet, N.; Le Bihan-Duval, E. 2001. Effect of selection for improved body composition on muscle and meat characteristics of broilers from experimental and commercial lines. *Poultry Science*, 80:833-838.
- Berri, C. ; Debut, M. ; Santé-Lhoutellier, V. ; Arnould, C. ; Boutten, B. ; Sellier, N. ; Baéza, E. ; Jehl, N. ; Jégo, Y. ; Duclos, M.J. ; Le Bihan-Duval, E. 2005. Variations in chicken breast meat quality: implications of struggle and muscle glycogen content at death. *British Poultry Science*, 46 ; 572-579.
- Debut, M. ; Berri, C. ; Arnould, C. ; Guémené, D. ; Santé-Lhoutellier, V. ; Sellier, N. ; Baéza, E. ; Jehl, N. ; Jégo, Y. ; Beaumont, C. ; Le Bihan-Duval, E. 2005. Behavioural and physiological responses of three chicken breeds to pre-slaughter shackling and acute heat stress. *British Poultry Science*, 46; 527-535.
- Le Bihan-Duval, E.; Berri, C.; Baéza, E.; Millet, N.; Beaumont, C. 2001. Estimation of the genetics parameters of meat characteristics and of their genetic correlations with growth and body composition in an experimental broiler line. *Poultry Science*, 80:839-843.
- Le Bihan-Duval, E.; Debut, M.; Berri, C.M.; Sellier, N.; Santé-Lhoutellier, V.; Jégo, Y. ; Beaumont, C. ; 2008. Chicken meat quality: genetic variability and relationship with growth and muscle characteristics. *BMC Genetics*, 9:53
- Magdelaine P. 2004. Introduction sur la conjoncture volailles de chair et la place des volailles sous signes officiels de qualité, *Proceedings of the Journée Volailles sous Signes Officiels de Qualité*, Angers, France.
- Taconet, A.E., Magdelaine, P. 2009. Segmentation du marché de la volaille par les modes de valorisation - Etat des lieux et perspectives. 8emes Journées de la Recherche Avicoles, St Malo, 25 et 26 Mars 2009.

RAPPORT OFFICE 2008

CHAPITRE 2

CARACTERISATION DE LA QUALITE TECHNOLOGIQUE DES FILETS DE POULETS LOURDS

INTRODUCTION

Contexte économique

Avec près de 90 kg de viande consommé par an et par habitant, la viande constitue une part importante du régime alimentaire des pays européens. De plus, après le porc et le bœuf, la volaille se trouve à la troisième place des consommations de viande en France, avec 24 kg/an/habitant consommés, les français se distinguant des autres ménages européens par leur préférence pour la viande (*Besson, 2008*). Toutefois dans un contexte de stagnation de la consommation individuelle des viandes, la consommation de volaille se maintient grâce à une forte segmentation de l'offre et une forte progression des produits découpés et plus récemment transformés (*Magdelaine, 2008*). En effet, depuis 45 ans la part des produits transformés à base de viande, de poisson et de légumes a plus que doublé pour atteindre 41% des aliments consommés au cours des repas en 2006, au détriment des produits demandant davantage de préparation personnelle. (*Besson, 2008*). En ce qui concerne les produits à base de volaille, les achats des ménages, globalement stables sur les dernières années, montrent des évolutions divergentes selon les produits avec une désaffection pour les poulets entiers et les produits de dinde et un développement des élaborés (*Braine, 2008*).

Les enjeux pour la filière

Si on s'intéresse spécifiquement à la consommation de poulet, 39% est dédié à la vente de poulet entier contre 38% pour les produits découpés. Les jambons représentent à eux seuls une part de marché de 4% et le total des produits élaborés s'élèvent à 23%. (*Magdelaine, 2008*). De ce fait, pour répondre au développement du marché des produits élaborés, les opérateurs des filières de type chair tournent de plus en plus leur regard vers la production de poulets lourds. Le rendement en viande supérieur couplé à un prix de vif inférieur rendent en effet les souches lourdes très attractives vis-à-vis de la dinde, connue pour sa difficulté à être élevée. (*Viénot., 2008*). De plus, ces nouveaux produits nécessitent pour les abatteurs et les transformateurs de maîtriser la qualité technologique et nutritionnelle de la viande de volaille, afin de proposer des produits adaptés au marché et garantissant un niveau de qualité optimale aux consommateurs. Cependant, la position exportatrice de la France s'est considérablement affaiblie dès la fin des années 90 avec un recul des exportations globales de près de 40% de 1998 à 2006. Depuis 1998, la concurrence des produits congelés importés des Pays Tiers et notamment du Brésil ont induit un recul des exportations françaises sur le marché européen (*Magdelaine, 2008*). Ces produits entrent donc en concurrence avec les souches lourdes sur le marché des produits élaborés, d'où la nécessité de connaître la qualité de l'ensemble des produits disponibles sur le marché, à disposition des transformateurs afin de rester compétitif.

Contexte scientifique

La préoccupation actuelle des abattoirs porte donc sur l'amélioration des qualités organoleptiques mais également technologiques des viandes. Les industriels observent en effet des problèmes de qualité technologique de la viande et une importante hétérogénéité sans pouvoir en définir l'origine en raison du manque de connaissance sur l'aptitude à la transformation des viandes de volaille (*Gigaud et Berri C, 2007*) et du caractère multifactoriel de la qualité. Cette hétérogénéité a déjà été observée mais uniquement sur les poulets standards et labels (*Gigaud et al., 2006*). Il n'y a à ce jour aucune donnée sur le poulet lourd. Ainsi dans cette étude l'objectif était dans un premier temps de caractériser le niveau qualitatif des viandes pour la conception des produits élaborés. Pour ce faire il a fallu étudier la variabilité actuelle en termes de qualité technologique de la matière première à disposition des transformateurs mais aussi celle de la teneur en gras intramusculaire qui influence la qualité diététique du produit final. Dans un second temps, il était important de déterminer quels sont les facteurs pouvant influencer la qualité de la matière première grâce aux informations recueillies sur les différents lots.

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Transformation du muscle en viande et défauts de qualité

La transformation du muscle en viande se décompose en deux étapes dépendantes l'une de l'autre. La première appelée rigidité cadavérique pendant laquelle le muscle va s'acidifier et se durcir puis vient la maturation ou la viande s'attendrit progressivement. Ces deux étapes sont déterminantes puisqu'elles conditionnent la cinétique de chute de pH *post mortem* et donc la qualité de la viande.

En effet les qualités organoleptiques et technologiques sont influencées à la fois par la vitesse de chute de pH dans le muscle après la mort ainsi que son niveau final stable (pH ultime). En découle alors des défauts de qualité déjà identifiés chez le porc :

- Viandes Pale Soft Exsudative (PSE)

Ce défaut est dû à une vitesse d'acidification excessive due à une dégradation trop rapide de l'ATP accompagnée d'une consommation accélérée du glycogène conduisant à une acidification brutale et intense provoquant une entrée en *rigor mortis* précoce. Le pH 15 minutes post mortem de ces viandes est proche du pH_u alors que le muscle est encore chaud. Ces viandes se caractérisent par des pertes en eau par exsudation de la viande fraîche importantes et une texture de la viande cuite plus dure.

- Viandes acides

Elles se caractérisent par un pH_u bas pouvant entraîner des modifications structurales importantes au niveau du muscle avec des répercussions importantes sur la qualité technologique, notamment le pouvoir de rétention en eau. Ce phénomène est dû à un potentiel glycolytique trop élevé permettant une production importante d'acide lactique par la glycolyse. Ces viandes sont pâles et moins tendres.

- Viandes Dark Firm Dry

Dans ce cas l'acidification du muscle n'est pas assez importante après la mort de l'animal. Ceci est dû à des réserves en glycogène trop faibles ne permettant pas une diminution assez importante du pH, l'entrée en *rigor mortis* se fait donc à pH élevé.

Les indicateurs de la qualité

Il existe différents paramètres qui caractérisent la qualité de la viande.

Potentiel glycolytique et pH

Le potentiel glycolytique détermine les réserves en glycogène de l'animal au moment de sa mort et donc par conséquent la cinétique de chute du pH. En effet, de l'utilisation plus ou moins rapide de la réserve en glycogène dépend la production d'acide lactique et donc le pH du muscle.

De plus la valeur de pH est très importante car elle est fortement corrélée aux autres paramètres indicateurs de la qualité. C'est aussi un très bon indicateur des propriétés sensorielles et visuelles de la viande, de la durée de conservation et de ses capacités à être transformé. L'évolution du pH post-mortem est caractérisée par la vitesse et l'amplitude de sa chute. La vitesse de chute du pH est directement proportionnelle à l'activité d'hydrolyse de l'ATP mesurée par le pH à 15 minutes post-mortem et l'amplitude par le pH ultime, 24 heures après la mort de l'animal. Plusieurs études ont montré une forte corrélation négative entre le pH_u et la luminance (L^*) (Gigaud *et al.*, 2008). La vitesse de chute de pH peut modifier les caractéristiques de la viande notamment sa capacité à retenir l'eau (Touraille, 1983). En effet, quand le pH s'éloigne du point isoélectrique des protéines (pH_i=5), le réseau protéique s'écarte laissant plus ou moins de place disponible pour l'eau ce qui entraîne des modifications du pouvoir de rétention en eau. Les viandes à tendance acide retiennent donc mal l'eau. Ceci a des répercussions sur la résistance au cisaillement, en effet plus le pH_u est acide, plus les pertes en eau sont importantes et par conséquent la viande est dure.

Couleur

Les trois composantes permettant de mesurer la couleur sont la luminance (L^*) qui représente la clarté du filet, la composante rouge (a^*) et la composante jaune (b^*).

La couleur dépend de nombreux facteurs comme la concentration en pigments héminiques (particulièrement la myoglobine) mais aussi de l'état chimique de ces derniers et des caractéristiques physico-chimiques de la viande (*Renner, 2006*). Il existe une forte corrélation négative entre le pH ultime et la luminance. Plus les filets sont acides, plus leur couleur est claire. La couleur peut donc avoir un pouvoir prédictif de la qualité de la viande.

Pertes à la cuisson

Le pouvoir de rétention en eau (PRE) de la viande fraîche est une caractéristique essentielle pour la fabrication de jambon cuit et de tous autres produits issus de la transformation. L'eau se retrouve sous deux formes dans le muscle : une forme libre immobilisée dans le muscle et une forme liée aux protéines par des liaisons hydrogènes plus ou moins faibles. Or, les protéines sont amphotères, leur charge va varier en fonction du pH et de l'environnement. Si le pH augmente par rapport au pH isoélectrique, les protéines vont créer des répulsions entre elles, le réseau va alors s'écarter laissant une place disponible pour l'eau et augmentant ainsi le PRE. En revanche, si le pH de la viande est proche du pH isoélectrique des protéines les interactions entre elles et l'eau seront faibles et la viande retiendra mal l'eau (*Monin, 1988*).

Résistance au cisaillement

La force de cisaillement obtenue avec l'appareil de Warner-Bratzler est généralement la mieux corrélée avec la tendreté estimée par un jury d'analyse sensorielle (*Tornberg, 1996*). Il existe d'autres indicateurs de la tendreté de la viande tels que la longueur des sarcomères (indiquant l'état de contraction du muscle) ou l'index de fragmentation des myofibrilles (lié à l'état de maturation) (*Santé et al., 2001*). Dans le cas de la viande de volaille, les problèmes de texture relèvent aussi bien d'une dureté excessive que d'un manque de cohésion de la viande. Le développement de la découpe des carcasses chaudes alors que le muscle n'est pas encore en *rigor* dans la filière avicole est devenu un réel problème car cela augmente les risques de durcissement de la viande. En effet, une découpe trop précoce des filets augmente significativement la dureté des filets et ce quelque soit le type génétique (*Gigaud et Berri, 2006*). De plus ce paramètre est aussi corrélé au pHu, les filets présentant un pH acide se caractérisent par une tendreté faible révélée par une force de cisaillement très élevée (*Gigaud et Berri, 2008*) due à un faible PRE engendrant des viandes dures après cuisson.

Lipides intramusculaires

La qualité de la viande s'apprécie également par sa valeur nutritionnelle. En effet, le consommateur est de plus en plus soucieux de la composition de son alimentation et notamment de la teneur en lipides des produits. De ce fait, les industriels souhaitent développer des produits « maigres ».

Les lipides intramusculaires sont divisés en deux catégories : les lipides de réserve et les lipides membranaires. Les premiers sont majoritairement des triglycérides et les seconds sont constitués de phospholipides et de cholestérol. Chez la volaille, la cuisse est la plus grasse (3,9%), le filet contenant 1,33% de lipides. Aujourd'hui les teneurs en gras intramusculaire chez le poulet sont inexistantes à grande échelle.

Facteurs de la variabilité

La variabilité de la qualité va dépendre des caractéristiques intrinsèques à l'animal (souche, sexe, poids vif, âge, réaction vis-à-vis du stress etc..) mais aussi des facteurs d'élevage, d'alimentation, des conditions d'abattage (mode de narcose, délai de découpe).

Souche

Il semble qu'il existe des différences de potentiel glycolytique entre types de production : le muscle du filet des poulets Labels présentant des réserves en glycogène supérieures au moment de l'abattage que les poulets standards (*Debut et al., 2004*). La vitesse de chute du pH varie aussi entre types génétiques et suivant les individus eux-mêmes. Les poulets à croissance rapide sélectionnés pour leur rendement en filet présentent une vitesse et une amplitude de chute du pH moins prononcées que les poulets à croissance lente (*Berri, 2000*). Ainsi plus le poids vif et donc celui du filet augmente plus le potentiel glycolytique du *Pectoralis major* diminue (*Berri et al., 2001*).

Les différences importantes du métabolisme *post-mortem* entre différents types génétiques se répercutent sur leur propriété de rétention en eau à l'état frais mais aussi sur leurs propriétés au cours de processus de transformation en blanc de poulet (*Jehl et al., 2001*).

Sexe

Le sexe a une influence sur plusieurs paramètres de la qualité. En effet *Debut (2004)* et *Berri (2000)* rapportent que la viande de femelle est moins exsudative et plus tendre. Néanmoins, *Gigaud et al., (2007)* ont rapporté un effet sexe sur les teneurs en glycogène, celle-ci étant plus importante chez les femelles avec un pH inférieur et par conséquent une viande plus sombre et un pourcentage d'exsudat supérieur. L'effet du sexe sur la couleur de la viande est controversé alors qu'il est reconnu que les mâles sont moins gras (à âge équivalent) et grossissent plus vite que les femelles.

Age

La teneur en glycogène du *Pectoralis major* semble diminuer avec l'âge des animaux quelque soit leur vitesse de croissance (*Berri et al., 2005*). Les poulets élevés plus longtemps auront un pH plus élevé. De plus, il a été remarqué une baisse de la quantité de collagène et une augmentation de sa solubilité avec l'âge des animaux (*Fiardo, 2003*). Quand on diminue l'âge à l'abattage la saveur de la viande diminue alors que la tendreté et la jutosité augmentent.

Poids vif

Dans un même lot, la variabilité de poids des oiseaux peut être très importante (*Gigaud et Berri, 2007*). Elle peut être due à la variabilité individuelle mais aussi au dimorphisme sexuel. Ces différences de croissance pourraient expliquer certaines différences au niveau du métabolisme *post-mortem*.

Délai de découpe

Le délai entre abattage et découpe influence de manière importante la résistance au cisaillement des filets cuits : la résistance diminue régulièrement avec l'augmentation des délais de découpe et ce quelque soit le génotype (*Berri et al., 2007*). Un délai de découpe trop précoce des filets augmente significativement la dureté des filets (*Gigaud et Berri, 2006*). Un délai minimal de 4 heures entre abattage et découpe est généralement recommandé par la littérature afin d'éviter le « cold-shortening » ou contracture à froid. Ce phénomène intervient lorsque le pH est élevé et la température basse. D'autres caractéristiques peuvent être influencées par ce délai de découpe. Ainsi des filets découpés 6 heures après l'abattage sont plus clairs, plus rouges et plus jaunes que la viande découpée plus précocement (*Gigaud et Berri, 2006*). Il apparaît clairement que le délai de découpe a un effet sur la qualité et plus particulièrement sur la texture de la viande.

Autres facteurs

Les conditions environnementales *ante mortem* ont un impact non négligeable sur la variabilité inter-lot. Cependant d'autres facteurs tels que des techniques d'élevage, la durée de mise à jeun, la durée de transport, la durée de ramassage, la durée d'attente à l'abattoir peuvent aussi expliquer la variabilité observée et donc influencer la qualité future de la viande.

MATERIEL ET METHODE

Echantillonnage

L'étude porte sur 19 lots de poulets représentant des mesures sur 3580 filets issus de 8 sites industriels différents. En effet chaque partenaire a fourni, pour chacun des lots, 200 filets gauches (pour avoir un seul filet par animal et augmenter par la même la variabilité) et les informations permettant de caractériser les élevages.

Les lots étudiés sont caractérisés par des âges, des poids d'abattage, des souches très variés de différentes provenances géographiques différentes (France et Brésil)

Tableau I : Caractéristiques des lots de poulets étudiés

lot	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Origine	F	F	F	F	B	F	F	B	F	F	F	F	F	B	F	F	B	F	F
PV	4.47	4.20	4.79	2.38	3.10	3.68	2.81	2.30	3.09	4.77	4.58	3.34	4.24	2.90	3.97	3.30	2.45	4.63	4.33
AGE	66	67	64	43	48	50	46	42	51	63	62	51	59	47	56	52	45	59	60
Sexe	M	M	X	X	X	M	M	X	M	M	M	M	M	M	M		X	M	M
Souche	E	E	E	D	B	H	C	B	E	A	A	H	A	F	E	G	C	E	E
Site	1	1	1	2	3	8	4	5	8	6	6	8	6	7	7	2	5	6	6

F : France B : Brésil ; PV : poids vif en kg ; Age en jours ; M : mâle X : males et femelles

Les mesures de qualité technologique

Mesures réalisées à l'abattoir (J+1 après abattage)

Mesure du pHu

Elle a été réalisée en salle de découpe de l'abattoir à l'aide d'un pH mètre WWT-modèle 330i, en insérant directement une électrode en xérolite de verre, dans la viande. Après étalonnage, les mesures ont été effectuées sur la face interne du *Pectoralis major* au cœur du filet



Mesure de la couleur

Elle est mesurée en parallèle du pHu sur la face interne du *Pectoralis major* sur la partie la plus épaisse du filet dépourvue d'aponévrose. L'appareil utilisé est un spectrophotomètre HunterLab, Reston, VA Miniscan. La couleur a été évaluée dans le système trichromatique CIE L* a* b* correspondant respectivement à la luminance (L*) et aux intensités de rouge (a*) et de jaune (b*).

Chaque filet a été également pesé avec et sans le *Pectoralis minor* (aiguillette) afin d'observer la variabilité de calibre intra-lot.

Mesures réalisées au laboratoire (J+1 & J+2)

Parmi les 200 filets analysés à l'abattoir, 90 sont identifiés et transportés en glacière au laboratoire. Dans un premier temps, ces derniers ont été analysés par la SPIR. Puis le jour même, les 30 filets dédiés à la mesure des pertes à la cuisson ont été parés, mis sous vide et conservés à 4°C.

Les 30 filets réservés aux mesures de la teneur en lipides intramusculaires ont également été mis sous vide et congelés. Pour finir, les 30 filets dédiés à la mesure du rendement Napole ont été réservés en chambre froide (4°C) jus qu'au lendemain.

Mesure de rendement technologique après saumurage-cuisson (J+2)

La mesure du rendement technologique après saumurage cuisson a été réalisée grâce à un protocole dérivé de celui de Naveau (1986) établi chez le porc sous la désignation de « Rendement Napole ». Le but est était ici d'évaluer le rendement à la transformation de la viande à partir d'une faible quantité de matière. Pour ce faire 100 g de filet coupés en morceaux d'un cm³ sont saumurés et placés 24 h à 4°C puis cuits au bain marie et égouttés. Ainsi la quantité de matière nécessaire pour obtenir un certain poids de « jambon » peut être déterminée par pesée différentielle.

Mesure des pertes à la cuisson (J+2)

Chacun des 30 filets a été paré à 100 g ou 200g suivant les lots pour standardiser la cuisson, mis sous vide et cuits à 85°C au bain-marie pour obtenir une température à cœur de 72°C. Sortis du bain-marie, les filets ont été essuyés puis pesés. Par pesée différentielle (avant et après cuisson), il est possible de déterminer le pourcentage de pertes à la cuisson.



Mesure de la résistance au cisaillement (J+2)

L'objectif est de déterminer la tendreté de la viande pour 30 filets par lot (filets servant à la mesure des pertes à la cuisson). Pour chaque filet, cette mesure se fait sur 3 échantillons parallépipédiques d'un cm² et de 3 cm de longueur coupé dans le sens longitudinal des fibres musculaires. Chaque échantillon était ensuite analysé grâce à une cellule de Warner-Bratzler montée sur une machine en traction-compression de type INSTRON 5543. L'échantillon était cisailé, la force maximale de compression de chaque échantillon était relevée. Une moyenne des trois répétitions par filet était calculée.

Quantification des lipides intramusculaires



Douze filets par lot ont été analysés selon la méthode de référence de Folch et al., (1957). La méthode consiste en l'utilisation d'un mélange chloroforme-méthanol pour séparer la fraction lipidique des autres constituants. Une première étape est la décantation au terme de laquelle on récupère la phase lipidique retrouvée dans la phase chloroformique qui est ensuite placée dans un évaporateur rotatif permettant d'éliminer le chloroforme. Les dernières traces de chloroforme sont éliminées après passage dans un dessiccateur. Le pourcentage de lipides contenu dans l'échantillon est ensuite déterminé par rapport à la masse initiale de l'échantillon.

Analyses Statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées avec les logiciels SAS (v 9.0), StatView et SPAD. L'analyse descriptive a été faite avec la procédure UNIVARIATE de SAS puis une analyse des corrélations entre les critères de qualité a été réalisée par la procédure CORR du logiciel SAS.

Des analyses de variance avec la procédure GLM (General Linear Model) suivies d'un test de Scheffe dans le cas d'effets significatifs ont été réalisées afin d'évaluer l'impact du pHu, de la couleur, de la souche, l'origine, le poids vif, l'âge sur les pertes à la cuisson, le rendement technologique, la dureté des viandes.

Les graphiques ont été réalisés avec le logiciel StatView.

RESULTATS

Statistiques descriptives

Les statistiques descriptives pour les variables pHu, L*, a*, b* et le poids des *Pectoralis major* sont décrites dans le tableau II.

Tableau II : Statistiques descriptives des paramètres de la qualité

Variables	effectif	moyenne	CV	écart-type	minimum	maximum
Poids PM (g)	3242	306,1	31,98	97,9	101,6	591,0
L	3244	48,67	6,47	3,15	36,78	60,1
a*	3245	-0,37	276	1,02	-3,79	4,17
b*	3245	8,48	21,46	1,82	2,86	15,8
pHu	3242	5,85	2,56	0,15	5,35	6,56
Rendement Napole(%)	568	78,90	4,85	3,83	65,05	87,29
Pertes à la cuisson (%)	567	12,95	2,33	3,02	3,89	24,77
Dureté (N)	545	17,84	2,82	5,04	8,58	33,35
Lipides (%)	244	1,43	37,8	0,54	0,46	3,30

CV : coefficient de variation ramené à 100 ; PM=Pectoralis Major

Ce tableau montre des effectifs légèrement variables suivant les paramètres de qualité car toutes les valeurs aberrantes ont été supprimées afin d'obtenir une distribution normale. Une valeur de pHu a été retirée. Les autres valeurs manquantes sont dues à des erreurs de manipulation. Les valeurs de Kurtosis et Skewness représentent respectivement l'aplanissement et l'asymétrie de la courbe de normalité. La distribution est proche de la normalité quand ces coefficients sont proches de 0.

On observe un pHu moyen de 5,85 sur l'ensemble de l'étude. De plus au vu des coefficients de variation on remarque une importante variabilité concernant le poids des filets, l'indice de rouge, l'indice de jaune et la teneur en lipides intramusculaires.

Corrélations entre les différents paramètres et indicateurs de la qualité

Les corrélations ont été estimées pour chaque critère de qualité ainsi que pour le poids des *Pectoralis major*. Ceci dans le but de pouvoir comparer ces valeurs aux résultats déjà obtenus en standard et en label et de caractériser ce type génétique qu'est le poulet lourd.

Tableau III : Corrélations entre les différents paramètres de la qualité étudiés

	pHu	L*	a*	b*	Poids PM (g)	Rendement Napole (%)	Pertes à la cuisson (%)	Dureté (N)
pHu	1	-0,41 ***	-0,08 ***	-0,21 ***	-0,03 ns	0,23 ***	-0,11 **	-0,19 ***
L*		1	-0,17 ***	0,11 ***	0,12 ***	-0,26 ***	0,38 ***	0,14 **
a*			1	-0,01 ns	0,36 ***	-0,08 ns	0,04 ns	-0,03 ns
b*				1	-0,36 ***	0,21 ***	0 ns	0,22 ***
Poids PM (g)					1	-0,17 ***	0,19 ***	-0,32 ***
Rendement Napole (%)						1	.	.
Pertes à la cuisson (%)							1	0,13 *
Dureté (N)								1

On observe de nombreuses fortes corrélations. En effet le pHu est corrélé négativement à la luminance (-0,41) et dans une moindre mesure à la composante jaune (-0,21) et au rendement Napole (0,23). Les filets à tendance acides seront donc plus claires, plus jaunes avec de moins bons rendements à la transformation.

Concernant les composantes de la couleur, des corrélations sont observées entre la clarté et le rendement Napole (-0,26) d'une part et les pertes à la cuisson (0,38) d'autre part. Un filet clair se caractérise donc par un rendement inférieur et d'importantes pertes à la cuisson. L'indice de rouge est corrélé au poids des filets (0,36), les filets les plus lourds semblent les plus rouges.

De plus, le poids des *Pectoralis major* est corrélé négativement à la dureté (-,32) signifiant que plus le filet est lourd plus il est tendre après cuisson.

En résumé on observe une forte corrélation négative entre le pHu et la luminance, entre le poids du *Pectoralis major* et la composante b* et une corrélation positive entre le poids du *Pectoralis major* et la composante b*. Les autres corrélations sont beaucoup plus faibles.

Variabilité inter et intra-lot

Au vu des résultats de l'étude statistique descriptive, une variabilité a pu être observée, c'est ce que nous souhaitons détailler dans ce paragraphe.

Variabilité intra-lot

La variabilité intra lot permet d'évaluer pour un lot issu d'un même élevage et abattu dans les mêmes conditions, la dispersion des valeurs autour de la moyenne pour chaque paramètre de qualité.

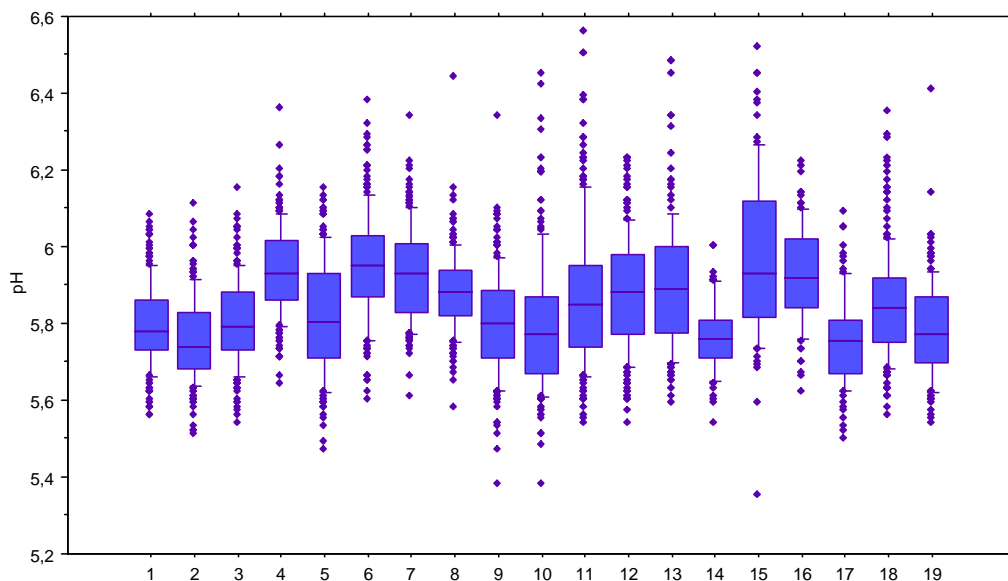


Figure 1 : Variabilité du pHu intra-lot suivant les 19 lots de l'étude

Au regard du graphique précédent on remarque une grande variabilité de pHu pour un même lot. La dispersion des valeurs est en effet très marquée allant de 5,35 à 6,52 pour le lot 15 soit une amplitude de 1,17 points de pHu.

En ce qui concerne la luminance on observe des valeurs qui s'étendent de 36,8 à 59,6 soit une amplitude de 22,8 points au sein d'un même lot. La variabilité concernant les valeurs de pHu se retrouvent donc pour la luminance ce qui signifie que dans un même lot la couleur du filet peut être très variable. Cette variabilité se retrouve pour l'indice de rouge, les valeurs variant de -3,79 à 4,17, c'est-à-dire qu'une amplitude de 7,96 points peut être trouvée au sein du même lot, et donc des filets très rouges peuvent côtoyer des filets « gris ». Comme

pour les deux paramètres de couleurs précédents, la composante b* présente une variabilité importante avec des valeurs allant de 2,86 à 15,80 soit une différence de 12,94 points.

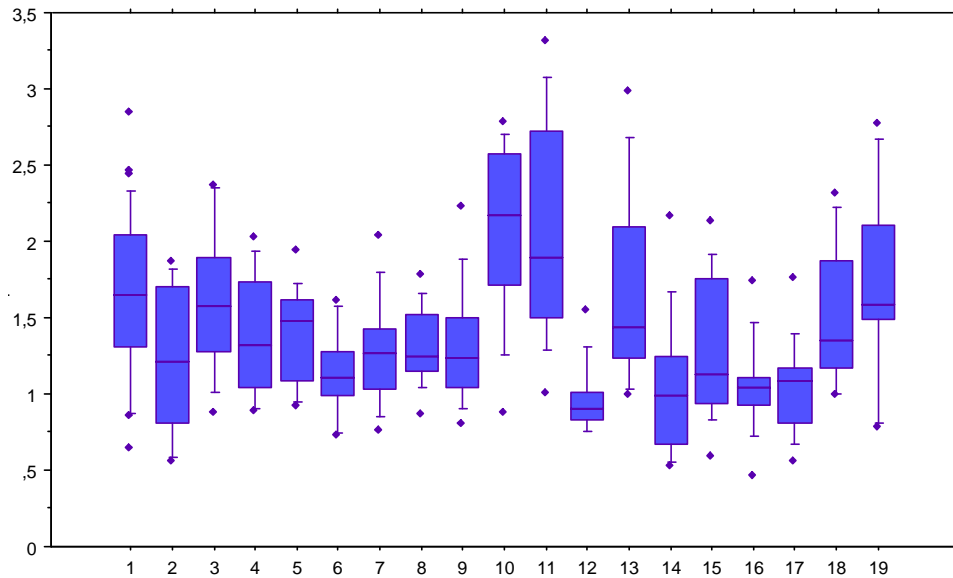


Figure 2 : Variabilité de la teneur en lipides intramusculaire suivant les 19 lots étudiés

Le graphique précédent illustre une grande variabilité de la teneur en lipides. Au sein d'un même lot l'amplitude atteint 2,2 % entre la valeur minimum (1 %) et maximum (3,3 %) (Lot 11). On observe de même une grande variabilité des poids des filets au sein d'un lot (393 g de différence pour le lot 1) et donc des calibres d'animaux très différents pour un même élevage.

Variabilité inter-lot

La variabilité inter lot correspond à l'hétérogénéité observée entre les lots. Elle peut s'expliquer par l'influence de différents paramètres de pré-abattage ou d'abattage comme l'abattoir, la souche, l'origine, le poids vif, l'âge et le sexe des animaux mais aussi le délai de découpe. En effet dans cette étude les 19 lots provenaient d'élevages différents, et ont par conséquent des caractéristiques différentes.

En effet, les 19 lots présentent des poids vif moyen et des âges très variables ce qui nous a conduit à créer des classes. A l'aide du logiciel SPAD ces variables ont été rangées par classe en fonction des fréquences. Cinq classes de poids ont été créées :

- Classe 1 : Poids vif < 2,90 kg
- Classe 2 : 2,90 kg ≤ poids vif < 4,20 kg
- Classe 3 : 4,20 kg ≤ poids vif < 4,33 kg
- Classe 4 : 4,33 kg ≤ poids vif < 4,63 kg
- Classe 5: Poids vif ≥ 4,63 kg

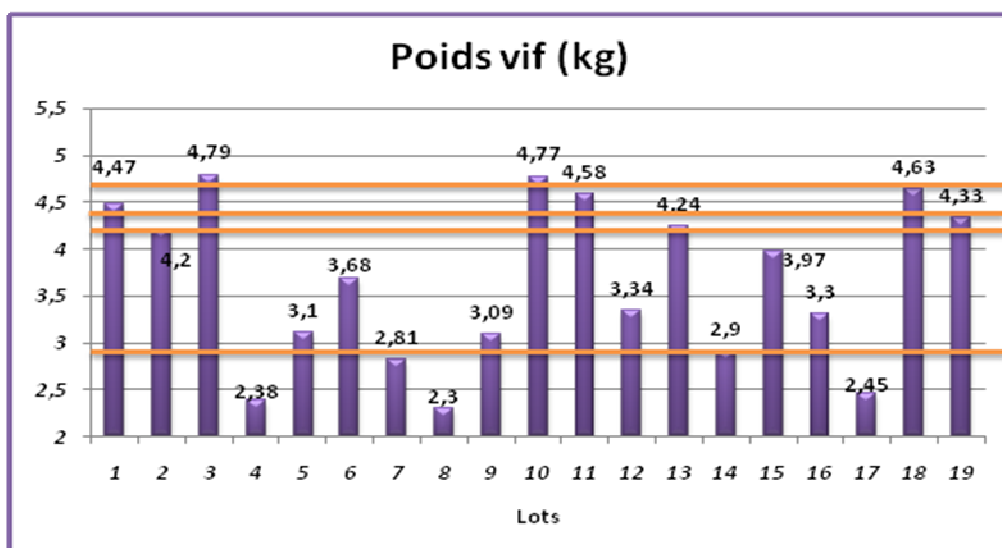


Figure 3 : Variabilité du poids moyen vif des animaux et représentation des classes

De même les âges d'abattage des 19 lots variant entre 42 jours et 67 jours ,4 classes d'âge ont été créées :

- Classe 1 : âge < 48 jours
- Classe 2 : 48 jours ≤ âge < 59 jours
- Classe 3 : 59 jours ≤ âge < 63 jours
- Classe 4 : âge ≥ 63 jours

L'analyse de la variabilité des moyennes de pHu inter lot révèle des différences importantes entre les 19 lots. Les moyennes de pHu s'étendent de 5,76 à 5,98 soit un écart de 0,22 point de pH ce qui n'est pas négligeable en terme de qualité technologique. Les paramètres de la couleur sont très hétérogènes. Les valeurs de L* oscillent entre 44,18 et 51,2. Concernant l'indice de rouge les valeurs s'étendent de -1,77 à 0,71 et un écart de 5,36 points est observé pour l'indice de jaune. La moyenne la plus faible pour la teneur en lipides intramusculaires est de 0,97 % pour le lot 12 tandis que le lot 11 présente un pourcentage moyen de 2,07 %.

L'étude montre une grande variabilité entre les 19 lots concernant les paramètres de la qualité que sont le pHu, les composantes de la couleur et la teneur en gras intramusculaire. Cette variabilité se retrouve logiquement pour les autres estimateurs de la qualité que sont le rendement Napole (de 73,31 % à 84,33 %), les pertes en eau à la cuisson (6,88 % à 14,60 %) et la texture (de 14,03 N à 26,07 N).

Impact des différents facteurs relevés

Effet origine (France vs Brésil)

Les 19 lots nous ont été fournis par des industriels français mais 4 lots étaient d'origine brésilienne. Nous avons cherché à savoir si l'origine (française ou brésilienne) pouvait avoir une influence sur les paramètres de qualité.

Tableau IV : Effet de l'origine sur les différents indicateurs de la qualité

		pHu	L*	a*	b*	Poids PM (g)	Pertes à la cuisson (%)	Rdt Napole (%)	Dureté (N)	Lipides (%)
BRESIL	μ	5,82	47,67	-0,77	10,34	191	12,20	79,81	22,01	1,20
	ET	0,13	2,81	1,00	1,74	26	3,70	2,94	5,87	0,37
FRANCE	μ	5,86	48,88	-0,29	8,10	330	13,15	78,65	16,88	1,48
	ET	0,16	3,18	1,00	1,58	90	2,78	4,00	4,29	0,56
p		***	***	***	***	***	**		***	**

μ : moyenne ; ET : écart-type ; *** p<0,001, ** p<0,01, * p<0,05 ; PM=Pectoralis Major

On note une moyenne de pHu plus élevée pour les filets d'origine française mais cette différence reste très faible. En revanche, des différences significatives sont observées pour les composantes de la couleur mais aussi pour les poids de filet. Les filets brésiliens apparaissent moins clairs, beaucoup moins rouges et plus jaunes.

Les filets brésiliens présentent des pertes à la cuisson moins importantes mais des viandes plus dures. Cependant les filets brésiliens présentent un rendement plus élevé d'un point et un pourcentage en gras intramusculaire moins élevé (1,20%) que ceux d'origine française (1,48%). Cependant ces résultats sont à considérer avec précaution, les filets brésiliens étant congelés puis décongelés et par leur effectif moindre par rapport aux lots français.

Effet abattoir

Au regard du tableau suivant on observe un effet abattoir sur tous les paramètres étudiés.

Tableau V : Effet de l'abattoir sur les différents paramètres indicateurs de la qualité

		ABATTOIR								
		1	2	3	4	5	6	7	8	p
Effectif		n=598	n=290	n=200	n=200	n=290	n=905	n=180	n=598	
pHu		5,79 ^e ±0,11	5,93 ^a ±0,12	5,82 ^{de} ±0,15	5,93 ^{ab} ±0,12	5,84 ^{cd} ±0,12	5,84 ^{cd} ±0,17	5,88 ^{bc} ±0,20	5,87 ^c ±0,15	**
L*		49,07 ^b ±3,02	47,24 ^{de} ±2,46	48,02 ^d ±2,76	50,79 ^a ±2,14	48,17 ^{cd} ±2,49	48,87 ^{bc} ±3,49	46,53 ^e ±3,21	49,01 ^b ±3,02	**
a*		0,15 ^a ±0,92	-0,87 ^c ±0,72	-1,22 ^{de} ±0,81	-0,95 ^{cd} ±0,99	-0,36 ^b ±0,99	0,19 ^a ±0,88	-1,49 ^e ±0,88	-0,71 ^c ±0,68	**
b*		8,79 ^{cd} ±1,55	7,91 ^e ±1,26	9,61 ^b ±1,50	8,88 ^{cd} ±1,58	10,92 ^a ±1,76	7,11 ^f ±1,23	9,23 ^{bc} ±1,60	8,65 ^d ±1,46	**
Effectif		n=90	n=60	n=30	n=30	n=60	n=150	n=60	n=90	
Dureté (N)		15,71 ^a ±3,18	15,22 ^a ±3,60	24,7 ^b ±4,96	26,07 ^b ±3,38	23,54 ^b ±5,47	16,74 ^a ±3,73	17,1 ^a ±3,87	16,49 ^a ±3,61	***
Pertes à la cuisson (%)		15,71 ^a ±3,18	15,22 ^a ±3,60	24,7 ^b ±4,96	26,07 ^b ±3,38	23,54 ^b ±5,47	16,74 ^a ±3,73	17,1 ^a ±3,87	16,49 ^a ±3,61	***
Rendement Napole (%)		80,8 ^{bc} ±4,27	80,1 ^{bc} ±3,17	79,75 ^{ac} ±3,02	80,64 ^{bc} ±2,45	79,53 ^{bc} ±3,10	76,55 ^a ±3,87	79,89 ^{bc} ±2,58	78,1 ^{ac} ±3,35	***
Effectif		n=53	n=24	n=12	n=11	n=24	n=60	n=24	n=36	
Lipides (%)		1,55 ^{ab} ±0,53	1,22 ^b ±0,38	1,39 ^{ab} ±0,32	1,28 ^b ±0,35	1,18 ^b ±0,31	1,81 ^a ±0,63	1,19 ^b ±0,49	1,14 ^b ±0,33	***

*** $p < 0,001$, ** $p < 0,01$, * $p < 0,05$; Les valeurs portant des lettres différentes sont significativement différentes, les valeurs portant au moins une même lettre ne sont pas significativement différentes.

Des différences de moyenne de pHu sont observées entre abattoirs même si ces valeurs restent optimales (entre 5,8 et 5,9).

Concernant la composante b*, les filets les plus jaunes ont été observés pour l'abattoir 5 (10,92) suivi de l'abattoir 3 (9,61). Ces derniers filets provenaient de lots brésiliens où les poulets ont un régime alimentaire à base de maïs ce qui expliquerait la couleur jaune de la viande.

Effet souche

Parmi les 19 lots étudiés, 8 souches différentes ont été observées. Dans les tableaux suivants nous avons cherché à identifier l'effet de la souche sur les différents paramètres de la qualité.

Tableau VI : Effet de la souche sur les paramètres de la qualité

SOUCHE									p
A	B	C	D	E	F	G	H		
	n=554	n=490	n=200	n=200	n=1239	n=90	n=90	n=398	
pHu	5,85 ^b ±0,18	5,83 ^{bc} ±0,13	5,93 ^a ±0,12	5,94 ^a ±0,11	5,81 ^{cd} ±0,14	5,76 ^d ±0,09	5,93 ^a ±0,13	5,91 ^a ±0,15	***
L*	48,6 ^{bc} ±3,53	48,11 ^c ±2,60	50,79 ^a ±2,14	47,72 ^c ±2,31	49,08 ^b ±3,17	44,79 ^d ±2,41	46,17 ^d ±2,46	48,89 ^b ±2,94	***
a*	0,41 ^a ±0,83	-0,71 ^{cd} ±1,01	-0,95 ^d ±0,99	-0,69 ^{cd} ±0,70	-0,23 ^b ±1,02	-1,15 ^d ±0,83	-1,27 ^d ±0,60	-0,67 ^c ±0,67	***
b*	7,24 ^e ±1,31	10,38 ^a ±1,78	8,88 ^{bc} ±1,58	7,80 ^d ±1,26	8,15 ^d ±1,62	10,03 ^a ±1,38	8,15 ^{cd} ±1,25	8,86 ^b ±1,44	***
Poids PM (g)	402 ^a ±71	189 ^f ±25	274 ^c ±22	225 ^e ±30	358 ^b ±79	202 ^{ef} ±30	230 ^{de} ±25	246 ^d ±35	***

*** $p < 0,001$, ** $p < 0,01$, * $p < 0,05$; PM=Pectoralis Major; Les valeurs portant des lettres différentes sont significativement différentes, les valeurs portant au moins une même lettre ne sont pas significativement différentes

La souche a donc un effet sur les valeurs de pHu même si les valeurs moyennes restent dans une tranche optimale comprise entre 5,8 et 5,9. Les filets avec un pHu plus acide sont plus sombres et plus jaunes. Ceci est donc en accord avec les précédentes corrélations obtenues. En règle générale les filets les plus lourds sont donc les plus rouges correspondant à la souche A. De plus on peut observer que cette même souche présente les rendements Napole les plus faibles et une teneur en gras intramusculaire plus élevée. A l'inverse la souche B présente quant à elle la meilleure moyenne de rendement mais plus de pertes en eau à la cuisson qui se traduit par une viande plus dure.

Effet sexe

L'effet observé n'est pas strictement un effet sexe car les lots étudiés étaient soit exclusivement mâle ou un mélange de mâles et femelles (nommé mix).

Tableau VII: Effet du sexe sur les paramètres de la qualité

	SEXE		p
	♂	♀	
Effectif	n=2283	n=888	
pHu	5,85 ±0,16	5,85 ±0,13	ns
L*	48,89 ±3,30	48,36 ±2,66	***
a*	-0,33 ±0,99	-0,39 ±1,08	ns
b*	8,19 ±1,64	9,29 ±2,06	***
Poids PM (g)	331 ±87	249 ±101	***
Effectif	n=390	n=150	
Rendement Napole (%)	78,65 ±2,14	79,35 ±3,42	ns
Pertes à la cuisson (%)	12,90 ±3,14	13,56 ±2,48	ns
Dureté (N)	17,21 ±4,48	20,53 ±6,03	***
Lipides (%)	1,48 ±0,59	1,34 ±0,39	*

ns : non significatif ; * $p < 0,05$; ** $p < 0,001$; *** $p < 0,0001$, PM=Pectoralis Major

Le sexe n'a pas d'effet significatif sur le pHu, l'indice de rouge (a*) des filets. En revanche il a un effet significatif sur la clarté des filets (L*) même si la différence est trop faible pour observer une différence à l'œil nu.

Les filets provenant des lots mixtes sont plus jaunes et moins lourds. Toutefois l'ensemble des lots d'origine brésilienne sont mixtes et de plus petits calibres expliquant ce résultat.

Le sexe n'a pas non plus d'effet significatif sur le rendement technologique ni sur les pertes à la cuisson. En revanche, la dureté des filets « mix » est plus élevée, les filets mâles seraient donc plus tendres. Cependant les filets des lots « mix » étaient abattus en ligne et la dureté s'expliquerait donc par un délai de découpe trop précoce.

Le sexe a un effet faible sur la teneur en lipides avec une tendance à être plus élevé pour les lots uniquement mâle sans doute parce que les lots mâles sont aussi plus lourds.

Effet âge

L'âge a un effet très significatif sur tous les paramètres de qualité (Tableau VIII).

Tableau VIII : Effet de l'âge sur les paramètres de la qualité

Classe d'âge	AGE				p
	Classe 1 < 48 j n=333	Classe 2 48j-59j n=396	Classe 3 59j-63j n=252	Classe 4 ≥ 63j n=305	
pHu	5,88 ^a ±0,13	5,88 ^a ±0,16	5,85 ^b ±0,16	5,79 ^c ±0,13	***
L*	48,41 ^c ±2,90	48,45 ^c ±3,05	49,03 ^a ±3,47	48,87 ^a ±3,16	***
a*	-0,68 ^c ±0,95	-0,97 ^d ±0,80	0,10 ±0,90	0,24^a ±0,89	***
b*	9,49 ^a ±2,02	8,79 ^b ±1,51	6,98 ^d ±1,20	8,49 ^c ±1,56	***
Rendement Napole (%)	80,1 ^a ±3,08	78,88 ^b ±3,08	75,66 ^c ±3,59	80,62^a ±3,97	***
Dureté (N)	21,26 ^a ±6,00	17,07 ^b ±4,58	17,43 ^b ±3,54	15,29 ^c ±3,26	***
Pertes à la cuisson (%)	11,99 ^b ±3,30	12,93 ^a ±3,10	13,52 ^a ±2,70	13,63 ^a ±2,47	***
Lipides (%)	1,26 ^b ±0,38	1,18 ^b ±0,36	1,75 ^a ±0,63	1,65 ^a ±0,57	***

*** $p < 0,001$, ** $p < 0,01$, * $p < 0,05$ Les valeurs portant des lettres différentes sont significativement différentes, les valeurs portant au moins une même lettre ne sont pas significativement différentes

Les résultats montrent que plus les animaux sont élevés longtemps plus le pHu de la viande tend à être bas.

En ce qui concerne les trois paramètres de la couleur on remarque que les deux premières classes (moins de 59 jours) présentent une viande plus sombre. De plus, plus les poulets sont âgés plus les filets sont rouges. Les filets de la classe 1 apparaissent plus jaunes, moins rouges avec un pHu élevé. Les poulets élevés plus de 63 jours (classe 4) présentent quant à eux un pHu acide, sont plus rouges et plus clairs (en accord avec la corrélation négative entre pHu et L*). Concernant les pertes à la cuisson, on note que plus les poulets sont âgés plus les pertes en eau ont tendance à être élevées, ce qui se traduit logiquement par des rendements plus faibles sauf pour la classe 4. On remarque aussi que la teneur en gras intramusculaire est plus élevée pour les deux classes d'âge supérieures (poulets élevés plus de 59 jours). Les poulets élevés plus longtemps ont donc des filets plus gras.

Effet poids vif

Les caractéristiques de chacune des classes de poids vif pour l'ensemble des paramètres de la qualité sont dans le tableau suivant.

Tableau IX : Effet du poids vif des animaux sur les indicateurs de la qualité

	POIDS VIF					p
	Classe 1 < 2,9 kg	Classe 2 2,9kg-4,2kg	Classe 3 4,2kg-4,3kg	Classe 4 4,3kg-4,6 kg	Classe 5 ≥ 4,6 kg	
	n=690	n=1068	n=355	n=351	n=797	
pHu	5,85 ^a ±0,13	5,87 ^b ±0,16	5,82 ^c ±0,15	5,84 ^c ±0,17	5,81 ^c ±0,14	***
L*	48,80 ^a ±2,67	48,19 ^b ±3,15	48,94 ^a ±3,25	49,12 ^a ±3,86	48,87 ^a ±3,07	***
a*	-0,63 ^b ±0,95	-0,98 ^c ±0,80	0,11 ^a ±0,75	0,16 ^a ±1,05	0,21 ^a ±0,88	***
b*	9,42 ^a ±2,07	8,88 ^b ±1,54	8,54 ^b ±1,56	6,70 ^d ±1,16	7,92 ^c ±1,53	***
	n=273	n=456	n=132	n=132	n=293	
Rendement	80,03 ^a	79,10 ^a	79,29 ^a	75,62 ^b	78,85 ^a	***
Napole (%)	±3,21	±3,05	±4,16	±3,20	±4,80	
Pertes à la cuisson (%)	13,27 ^{ab} ±2,24	12,06 ^b ±3,60	13,20 ^{ab} ±2,68	13,22 ^{ab} ±2,56	13,95 ^a ±2,52	***
Dureté (N)	22,26 ^a ±5,96	17,14 ^b ±4,58	16,6 ^b ±3,19	17,38 ^b ±4,14	15,74 ^b ±3,33	***
	n=47	n=84	n=24	n=54	n=35	
Lipides (%)	1,33 ^{bc} ±0,33	1,16 ^c ±0,37	1,47 ^b ±0,59	1,90 ^a ±0,67	1,69 ^{ab} ±0,54	***

ns : non significatif ; * p<0,05 ; ** p<0,001 ; *** p< 0,0001 Les valeurs portant des lettres différentes sont significativement différentes, les valeurs portant au moins une même lettre ne sont pas significativement différentes

Les résultats sont les mêmes que ceux obtenus pour l'effet de l'âge, en effet, il paraît évident que plus les poulets sont abattus âgés, plus leur poids vif est important.

Cependant, il n'a pas été observé de différence significative du poids vif sur le rendement sauf pour la classe 4. Toutefois, les écarts observés entre les classes pour ce critère sont importants du point de vue de l'abatteur qui lui, travaille sur des dixièmes de point de rendement. Dans notre étude il semblerait que les filets provenant des animaux les moins lourds obtiennent de meilleures performances pour le calcul du rendement Napole. De plus, la classe 4 correspond à un abattoir et le faible rendement observé serait sans doute dû à un effet autre que le poids notamment un effet lié à l'abattoir.

Concernant les pertes à la cuisson on observe un effet mais qui reste de faible amplitude entre les 5 classes. Toutefois, la classe 1 ressort comme significativement plus dure que les autres.

Le poids à l'abattage a un effet significatif sur la teneur en lipides des filets. La tendance montre une augmentation du pourcentage de lipides intramusculaires avec le poids des animaux.

Analyses en composantes principales

Comme nous l'avons vu précédemment, seuls les effets propres ont été considérés bien que des interactions entre les facteurs puissent exister. Cependant cette étude terrain avait pour principe d'étudier l'ensemble de la matière première qui arrive dans les circuits de transformation, c'est donc pour cette raison que l'on ne retrouve pas dans chacun des

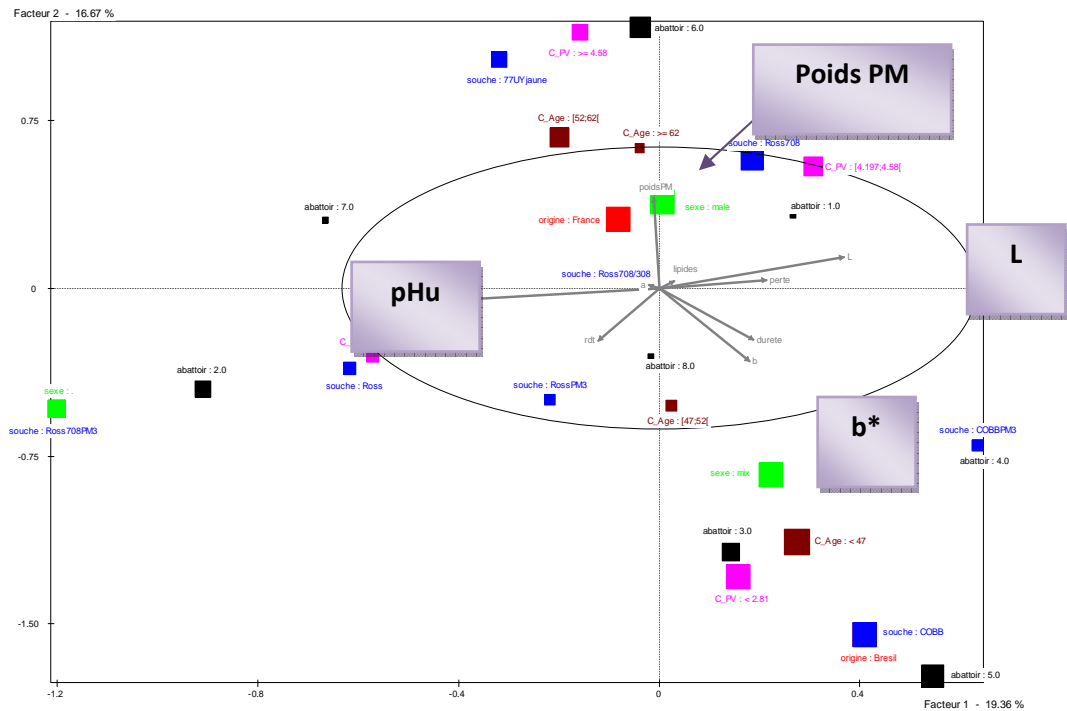


Figure 5 : ACP axe 1 et axe 2

La représentation précédente (Figure 5) représente verticalement l'axe 2 et horizontalement l'axe 1.

Dans un premier temps on retrouve la corrélation négative déjà observée entre le pHu et le L*. Plus le pHu augmente plus la clarté des filets diminuent. En effet les deux flèches représentatives de ces facteurs sont en totale opposition de direction.

Sur l'axe 2 on constate que plus les filets sont légers, plus ils sont jaunes. Ce qui confirme les résultats obtenus auparavant. En effet les filets les plus légers sont d'origine brésilienne et se caractérisent par la couleur jaune sans doute due à leur alimentation à base de maïs.

De plus, on peut noter que les catégories d'âge les plus élevées se regroupent bien avec les catégories de poids supérieur. Dans cette partie supérieure du graphique, on retrouve logiquement les deux souches les plus lourdes que sont la 77UY et la Ross708.

En bas à droite du graphique, à l'inverse de la flèche représentant le poids des *Pectoralis major*, se trouvent les catégories d'âge et de poids inférieurs, associées aux souches COBB et COBBPM3, ainsi que l'origine brésilienne.

Les variables qui se retrouvent dans la partie gauche s'expliquent donc par des pHu élevé comme les souches Ross, Ross 708/PM3 et l'abattoir n°2. En opposition les pHu les plus acides caractérisent donc les souches brésiennes et les poulets les moins lourds.

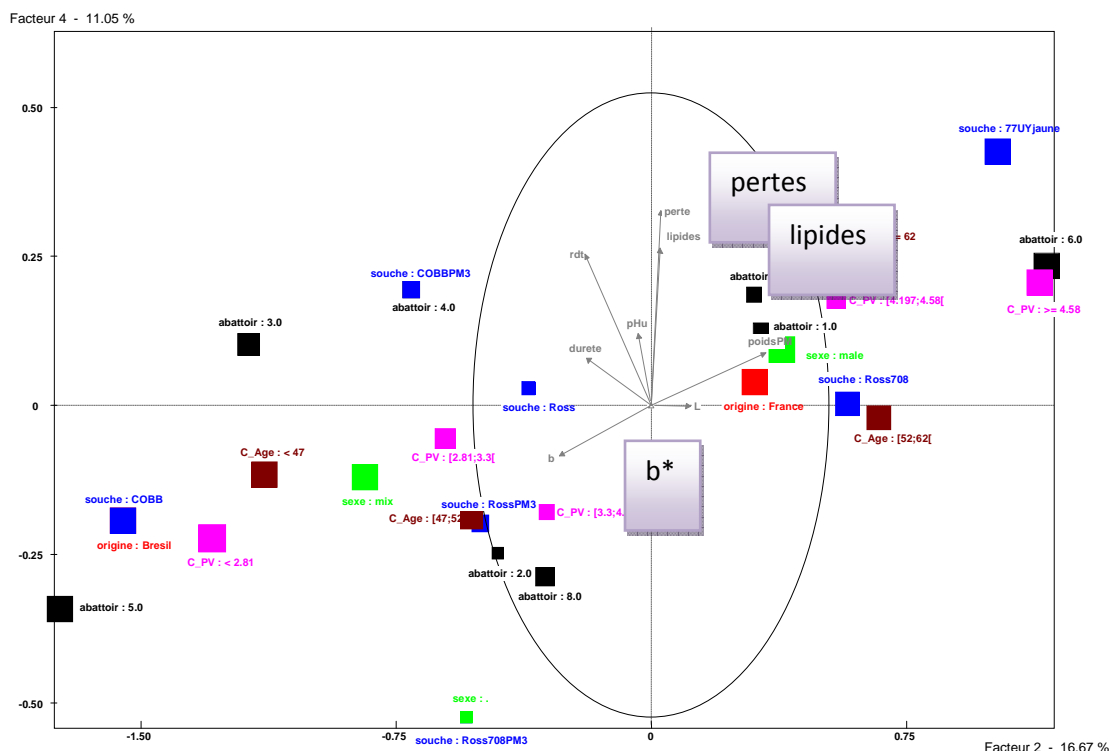


Figure 6 : ACP axe 2 et axe 4

Sur le second graphique (Figure 6) l'axe 4 vertical est expliqué par les pertes en eau à la cuisson et la teneur en lipides alors que l'axe 2 horizontal est expliqué par le poids des Pectoralis major et la composante b* de la couleur.

Les poulets les plus lourds, donc la souche 77UY notamment, présente une teneur en gras intramusculaire supérieure ainsi que des pertes en eau à la cuisson importante.

Comme les résultats de l'étude le montrent, les souches COBB « tirent » la flèche représentant le b, car ce sont les filets les plus jaunes.

Le troisième graphique (Figure 7) représente verticalement la composante rouge de la couleur a*, lipides et sur un autre axe le L* et le pHu.

On observe au niveau du rouge que ce sont les filets les plus lourds les plus rouges. Ce phénomène a déjà été observé dans les résultats précédents et sera dû à une difficulté de réglage de l'outil d'abattage en particulier au niveau de l'électronarcose.

Ces filets les plus lourds et les plus rouges se caractérisent aussi par des teneurs en gras intramusculaires plus élevés.

A l'inverse de la flèche représentant le rouge se trouve celle du pHu ce qui se traduit par le fait que plus le pHu est élevé, plus les filets sont rouges.

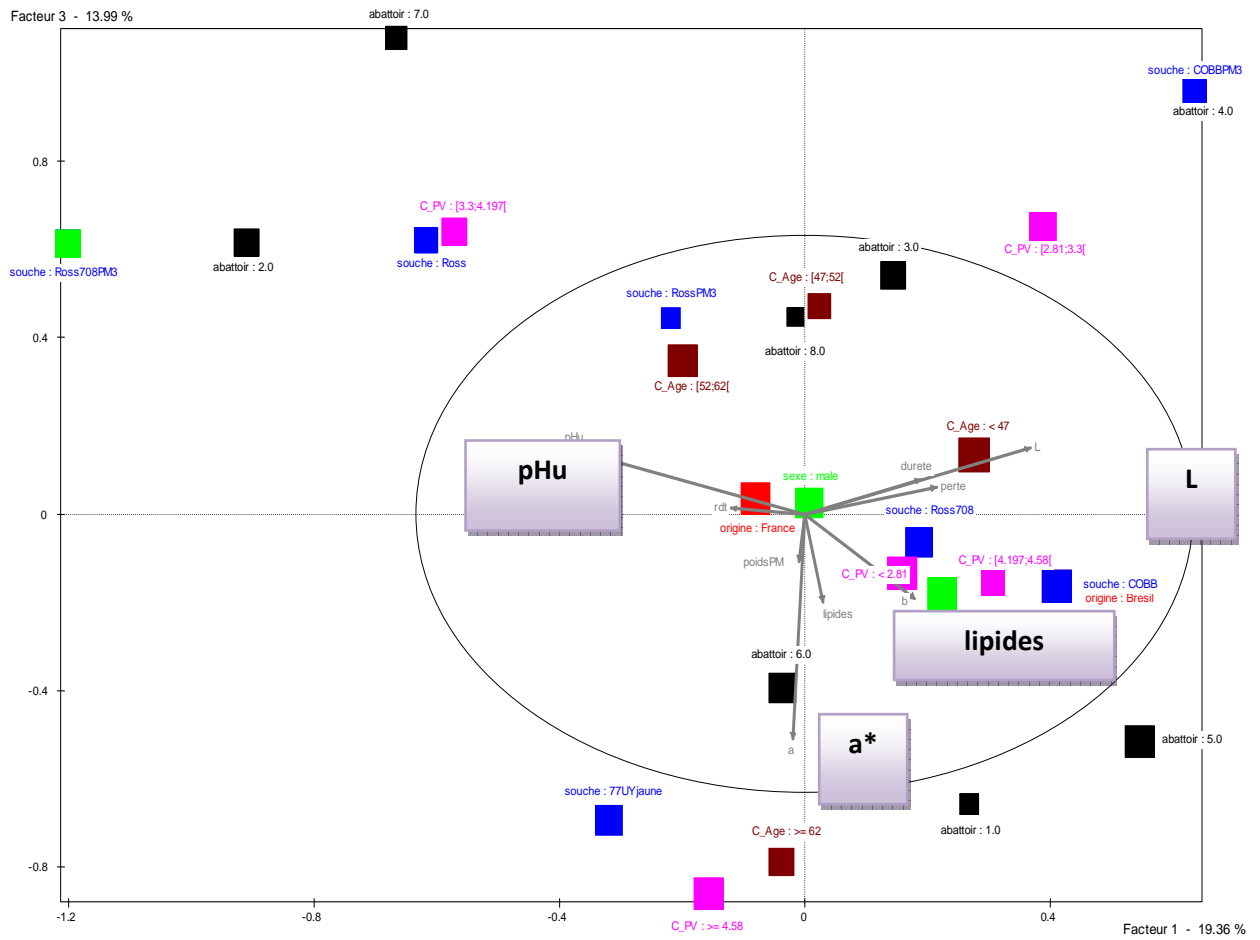


Figure 7 : ACP axe 3 et axe 1

DISCUSSION

Actuellement, les exigences en termes de qualité des produits sont de plus en plus importantes et portent à la fois sur des critères nutritionnels et technologiques. Les transformateurs recherchent donc un produit avec un bon rendement technologique, un minimum de pertes et une teneur en matière grasse inférieure ou égale à 1,5% pour la gamme diététique.




Caractérisation des filets destinés à la 2^{ème} transformation

L'un des objectifs de cette étude était de caractériser la qualité technologique des filets de poulets lourds car aucune donnée n'est aujourd'hui disponible sur cette filière. Notre étude a donc porté sur 19 lots d'origine et de sites différents. Ceci nous a permis de réaliser un descriptif assez complet de la filière « poulet lourd ». La matière première disponible pour le marché de la transformation est très disparate et se pose alors la question suivante :

« Qu'appelle t'on poulet lourd ? ».

D'après nos résultats, trois profils se dégagent : les filets d'origine brésilienne, les filets français semi-lourds, et les filets français lourds décrits dans le tableau suivant :

Tableau X : Différents profils de la matière à disposition des transformateurs

	Brésilien 	Français semi-lourd 	Français lourd 
Souches	B	D C F G H	A E
Sexe	♂ + ♀	♂ / ♀ ou ♂	♂ + ♀ ou ♂
Age (jours)	De 42 à 48 j	43 à 52 j	De 56 à 67
Poids vif (kg)	De 2,3 à 3,1 kg	De 3,34 à 3,68 kg	De 3,09 à 4,79 kg
Délai de découpe (Heures)	3 H	3 H à 24 H	3 H (avec électrostimulation) à 24 H
Traitement	Congelés/ Décongelés	Frais	Frais

♀ : Femelles ♂ : Mâles

Cette étude permet d'affirmer que la variabilité de l'ensemble des critères de qualité (pH ultime, couleur, rendement, pertes à la cuisson, et teneur en lipides) déjà observée dans plusieurs autres types génétiques (Gigaud. et Berri, 2006; Gigaud et al., 2007; Lebihan-Duval E. et al., 2008) se retrouve également pour le poulet lourd. Cette hétérogénéité est observée au sein d'un même élevage et même abattage. Plusieurs facteurs pourraient être impliqués comme les variations de poids (Berri et al., 2007), de réactivité au stress (Debut et al., 2005) ou le dimorphisme sexuel (Gigaud et Berri, 2006). D'autre part une variabilité inter-lot existe également, reliée cette fois aux facteurs *ante mortem* (transport, temps d'attente, mise à jeun) (Gigaud et al., 2007).

Cette étude a montré des moyennes optimales (Gigaud et al., 2008) en terme de pHu et de couleur mais une forte hétérogénéité existe : 16% des filets peuvent être considérés comme acides (pHu ≤ 5,7) et 2,5% comme « DFD » (pHu ≥ 6,2). Au total, 18,5% des filets analysés ne possèdent donc pas les qualités optimales requises par les industriels.

L'une des solutions pour les abatteurs-transformateurs serait de trier les filets selon leurs caractéristiques technologiques (couleur, pHu) pour les orienter vers les différentes voies de commercialisation (découpe, marinade, jambon de volaille). En effet, l'analyse des corrélations entre les différents paramètres de qualité montre une corrélation négative (-0,41) entre le pHu et la luminance en adéquation avec de précédents résultats (Boutten et al.,

2005 ; Gigaud et al., 2006 ; Gigaud et Berri, 2007). Ceci confirme le pouvoir prédictif de la couleur pour la détermination du pHu et donc la qualité technologique de la viande. En effet, quelque soit le protocole de l'étude, plus les filets sont acides, plus ils sont clairs. De plus, une corrélation positive de 0,23 entre le pHu et le rendement Napole est à noter : les filets avec un pHu plus acide ont un plus faible rendement technologique. Ce résultat est à associer avec le pouvoir de rétention en eau. Il existe une corrélation légère (-0.11) entre le pHu et les pertes à la cuisson. En effet les protéines dans un milieu acide interagissent moins entre elles et la viande retient moins bien l'eau (Monin, 1988). Par conséquent il est logique d'observer des rendements inférieurs pour ce type de viande.

Ainsi, l'ensemble des critères de qualité sont corrélés entre eux. De ce fait, il est envisageable d'utiliser un outil permettant de trier les filets. En 2005, l'étude de Boutten et al., avait permis de mettre au point un système de caméra pour un premier tri sur la couleur. Actuellement, la SPIR est en plein essor et permettrait, après calibration, de discriminer les filets à la fois sur les valeurs nutritionnelles du produit (teneur en lipides intramusculaires), mais également sur leur aptitude technologique.

Influence des facteurs sur la qualité

Le deuxième objectif de cette étude était d'identifier des facteurs susceptibles d'induire cette importante variabilité.

L'origine

Dans un premier temps, il semblait intéressant de comparer la matière première d'origine française à celle d'origine brésilienne. En effet les produits de ces deux origines sont sur le même marché de la transformation. Les analyses montrent que les filets brésiliens sont moins gras mais aussi moins lourds et qu'ils présentent moins de pertes à la cuisson. Toutefois parmi les lots brésiliens, un lot était déjà salé et présentait très peu de pertes à la cuisson ce qui a fait chuté la moyenne pour cette variable des lots importés du Brésil.

Les rendements Napole des lots brésiliens sont également supérieurs d'un point. Comme l'a montré l'ACP, les lots brésiliens sont tous des lots de souche B, de faible poids vif avec un âge d'abattage plus précoce. L'effet de l'origine recouvre donc plusieurs types de facteurs. L'effet propre de chacun de ses facteurs reste bien évidemment à préciser.

De plus les filets brésiliens présentent une texture significativement plus dure. Ce phénomène pourrait être du d'une part au délai de découpe car les poulets sont découpés en ligne (3h après abattage) (Berri, 2007), d'autre part à la congélation/décongélation qui pourrait augmenter la dureté.

La souche

D'après cette étude, les souches diffèrent sur de nombreux critères de qualité. En effet, les souches les plus lourdes (A et E) sont significativement plus acides, plus grasses, et présentent plus de pertes à la cuisson et de moins bons rendements. Les données aujourd'hui disponibles ne permettent pas de dissocier l'effet de la souche de l'âge et du poids à l'abattage de l'animal. De ce fait, il paraît essentiel, pour confirmer nos résultats, de réaliser d'autres études en milieu expérimental, en abattant les différentes souches au même âge.

Indépendamment, on observe une différence de dureté entre souche. Cette dureté peut s'expliquer par un délai de découpe précoce (Berri, 2007). Il est important de repréciser que les viandes les plus dures correspondent aux souches découpées en ligne (3 H). La conformation du filet pourrait être une autre hypothèse pour expliquer cette différence de résistance au cisaillement. Les filets ayant un *Pectoralis major* plus léger sont également moins épais et inversement, ce qui entraîne une variation de texture.

L'âge et le poids

L'âge et le poids sont forcément liés. En effet plus les poulets sont élevés longtemps, plus ils sont lourds.

L'étude a montré que plus les poulets sont âgés et lourds, plus le pHu tend à diminuer et les pertes à la cuisson à augmenter. Ces animaux auraient donc un potentiel glycolytique plus élevé ce qui est en contradiction avec les résultats d'une étude précédente (*Gigaud et Berri, 2007*) où il était montré que plus le poids vif des animaux augmentait plus le potentiel glycolytique diminuait se traduisant par des pHu plus élevés. Néanmoins, ces données provenaient d'animaux d'une même souche, mais de poids vifs différents. Par conséquent, les liens entre cinétique de croissance, d'engraissement et les réserves du muscle en glycogène doivent donc être plus largement étudiés.

En ce qui concerne la composante rouge on remarque que plus les poulets sont âgés et lourds plus ils sont rouges. Cette observation peut être reliée à la difficulté pour les abatteurs à adapter leur outil au niveau de l'électronarcose. Cette étape de l'abattage est le « point noir » du process pour les opérateurs. Ces nouveaux calibres de poulet nécessite encore d'affiner le réglage de l'électronarcose. Ce résultat est confirmé par la corrélation positive (0,36) entre le poids des *Pectoralis Major* et le a^* .

Au niveau du rendement technologique, la tendance est à ce que les poulets les plus âgés et lourds se caractérisent par des pertes à la cuisson plus importantes car ils sont plus acides et plus gras. En effet les pertes à la cuisson sont des pertes en eau mais aussi des pertes de matière grasse.

Concernant la dureté on observe que la classe 1 d'âge et de poids est plus dure. Le délai de découpe trop précoce associé à cette classe ne peut expliquer à lui seul la dureté, car la classe 4 présentant un délai identique donne en revanche une viande plus tendre. D'autres facteurs d'explication sont donc à rechercher.

Au vue de l'étude des effets propres, on peut conclure que les atouts de la viande brésilienne résident dans le fait qu'elle soit moins grasse car ce sont des poulets légers présentant un bon rendement technologique. Cependant même si cette matière première brésilienne présente des atouts pour la transformation elle apparaît comme dure et convient donc moins bien à la vente en découpe. On a pu remarquer une influence de l'abattoir sur tous les paramètres de qualité. De plus il est à noter l'effet de la souche même si chacune d'entre elle présente un pHu optimal. Les souches les plus lourdes, notamment la souche A, se présentent comme étant les plus grasses avec de moins bons rendements. Aussi, l'âge et le poids vont influencer les paramètres de la qualité avec pour les poulets les plus lourds et donc les plus âgés des viandes plus rouges, plus grasses présentant plus de pertes en eau et de moins bons rendements.

Grâce à cette étude on remarque que la matière première arrivant aux industriels est donc très hétérogène ce qui est préjudiciable à la maîtrise de la qualité des produits finis. Il est important d'essayer de réduire cette variabilité intra et inter lot ou de trouver des voies de commercialisation pour chaque type de viande afin d'optimiser au mieux le rapport qualité/produit. A terme, le tri par la méthode de spectrométrie en proche infrarouge pourrait être utilisé pour orienter les filets dans les différents circuits de transformation afin de valoriser au mieux l'ensemble de la matière première.

CONCLUSION

Les principaux objectifs de cette étude conduite sur 19 lots de poulets « lourds » étaient dans un premier temps de caractériser la qualité technologique des filets. Dans un deuxième temps il fallait déterminer les facteurs susceptibles d'influencer cette qualité.

Au travers des résultats de l'étude nous avons pu démontrer qu'il existait une grande hétérogénéité des paramètres de qualité au sein d'un même lot mais aussi sur l'ensemble de la matière première destinée aux transformateurs. Cette variabilité entraîne par conséquent de nombreux défauts préjudiciables à la transformation et à sa valorisation. Effectivement, l'un des avantages de la viande de volaille réside en sa faible teneur en matière grasse. Pourtant, la teneur moyenne de lipides intramusculaires de notre étude s'élève à 1,43% avec un maximum de 3,3%. Cette hétérogénéité couplée à des valeurs élevées ne permettent pas aux professionnels d'étiqueter leur produit avec la mention : « *inférieur à 2% de MG* ». Pourtant, dans un contexte de forte demande des consommateurs en produit allégé, cet étiquetage serait un atout pour la filière.

Les caractéristiques propres à l'animal, comme la souche, le sexe, l'âge et le poids, sont autant de facteurs explicatifs de cette hétérogénéité. Chaque souche présente ses particularités qui conduisent à des valeurs de pH ultime et de couleur variables même si ces valeurs restent optimales. D'autre part l'âge et le poids ont aussi un impact sur l'hétérogénéité observée. L'ensemble de ces facteurs a un rôle sur les pertes à la cuisson, le rendement Napole et la texture. Il semblerait qu'il existe une limite d'âge et de poids à ne pas dépasser afin d'avoir une qualité et un rendement optimal de la viande. Cependant pour chaque souche l'optimum semble être différent et reste à être déterminé. Ces futures études devront prendre en considération le bien être et le comportement des animaux mais également les performances zootechniques. Il semblerait que l'élevage de poulets lourds demande beaucoup de technique et des bâtiments performants (Viennot, 2008).

Enfin, les facteurs étudiés ne sont pas les seuls à expliquer cette variabilité. Il a été montré que l'ensemble des conditions environnementales *ante mortem* peut avoir des conséquences sur la qualité future de la viande (Gigaud *et al.*, 2007). L'aspect multifactoriel de la qualité est une difficulté supplémentaire pour les abatteurs afin de maîtriser la qualité de leur produit.

Le défi des abatteurs pour rester compétitif va être de trouver un compromis entre la marge poussin-aliment (MPA), les performances zootechniques et la qualité du produit afin de ne pas perdre des marchés.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- B**erri C., 2000. Variability of sensory and processing qualities of poultry meat. *World's Poultry Science Journal*, 56: 209-224.
- Berri C., Wacrenier N., Millet N., Le Bihan-Duval E., 2001. Effect of selection for improved body composition on muscle and meat characteristics of broilers from experimental and commercial lines. *Poultry Science*, 80: 833-838.
- Berri C., Debut M., Le Bihan-Duval E., Santé-Lhoutellier V., Haj Hattab N., Jehl N., Jego Y., Duclos M.J., 2005. Hypertrophie des fibres musculaires : conséquences pour la qualité technologique du filet de poulet. 6^{èmes} Journées de la Recherche Avicole (St Malo, France), 445-449.
- Berri C., Le Bihan-Duval E., Lepetit J., Baeza E., Bordeau T., Peyrin F., Gigaud V., 2007. Effet du délai entre abattage et découpe sur la texture des filets de poulets labels, certifiés et standards. 7^{èmes} Journées de la recherche Avicole, Tours (France) : 475-499.
- Bertrand D., 2002. La spectroscopie proche infrarouge et ses applications dans les industries de l'alimentation animale. *INRA Productions animales* 15(3) : 209-219.
- Besson D., 2008. Le repas depuis 45 ans : moins de produits frais, plus de plats préparés. *INSEE première* n° 1208.
- Boutten B., Drouet L., Jehl N., 2005. Tri en ligne : un moyen rapide et non invasif pour évaluer la qualité de la viande de poulet. *Viandes et Produits Carnés* 24 (5) : 155-162.
- Braine A., 2008. Reprise de la consommation de la volaille en 2007. *TeMA* n°6 (Avril Mai Juin 2008)
- D**ebut M., Le Bihan-Duval E., Berri C., 2004. Impact des conditions de pré-abattage sur la qualité technologique de la viande de volaille. *Sciences et Techniques Avicoles*, 48,4-13.
- Debut M., Berri C., Baeza E., Arnould C., Guéméné D., Santé-Lhoutellier V., Boutten B., Jego Y., Chapuis H., Beaumont C., Le Bihan-Duval E., 2005. Variabilité génétique de la qualité de la viande en relation avec les caractéristiques du muscle et la réponse au stress dans une lignée lourde de poulet. 6^{èmes} Journées de la Recherche Avicole, St Malo (France) : 524-528.
- F**iardo S., 2003. La qualité technologique du filet de poulet transformé en blanc de poulet. Mémoire de fin d'études de l'Ecole Supérieur d'Agriculture.
- G**igaud V., Berri C., 2006. Stress peri-mortem et qualité des viandes de découpe. *Ofival* 2005.
- Gigaud V., Debut M., Berri C., Le Bihan-Duval E., Travel A., Bordeau T. 2006. Influence des facteurs ante-mortem sur la qualité technologique des filets de poulet de type standard et label. 11^{èmes} Journées des sciences du muscle et technologies des viandes (Clermont-Ferrand, France, 10/04/2006). *Viandes et Produits carnés*, numéro hors-série, 213-214.
- Gigaud V., Berri C., 2007. Influence des facteurs de production sur le potentiel glycolytique musculaire : impact sur la qualité des viandes. *Office* 2006-2007. 44 pages.

Gigaud V., Geffrard A., Berri C., Le Bihan-Duval E., Travel A., Bordeau T., 2007. Conditions environnementales ante-mortem (ramassage-transport-abattage) et qualité technologique des filets de poulet standard. 7^{ème} Journées de la Recherche Avicole (Tours, France), 470-474.

Gigaud V., Bordeau T., Le Bihan-Duval E., Berri C., 2008. Impact du pH ultime sur les qualités bactériologiques et gustatives des filets de poulet. 12^{èmes} Journées des sciences du muscle et technologies des viandes (Tours, France, 08 et 09/10/2008) : 61-62

Gigaud V., Bordeau T., Le Bihan-Duval E., Berri C., 2008. Impact du pH ultime sur les qualités bactériologiques et gustatives de filets de poulet. 12^{èmes} Journées des sciences du muscle et technologies des viandes, Tours (France) : 61-62.

Jehl N., Boutten B., Le Bihan-Duval E., Berri C., Monin G., Deschodt G., Jégo Y., Allain L., 2001. Qualité technologique de la viande de poulet : Adaptation des qualités technologiques de la viande de poulet aux nouvelles demandes des transformateurs : étude des possibilités d'amélioration offertes par la génétique et de l'impact du stress avant abattage. CTSCCV 11 (n°4) : 229-230.

Le Bihan-Duval E., Berri C., Pitel F., Nadaf J., Sibut V., Gigaud V., Duclos M.J., 2008. Approches combinées de génomique positionnelle et expressionnelle pour l'étude des gènes contrôlant la qualité de la viande de volaille. INRA Productions animales 21 (2) : 159-166.

Magdelaine P., 2009. La segmentation du marché des volailles de chair et la place des volailles de qualité. TeMA n°9 : 25-31

Monin G., 1988. Evolution post mortem du tissu musculaire et conséquences sur la qualité de la viande de porc. 20^{ème} Journée de la recherche porcine, France, 201-214.

Renerre M., 2006. La mesure de la couleur de la viande. 11^{èmes} Journées des sciences du muscle et technologies des viandes (Clermont-Ferrand, France, 10/04/2006). Viandes et Produits carnés, numéro hors-série, 257-258.

Santé V., Fernandez X., Monin G., Renou J.P., 2001. Nouvelles méthodes de mesure de la qualité de la viande de volaille. INRA Productions animales. 14 (4): 247-254.

Tornberg E., 1996. Biophysical aspects of meat tenderness. Meat Science 43 : 175-191.

Viénot E., 2008. Le poulet lourd en vogue, mais un athlète à ménager. Filières avicoles (Mars) 29-35.