



Caractérisation biochimique des produits d'abattage en vue de leur valorisation économique

Analyse de la composition biochimique et calcul des rendements d'extraction des protéines et des lipides des sous-produits d'abattage des animaux de boucherie en vue de leur valorisation économique sur des marchés à haute valeur ajoutée.

Mots clés : Sous-produits animaux, PAT, Farine, Graisses, Composition, France

Auteurs : Valérie Scislowski¹, Florent Massoulier¹, Antoine Giboulet¹, Laurent Picgirard¹

¹ ADIV, ZAC des Gravanches, 10 rue Jacqueline Auriol, 63039 Clermont-Ferrand Cedex 2

Contacts : valerie.scislowski@adiv.fr

Cette étude met à disposition une première base de données françaises de la composition biochimique de 48 sous-produits de gros bovins, de veaux et d'ovins, ainsi que de leurs rendements d'extraction sous forme de protéines et de graisses par traitement dit de fonte. Ces données sont discutées sous l'angle de la valorisation marchande des coproduits et de l'accessibilité à des nouveaux marchés de valorisation.

Résumé

La valorisation des coproduits est une question économique car la plupart des abattoirs français est tributaire des prix d'achat ou des coûts d'enlèvement que leur proposent les sociétés de collecte (fondeurs, équarisseurs) sans avoir réellement connaissance du potentiel économique de valorisation. Non destinés à la consommation humaine, les Sous-Produits Animaux (SPA) sont utilisés dans plusieurs branches industrielles (petfood et oléochimie principalement). Ils sont transformés en fonction de leur catégorie C1 ou C2/C3 respectivement sous forme de Protéines Animales Transformées (PAT) ou de farine, et sous forme de graisses. L'enjeu est de donner la capacité aux abattoirs de valoriser chaque SPA à sa juste valeur marchande, qui doit pouvoir dépendre de la teneur en protéines et en lipides et de la capacité à les extraire via les farines/PAT et les graisses, respectivement. L'interprofession INTERBEV a commandité cette étude afin d'initier la construction d'une première base de données de composition biochimique en protéines, en lipides et en matière sèche de 48 coproduits de gros bovins, de veau et d'ovins grâce à la mise en œuvre d'un échantillonnage réalisé dans 4 abattoirs français. Ces données sont les premières disponibles pour établir à terme une table de référence française. Plusieurs travaux explorent aujourd'hui les voies d'innovation permettant de générer des produits à plus-haute valeur ajoutée sur des marchés rémunérateurs tels que la pharmacie, la cosmétique et l'énergie. Les perspectives sont de poursuivre l'acquisition de données permettant de caractériser la plus-value de chaque SPA ou de ses composants bioactifs, qu'il s'agisse de propriétés fonctionnelles, nutritionnelles ou de santé.

Abstract: Biochemical characterization of coproducts from slaughterhouses for their economic valorization

The valorization of coproducts is an economic question since most French slaughterhouses depend on the purchase price or the cost of removal that collection companies (foundries, rendering plants) apply without really having knowledge of the economic potential of valorized products. Animal by-products (ABP) which are not destined for human consumption, are used in several industrial branches (petfoods and oleochemistry mainly). They are transformed according to their category C1 or C2/C3 respectively as transformed animal proteins (TAP) or flour and as fats. The challenge is to allow slaughterhouses to valorize each ABP at an appropriate price, which will depend on the protein and fat contents and the capacity to extract them from flours/TAP and fats respectively. The INTERBEV interprofession ordered this study in order to initiate the construction of the first database for biochemical composition (proteins, lipids and dry matter) of 48 coproducts from large cattle, calves and sheep sampled in four French slaughterhouses. These data are the first available and will help build the first French reference table. Several studies today are exploring innovative ways of generating products with higher-value for the pharmaceutical, cosmetic and energy markets. The perspectives are to pursue acquiring data for the characterization of the added-value of each ABP or bioactive components whether they concern functional, nutritional or health properties.

INTRODUCTION

Depuis la crise de l'ESB, la valorisation des coproduits est un réel problème économique pour les abattoirs de toutes espèces. Si quelques sites spécialisés de grosse taille ont opté pour une valorisation *in situ*, la plupart des abattoirs français sont tributaires des prix d'achat ou des coûts d'enlèvement que leur proposent les sociétés de collecte (fondeurs, équarisseurs), sans avoir réellement connaissance de leurs valeurs, indépendamment de leur catégorie (C1, C2 ou C3) définies par le règlement européen 1069/2009 du 21 octobre 2009 (cf. Figure 1 sur les définitions des coproduits et des sous-produits animaux produits au stade de l'abattoir).

Avec l'éradication progressive de la maladie ESB, la réglementation relative au traitement des coproduits évolue. A titre d'exemple, le règlement européen (CE) 2015/728 du 7/05/2015 a allégé la liste des parties devant être retirées à l'abattoir. Le statut sanitaire de la France est au stade de « risque ESB maîtrisé » (Office Internationale des Epizootie, 2017), et de nouvelles perspectives s'ouvrent pour mieux valoriser les coproduits par les abattoirs ou auprès de leurs prestataires.

Actuellement, les coproduits animaux, qui représentent près de la moitié du poids vif d'un bovin, est constitué de plusieurs catégories de produits dont les Sous-Produits Animaux (SPA). Ceux-ci sont non destinés à la consommation humaine et sont ainsi utilisés dans plusieurs branches industrielles. Pour cela, ils sont transformés dans des unités de production dédiées, en fonction de leur catégorie C1/C2/C3 et selon leur potentiel de valorisation sous forme de Protéines Animales Transformées (PAT, lorsqu'il s'agit de SPA C3), ou farine (lorsqu'il s'agit de SPA C1 ou C2) et sous forme de graisses. Cette transformation des SPA suit un

procédé de concassage, puis de cuisson des matières crues, de pressage du produit cuit afin d'en extraire les matières grasses, lesquelles sont par la suite purifiées par décantation, centrifugation ou filtration pour ne récupérer que les graisses. Le « gâteau protéique » est quant à lui broyé et tamisé pour en extraire les PAT. D'après les données publiées par le SIFCO (www.sifco.fr), à partir des 2 millions de tonnes de sous-produits C3 collectés par an en France, 456 000 tonnes de PAT et 371 000 tonnes de graisses sont produits (SIFCO.fr). Les sous-produits de ruminants contribuent à hauteur de 33% de ces tonnages.

Il s'agit désormais d'envisager la valorisation des coproduits de manière éclairée, c'est-à-dire en connaissant leurs qualités intrinsèques qui déterminent leur potentiel économique sur les marchés actuellement accessibles (aliments pour animaux domestiques et oléochimie) et sur les marchés de demain (énergie, pharmacie, cosmétique voire nutraceutique lorsque des composés actifs ayant un effet bénéfique sur la santé de l'Homme peuvent être extraits de ces coproduits).

Ce projet vise à fournir aux abattoirs les outils leur permettant de négocier les prix d'achats et les coûts d'enlèvement de leurs coproduits en tenant compte de leur valeur marchande réelle, celle-ci étant à indexer au prix du cours des farines, des PAT et des graisses (Célene, 2016). L'étude a établi pour 48 SPA de gros bovins, de veaux et d'ovins échantillonnés dans quatre abattoirs français la composition biochimique, les rendements d'extraction en graisses et en farines suite à un traitement de fonte (cuisson/pressage/centrifugation). Ces données serviront également à évaluer l'intérêt des filières nouvelles de valorisation des SPA.

Au stade de l'abattoir		
Déchets	Produits animaux	
Selon la Directive (CE) N°98/2008, un déchet correspond à toute substance ou objet dont le détenteur se défait. Les sous-produits animaux ne sont pas concernés par cette réglementation sauf, selon le règlement (CE) 1069/2009 ceux qui sont destinés à l'incinération, la méthanisation ou le compostage	Co-produits animaux	
	Sous-produits animaux Règlement CE/1069/2009	Produit de qualité alimentaire
	Catégorie 1 SPA présentant un risque lié à l'ESB	Coproduits destinés à l'alimentation humaine après transformation Par exemple : peau et os pour gélatine
	Catégorie 2 SPA présentant un risque sanitaire hors ESB	
	Catégorie 3 SPA ne présentant pas de risques sanitaires	Viande Règlement (CE) N°853/2004 Selon le règlement (CE) N°853/2004. La part comestible de l'animal qui n'a subi aucun processus de conservation autre que la réfrigération, la congélation ou la surgélation incluant ce qui est conditionné sous-vide ou sous atmosphère modifiée, incluant les abats (y compris les viscères et le sang)

Figure 1 : Classification réglementaire des co-produits animaux générés au stade de l'abattoir dont les sous-produits animaux classés en catégorie C1, C2 ou C3.

I. MATERIELS ET METHODES

Volet 1 : Collecte, traitement d'équarrissage et analyses biochimiques des coproduits d'abattage

Collecte de 48 SPA dans quatre abattoirs français

L'échantillonnage avait pour objectif de prélever des SPA dans les abattoirs français en vue de réaliser les analyses biochimiques et les traitements d'équarrissage à l'échelle pilote pour acquérir des données originales de compositions et de rendement d'extraction en PAT et en graisse. Il n'avait toutefois pas pour objectif de documenter la variabilité des compositions biochimiques des SPA.

Sa mise en œuvre a suivi les lignes directrices de la FAO/INFOOD en matière d'échantillonnage (2007) et a tenu compte des contraintes techniques et budgétaires de l'étude, notamment pour le choix du nombre et de la taille des échantillons collectés, analysés et traités. Il faut ainsi souligner ici les limites de l'étude puisque la collecte auprès de 4 abattoirs ne peut être représentative de l'ensemble des abattoirs de France. La variabilité des compositions biochimiques des sous-produits est probablement sous-estimée puisque les abattoirs collectés sont situés sur deux régions, Nouvelle Aquitaine et Auvergne-Rhône-Alpes, limitant la variabilité liée aux animaux.

Le plan d'échantillonnage a ainsi été conduit pour étudier 48 SPA dont 20 issus de gros bovins, 13 issus de veaux et 15 issus d'ovins. Le Tableau 1 répartit ces 48 SPA par espèces et par catégories : gras et suifs, appareils génitaux, abats rouges, abats blancs, autres SPA. Les SPA C2 correspondant aux matières saisies pour des raisons sanitaires ont été exclues de l'échantillonnage.

Pour chaque SPA, 4 échantillons dit « primaires » ont été collectés directement dans les abattoirs, soit 192 prélèvements de SPA au total. Chaque échantillon primaire d'un poids de 16 kg provient d'un lot défini comme étant la production journalière du SPA dans un abattoir français. Les 4 lots proviennent ainsi de deux à quatre abattoirs et dans la limite de deux lots issus d'un même abattoir.

Chaque échantillon a été individuellement broyé à l'aide d'un hachoir et à l'aide du marteau pour les os et de la scie pour les pieds, puis fractionné en 2 aliquotes. Le premier aliquote de 1 kg a été mis en réserve pour analyse biochimique. Le second aliquote (environ 4 kg) a été regroupé avec les 3 autres aliquotes du SPA considéré pour constituer un pool unique (16 kg) représentatif de chaque SPA. Ces pools ont été utilisés pour la transformation en PAT et en graisses.

Analyses biochimiques des SPA

Chaque aliquote de 1 kg de SPA a subi un broyage supplémentaire à l'aide d'un robot-coupe afin d'assurer

l'homogénéité pour l'analyse biochimique et par cryobroyage pour les os de colonne, les os de découpe et les pieds.

Les 192 échantillons de SPA ont été analysés pour quantifier leurs teneurs en matières sèches (dosage de l'humidité selon la norme NF V 04-401), en protéines (dosage de l'azote total par méthode Kjeldahl selon la norme NF V 04-407) et en lipides totaux (dosage par dessiccation puis RMN basse résolution d'après Keeton *et al.*, 2003). Pour certains échantillons trop gras ou trop hétérogènes tels que le fouet (présence de poils), le gras abdominal, le gras mésentérique, la mamelle et le gras de rognon, les analyses ont été confirmées par d'autres méthodes.

Traitements d'équarrissage des SPA

Pour 33 des SPA (Tableau 1), un traitement a été mis au point à l'échelle pilote pour simuler les opérations industrielles d'équarrissage et spécifiquement le barème temps/ température/pression à l'origine de la séparation des constituants des SPA. Chaque pool représentant un SPA a ainsi été réparti dans 3 boîtes de conserve métalliques de 850 ml. Une cuisson/stérilisation sous pression des SPA en boîtes a été réalisée à l'autoclave selon un palier de température à 133°C à une pression de 3 bars pendant au moins 20 minutes telle que définie par la réglementation (CE 1069/2009). Un suivi des conditions de température à l'aide d'une sonde à cœur du produit et d'une sonde d'ambiance a permis de valider chaque conduite de stérilisation sous pression. Le jus de cuisson a été séparé du SPA cuit par pressage hydraulique. Le jus a été centrifugé pendant 15 minutes à 3 552 g à 45°C afin de séparer les graisses, la phase aqueuse et un culot de résidus de protéines. Des pesées ont été effectuées à chaque étape pour calculer les rendements d'extraction en PAT et en graisse.

Calculs des rendements d'extraction des protéines dans les farines et des lipides dans les graisses

Par la méthode des calculs des bilans matières, les teneurs en protéines et en lipides des PAT et des graisses ont été calculées par l'ADIV, en tenant compte des teneurs analysées dans chaque SPA frais et en fonction des poids de chaque fraction isolée de PAT, de jus de cuisson et de graisses, de phase aqueuse et de culot protéique. Une validation de ces résultats a été apportée par analyses biochimiques de la composition de cinq farines représentatives des profils biochimiques des SPA. Ces données consolidées ont permis de calculer les rendements d'extraction des protéines dans les PAT et les rendements d'extraction des lipides dans les graisses.

Tableau 1 : Liste des 48 SPA de gros bovins, de veaux et d'ovins collectés dans quatre abattoirs français.

Catégorie	Gros bovins	Veaux	Ovins
Gras et suifs	Suifs d'érouissage Gras abdominal (*) Gras de rognon Gras mésentérique	Gras abdominal Gras de rognon (*) Gras mésentérique	Gras abdominal Gras de rognon (*) Gras mésentérique
Appareils génitaux	Testicules (*) Mamelles (*) Verge (*)	Testicules (*) Verge (*)	Testicules (*) Mamelles (*) Verge (*)
Divers	Oreilles (*) Fouet (*) Masque (*) Moelle épinière (*) Os de découpe (*) Os de colonne (*)	Fouet Masque	Oreilles (*) Masque (*) Moelle épinière (*) Pieds (*)
Abats rouges	Poumons avec trachée (*) Herbière Foie (*) Rognons (*) Rate (*)	Poumons avec trachée Herbière Rate Cœur	Poumons avec trachée (*) Herbière Rognons (*) Rate (*)
Abats blancs	Menus (*)	Intestin grêle (*)	
	Gros intestin avec rectum (*)	Gros intestin avec rectum (*)	Gros intestin avec rectum (*)

(*) SPA ayant subi un traitement de type équarrissage (broyage/stérilisation sous pression/centrifugation) pour la transformation en PAT et en graisses.

II. RESULTATS

Les résultats d'analyses des SPA collectés sur les 4 sites d'abattage français sont présentés dans les tableaux 2, 3 et 4 pour les gros bovins (GB), les veaux et les ovins, respectivement. Ces données constituent une première table de référence française de compositions biochimiques des SPA. Il faut souligner ici les limites de l'étude puisque la collecte auprès de 4 abattoirs ne peut être représentative de l'ensemble des abattoirs de France. La variabilité des compositions biochimiques des sous-produits est probablement sous-estimée puisque les abattoirs collectés sont situés sur deux régions Nouvelle Aquitaine et Auvergne-Rhône-Alpes.

Deux profils biochimiques extrêmes se distinguent : celui des SPA riches en lipides (52% minimum de lipides) et pauvres en protéines (6% maximum) dont les SPA de la catégorie des gras et suifs des 3 espèces étudiées. A l'opposé, les SPA riches en protéines (25% minimum de protéines) et pauvres en lipides (2% maximum) sont le fouet (la partie terminale de la queue) et le masque (partie de la peau sur la face avant de la tête) des gros bovins et des veaux. L'ensemble des autres SPA présentent une composition biochimique moins extrême, mais permet de distinguer 3 profils intermédiaires : les SPA contenant moins de 15% de protéines et moins de 15% de lipides (cœur de veau ; moelle épinière et rognons d'ovins ; testicules des 3 espèces GB, veaux et ovins), les SPA contenant moins de 15% de protéines et plus de 15% de lipides (mamelles de GB et d'ovin, moelle épinière de GB, poumons avec trachée de GB, abats blancs de gros bovins, de veaux et d'ovins, verge de veau), les SPA contenant plus de 15% de protéines et moins de 15% de lipides (masque et pieds d'ovins ; verge et oreilles de GB et d'ovins, poumon avec trachée de veau et d'ovin ; herbière et rate des 3 espèces).

Après traitement de fonte par cuisson / pressage / centrifugation, chaque SPA donne lieu à une quantité propre de PAT et de graisses (Tableaux 5, 6 et 7 pour les GB, les veaux et les ovins, respectivement). En toute logique, la quantité de graisse extraite est directement liée à la teneur en lipides du SPA frais. Les rendements d'extraction des lipides par la fraction des graisses sont ainsi supérieurs à 90% en moyenne. Les 10% de lipides non extraits dans les graisses sont retrouvés pour partie dans les PAT et éliminés par la solution aqueuse lors de la centrifugation du jus de cuisson. Lorsque la teneur en lipides du SPA est extrêmement faible (testicules de GB et d'ovins, fouet, masque et foie de GB), l'isolement des graisses devient quasi-nul.

Les PAT obtenues immédiatement en sortie de pressage sont plus ou moins humides selon le SPA. Dans nos conditions expérimentales à l'échelle pilote, la teneur en eau varie pour les gros bovins de 31% pour l'os de colonne à 78% pour la rate, de 57% pour le gras à 87% pour le gros intestin avec rectum chez le veau et pour les ovins de 34% pour les pieds à 83% pour la rate (données de l'étude non présentées). Dans les pratiques, une standardisation de la teneur en eau des PAT est réalisée pour une utilisation dans le petfood, avec une teneur maximale fixée à 8% d'humidité par la réglementation n°575/2011. Le pourcentage en poids de PAT standardisée extraite est lié à la teneur en protéine du SPA frais. Il existe des différences importantes de teneur en protéines dans ces PAT standardisées en fonction du SPA. Les rendements d'extraction des protéines varient ainsi entre 34% (testicules) à 88% (os de découpe) pour le GB, entre 43% (gros intestin) et 72% (intestin grêle) pour les veaux, et entre 24% (gros intestin) et 77% (poumons) pour les ovins.

Tableau 2 : Table de référence française de composition biochimique des SPA de gros bovins

SPA de gros bovins	Humidité (g/100g)		Protéines (g/100g)		Lipides (g/100g)	
	teneur moyenne	<i>Ecart Type</i>	teneur moyenne	<i>Ecart Type</i>	teneur moyenne	<i>Ecart Type</i>
Gras et suifs						
Suifs d'émoussage	27,4	2,4	4,7	0,8	68,0	2,6
Gras abdominal	10,5	1,4	1,3	0,4	87,5	2,6
Gras de rognon	14,2	5,6	1,5	1,3	83,7	7,2
Gras mésentérique	21,9	9,1	3,1	2,3	73,0	13,4
Appareils génitaux						
Testicules	82,3	1,6	13,4	1,3	4,3	1,1
Mamelles	42,1	22,4	8,6	6,3	48,0	28,1
Verge	66,9	7,6	24,3	3,7	9,7	11,0
Divers						
Oreilles	71,0	1,2	24,1	2,8	6,6	1,9
Fouet	52,1	1,8	40,2	5,1	1,9	0,6
Masque	71,5	0,7	29,6	1,3	1,2	0,3
Moelle épinière	58,3	7,5	9,1	1,1	23,4	12,1
Os de découpe	28,9	9,9	18,5	3,1	26,4	12,3
Os de colonne	33,9	6,5	20,5	1,0	20,8	9,0
Abats rouges						
Poumon avec trachée	59,0	4,0	13,6	1,6	25,1	5,7
Herbère	74,1	2,6	19,1	1,0	8,0	1,4
Rate	77,4	0,2	17,8	0,8	3,2	1,0
Abats blancs						
Menu	41,4	14,8	5,5	1,5	52,7	15,7
Gros intestin avec rectum	64,8	10,3	10,9	4,1	22,1	9,1

N.B. : La variabilité des compositions biochimiques de certains SPA (écart-type>10%) est liée soit au stade physiologique des animaux (ex : stade de la lactation), soit liée aux pratiques des abattoirs (ex : gros intestin retiré avec ou sans la vessie ; gras mésentérique séparé ou non de l'intestin...).

Tableau 3 : Table de référence française de composition biochimique des SPA de veaux

SPA de veaux	Humidité (g/100g)		Protéines (g/100g)		Lipides (g/100g)	
	teneur moyenne	<i>Ecart Type</i>	teneur moyenne	<i>Ecart Type</i>	teneur moyenne	<i>Ecart Type</i>
Gras et suifs						
Gras abdominal	25,8	0,7	3,8	2,5	70,1	1,5
Gras de rognon	7,6	1,2	1,0	0,4	91,2	2,5
Gras mésentérique	37,3	12,2	6,1	2,3	55,1	15,6
Appareils génitaux						
Testicules	78,2	4,0	13,9	0,5	7,5	3,6
Verge	56,5	9,4	13,1	3,6	31,3	11,9
Divers						
Fouet	62,8	2,0	34,8	4,1	1,9	0,5
Abats rouges						
Poumon avec trachée	68,4	2,5	16,7	2,1	13,3	3,9
Herbère	78,2	1,2	16,9	1,8	4,1	1,9
Cœur	71,9		14,2		12,0	
Rate	76,9	0,6	18,6	0,4	2,8	1,4
Abats blancs						
Intestin grêle	64,3	12,2	9,3	3,3	24,9	15,0
Gros intestin avec rectum	46,9	6,7	8,4	1,6	46,0	8,3

N.B. : La variabilité des compositions biochimiques de certains SPA (écart-type>10%) est liée aux pratiques des abattoirs (ex : gras mésentérique séparé ou non de l'intestin...).

Tableau 4 : Table de référence française de composition biochimique des SPA d'ovins

SPA d'ovins	Humidité (g/100g)		Protéines (g/100g)		Lipides (g/100g)	
	teneur moyenne	Ecart Type	teneur moyenne	Ecart Type	teneur moyenne	Ecart Type
Gras et suifs						
Gras abdominal	25,2	5,5	3,8	1,2	68,8	10,6
Gras de rognon	6,5	1,3	0,9	0,2	83,6	2,4
Gras mésentérique	39,3	2,2	5,3	1,0	52,4	2,2
Appareils génitaux						
Testicules	85,0	0,9	11,0	0,2	2,8	0,8
Mamelles	58,2	7,8	14,7	2,5	25,6	11,1
Verge	67,9	9,1	17,1	4,1	14,0	9,4
Divers						
Oreilles	65,7	3,7	22,5	2,0	11,6	5,3
Masque	65,1	7,2	20,5	1,4	15,4	6,9
Moelle épinière	75,4	0,9	6,8	0,2	13,0	0,4
Pieds	47,4	3,4	23,4	2,9	13,3	4,3
Abats rouges						
Poumon avec trachée	71,8	4,9	16,1	1,2	11,4	4,2
Herbère	73,3	4,0	15,7	0,3	11,3	2,1
Rognons	77,4	1,3	13,9	0,5	7,5	1,7
Rate	77,8	0,7	17,6	0,2	3,4	0,4
Abats blancs						
Gros intestin avec rectum	64,9	8,0	9,3	1,1	20,3	6,0

N.B. : La variabilité des compositions biochimiques de certains SPA (écart-type>10%) est liée soit au stade physiologique des animaux (ex : stade de la lactation de la mamelle), soit liée aux pratiques des abattoirs (ex : gros intestin retiré avec ou sans rectum).

Tableau 5 : Quantités de PAT et de graisses (en kg/100kg frais) issues de chaque SPA de gros bovins après traitement de fonte et standardisation du taux d'humidité de la PAT à hauteur de 8% ; teneur en protéines de la PAT standardisée (%) et rendements d'extraction des protéines et des lipides des SPA frais dans la PAT et les graisses, respectivement.

SPA de GROS BOVINS	Farine extraite standardisée à 8% d'eau			Graisses extraites	
	en kg/100kg de SPA	% de protéines	Rendement d'extraction des protéines par la farine	en kg/100 kg de SPA	Rendement d'extraction des lipides par les graisses
Gras ⁽¹⁾	4,2	48,4%	67,8%	76,6	98,4%
Testicules	11,0	47,5%	34,3%	0,0	0,0%
Mamelle	8,3	69,5%	68,6%	47,5	98,7%
Verge	21,9	92,0%	80,9%	18,5	100,0%
Oreille	20,3	82,6%	67,4%	4,7	72,2%
Fouet	38,8	64,1%	75,4%	0,3	16,2%
Masque	22,1	86,4%	63,8%	0,0	0,0%
Moelle	15,8	28,1%	70,1%	18,1	77,2%
Os de découpe	23,3	33,8%	88,1%	24,9	92,9%
Os de colonne	25,7	49,3%	77,6%	16,1	77,2%
Poumons	16,0	63,8%	76,5%	22,8	90,9%
Foie	21,8	53,1%	73,4%	0,7	15,3%
Rate	12,5	65,2%	41,5%	1,8	55,4%
Rognons	13,7	75,2%	65,9%	10,6	100,0%
Menus	6,0	84,6%	82,6%	71,4	100,0%
Gros intestin	11,0	73,4%	79,6%	54,7	100,0%

Gras de gros bovins constitué par regroupement de 40% de suifs d'émoissage, 40% de gras abdominal, 10% de gras de rognon et 10% de gras mésentérique.

Tableau 6 : Quantités de PAT et de graisses (en kg/100 kg frais) issues de chaque SPA de veaux après traitement d'équarrissage et standardisation du taux d'humidité de la PAT à hauteur de 8% ; teneur en protéines de la PAT standardisée (%) et rendements d'extraction des protéines et des lipides des SPA frais dans la PAT et les graisses, respectivement.

SPA de VEAUX	Farine extraite standardisée à 8% d'eau			Graisses extraites	
	en kg/100kg de SPA	% de protéines	Rendement d'extraction des protéines par la farine	en kg/100 kg de SPA	Rendement d'extraction des lipides par les graisses
Gras ⁽²⁾	8,4	26,3%	61,1%	67,9	93,3%
Testicules	11,0	80,3%	54,7%	7,2	90,5%
Verge	12,5	81,0%	72,3%	33,4	96,6%
Intestin grêle	9,1	75,2%	72,4%	42,5	100,0%
Gros intestin	5,7	92,0%	43,0%	50,2	100,0%

Gras de veaux constitué par regroupement de 70% de gras abdominal, 20% de gras de rognon et 10% de gras mésentérique.

Tableau 7 : Quantités de farines et de graisses (en kg/100 kg frais) issues de chaque SPA d'ovins après traitement d'équarrissage et standardisation du taux d'humidité de la farine à hauteur de 8% ; teneur en protéines de la farine standardisée (en %) et rendements d'extraction des protéines et des lipides des SPA frais dans la farine et les graisses, respectivement.

SPA d'OVINS	Farine extraite standardisée à 8% d'eau			Graisses extraites	
	en kg/100kg de SPA	% de protéines	Rendement d'extraction des protéines par la farine	en kg/100 kg de SPA	Rendement d'extraction des lipides par les graisses
Gras ⁽³⁾	3,4	34,6%	65,1%	71,8	100,0%
Testicules	8,7	43,7%	33,0%	0,0	0,0%
Mamelle	15,2	73,7%	73,0%	24,4	95,5%
Verge	22,6	49,7%	63,6%	5,7	41,1%
Oreille	24,4	72,1%	74,2%	7,2	62,2%
Masque	27,5	56,8%	70,5%	6,3	41,5%
Moelle	19,4	11,1%	34,6%	0,6	4,6%
Pieds	25,9	39,2%	68,1%	7,8	58,6%
Poumons	17,4	80,5%	77,0%	10,8	91,0%
Rognons	14,7	61,3%	58,7%	4,6	61,9%
Rate	13,4	62,4%	38,5%	1,4	40,9%
Gros intestin	13,9	12,8%	23,6%	12,2	60,3%

(1) Gras d'ovins constitué par regroupement de 70% de gras abdominal, 20% de gras de rognon et 10% de gras mésentérique.

III. DISCUSSION

Cette étude a permis de construire une table de référence de composition biochimique en protéines, lipides et matières sèches de 48 SPA de gros bovins, d'ovins et de veau représentatifs des abattoirs de France. La simulation d'un traitement de broyage / cuisson / centrifugation a permis de quantifier les rendements d'extraction en PAT et en graisse pour 33 coproduits et de quantifier les rendements d'extraction des protéines et des lipides. Le constat est une différenciation biochimique importante des coproduits animaux qui impacte directement leur valeur marchande potentielle au prorata des prix des PAT et des graisses. Une perspective

immédiate est d'établir une cartographie plus précise des poids de chaque coproduit pour des animaux de profils distincts par leur poids moyen, leur âge et leur sexe. Ceci permettra de consolider le calcul de la valeur marchande des SPA par profil de carcasse. Les compositions des coproduits pourront également être exploitées à des fins environnementales, pour corriger le bilan carbone des animaux de boucherie. En effet, les méthodes actuelles affectent l'ensemble des intrants énergétiques nécessaires à la croissance d'un animal à la viande alors que cette dernière représente moins de 50% de l'animal vif. Affecter à terme une partie des intrants aux

coproduits sur la base de leur composition chimique permettrait d'alléger l'empreinte environnementale des viandes dans les calculs.

Une perspective vise à explorer les voies d'innovations permettant de générer des produits à plus-haute valeur ajoutée à partir des PAT et des graisses. Dans la filière des coproduits d'abattage, les PAT et les graisses sont aujourd'hui valorisées majoritairement en petfood sec (78% du tonnage ; SIFCO, 2015) et les graisses trouvent leurs débouchés principalement en oléochimie et en alimentation animale (46% et 20% du tonnage, respectivement (SIFCO, 2015).

Dans la filière poisson, plusieurs voies de valorisation sont recensées dans la littérature telles que, par ordre croissant de valeur ajoutée, l'agriculture, l'alimentation animale, l'alimentation humaine, la diététique, les nutraceutiques, la cosmétique et enfin la médecine, pharmacie et biotechnologie (Bergé, 2008).

La filière petfood valorise les PAT et les graisses pour leur rôle nutritionnel de par leurs contenus en protéines et en acides gras respectivement. Les hydrolysats protéiques de poisson obtenus par hydrolyse enzymatique et atomisation sont plus concentrés en protéines solubles de bonne digestibilité que la farine classique, et cet atout nutritionnel est valorisé en petfood (IFREMER, 2010). Une valorisation en alimentation animale est également possible. Les travaux réalisés par l'ITERG dans le cadre du projet VALOCOGRASA (Bernhard, 2013) ont mis en évidence l'intérêt nutritionnel des graisses de porcs et de volaille par la qualité des acides gras mais aussi leur fiabilité liée à l'absence de composés indésirables. Les huiles extraites des têtes de poissons sont également riches en acides gras oméga 3 dont l'EPA et le DHA (Guillot et Pirot, 2016). Les plumes de volailles sont valorisées sous forme d'acides aminés d'intérêt purifiés (tyrosine, cystéine) pour la pharmaceutique, la nutrition humaine et animale (Guillot et Pirot, 2016).

Les coproduits de ruminants peuvent constituer une source importante d'acides aminés essentiels, de minéraux et de vitamines (Rahman *et al.*, 2014 ; Toldra *et al.*, 2012 et 2016). Une caractérisation du contenu des coproduits d'abattage en ces nutriments et de leur profil en acides gras permettrait davantage d'envisager leur valorisation nutritionnelle (sous condition de l'acceptabilité sociale de ces processus).

Les applications sont larges mais cela nécessite d'investir pour être en capacité de trier les coproduits, d'extraire les molécules d'intérêt et de répondre à la réglementation en vigueur, notamment le règlement n°1069/2009 pour les SPA non destinés à l'alimentation humaine et les règlements européens n°852/2004 et 853/2004 pour les matières propres à la consommation humaine.

Certains composés contenus dans les coproduits animaux peuvent aussi être valorisés pour leur rôle technologique car ils ont une fonction d'exhausteur de couleur ou de flaveur, d'agent texturant, d'agent de charge, d'agent antioxydant et d'agent antimicrobien dans les produits élaborés (Toldra *et al.*, 2012 et 2016 ;

Guillot et Pirot, 2016). Les protéines du sang sont déjà valorisées pour leurs propriétés fonctionnelles (charge en protéines, capacité de rétention d'eau, capacité émulsifiante) en alimentation animale et humaine. La fabrication d'extraits et de concentrés aromatiques telle que pratiquée en filière poisson met en jeu des procédés complexes d'hydrolyse enzymatique, filtration, concentration, cuisson puis séchage, qui permettent une valorisation organoleptique dans les plats cuisinés et les soupes (IFREMER, 2010). La valorisation peut atteindre des marchés plus rémunérateurs comme le cas de la gélatine extraite utilisée pour la micro-encapsulation dans les secteurs de la pharmacie et du médical (Guillot et Pirot, 2016 ; Toldra *et al.*, 2016).

La maîtrise des technologies d'extraction et de cracking des coproduits est nécessaire pour produire des produits à plus forte valeur ajoutée. La capacité à extraire des composés d'intérêt « santé », désignés par les termes de « peptides bioactifs » (Toldra *et al.*, 2012, 2016) et l'utilisation des hormones des glandes endocrines pour les hormones qu'elles contiennent qui peuvent être prescrits dans des traitements opothérapeutiques (Rahman *et al.*, 2014) constituent une voie de valorisation sérieuse. Un grand nombre de peptides peuvent être obtenus industriellement à partir des coproduits par hydrolyse avec différentes protéases commerciales telles que la protéase de l'*Aspergillus oryzae*, la pepsine, la chymotrypsine, la pancréatine, la papaïne, la bromélaïne, la thermolysine, la pronase ou la protéinase K (Toldra *et al.*, 2012). Cela implique des technologies de fractionnement, de filtration et de chromatographie pour isoler ces peptides. Tous ces peptides ne sont pas bioactifs ce qui implique aussi des travaux de recherche pour caractériser leurs bénéfices « santé » chez l'Homme. Les peptides inhibiteurs de l'ACE sont probablement les plus intéressants pour développer des thérapies pour prévenir de l'hypertension. Une telle activité a été observée avec des peptides générés à partir d'hydrolysats de gélatine bovine (Herregods *et al.*, 2011). Les peptides issus de l'hydrolyse de l'hémoglobine bovine montrent un fort potentiel d'activité antimicrobienne, mais aussi une activité opioïde, ou encore des effets hypocholestérolémiants (Toldra *et al.*, 2012). Les extraits peptidiques d'aorte de porc montrent une activité antiathérogène (Chernukha *et al.*, 2015). Les glycosaminoglycans sont des composés recherchés dans les secteurs pharmaceutique, cosmétique et nutraceutique. A titre d'exemples, l'anticoagulant héparine est extrait du mucus d'intestin de porc (Guillot et Pirot, 2016), la chondroïtine sulfate et l'acide hyaluronique bénéfique pour le fonctionnement des articulations sont extraits des hydrolysats de collagène (Toldra *et al.*, 2016) et des cartilages de poissons (IFREMER, 2010).

Les coproduits sont utilisables comme combustibles, aujourd'hui dans les chaufferies ou dans les cimenteries et les usines d'incinération (pour les farines) en tant que biocarburant (pour les graisses) et dans les cimenteries et les usines d'incinération (pour les farines). La valorisation des graisses animales pour la production de

biodiesel est effective industriellement depuis 2016 en France après avoir été considérée comme une piste prometteuse en 2012 (Toldra *et al.*, 2012) en raison de sa biodégradabilité et son profil d'émission de combustion favorable (réduction du dioxyde de carbone, monoxyde de carbone) (Toldra *et al.*, 2016). Les innovations de procédés de traitement des coproduits se poursuivent

avec la nouvelle génération des biogaz. Des nouvelles applications sont également envisageables dans l'industrie chimique avec la production de polyhydroxyalkanoate, un polymère obtenu à partir des graisses qui représente une alternative biodégradable au plastique (Toldra *et al.*, 2016).

CONCLUSION

En conclusion, cette étude apporte pour la première fois des données de compositions biochimiques et de rendements d'extraction des PAT et des graisses de 48 sous-produits animaux de gros bovins, de veau et d'ovins collectés dans quatre abattoirs français. Afin de consolider cette base pour qu'elle devienne à terme une table de référence française, il conviendra de réaliser d'autres plans d'échantillonnage dans un plus grand nombre d'abattoirs répartis sur l'ensemble des régions françaises afin de tenir compte de la variabilité géographique qui détermine pour partie la variabilité des animaux (race, âge, sexe, ...). Cette table de référence permet d'envisager des travaux de recherche plus

spécifiques à chaque coproduit en vue de leur valorisation. Une caractérisation fine des caractéristiques fonctionnelles, nutritionnelles et santé des coproduits d'abattage et de leurs dérivés doit être explorée pour envisager la valorisation économique de ces coproduits sur des marchés rémunérateurs. La valorisation des SPA devra également tenir compte de la gestion de l'ensemble des fractions générées lors de leur transformation et/ou de l'extraction des substances bioactives. Ces investigations permettront aux abattoirs de mieux négocier avec leurs prestataires le coût d'enlèvement ou le prix d'achat de leurs coproduits aux regards des potentiels de valorisation.

Références bibliographiques

- Bernhard A. (2013). L'Analyse de cycle de vie dans le secteur des corps gras. Rapport de stage de Master M2 en Economie et Gestion de l'environnement. Bordeaux IV, soutenu le 12 septembre 2013. 37 p.
- Célène (2016). Observatoire du cours des produits animaux transformés non destinés à la consommation humaine. Rapport interne au Comité coproduit piloté par FranceAgrimer, 10 p.
- Chernukha I., Fedulovaa I., Kotenkovaa E. (2015). Meat by-product is a source of tissue-specific bioactive proteins and peptides against cardio-vascular diseases. *Procedia Food Science*, 5, 50-53.
- DGAL (2016). Liste des Matériels à Risque Spécifiés (MRS). Instruction technique SDSSA/2016-246 24/03/2016, pages 1-6.
- FranceAgriMer (2016). Données et Bilans/ Les filières animales terrestres et aquatiques - Bilan 2015 - Perspectives 2016. 135 p.
- Guillot S. et Pirot D. (2016). Valorisation des coproduits des IAA : la bioraffinerie en perspective. *La revue de l'observation des IAA de Bretagne*, 123, 13-22.
- Herregods G., Van Camp J., Morel N., Ghesquière B., Gevaert K., Vercruyse L., Dierckx S., Quanten E., Smagghe G. (2011). Angiotensin-I converting enzyme inhibitory activity of gelatin hydrolysates and identification of bioactive peptides. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 552-558.
- IFREMER (2010). La valorisation des co-produits. Fiches téléchargeables sur <http://www.bibliomer.com>.
- Keeton J., Hafley, B., Eddy S., Moser C., McManus B., Leffler T. (2003). Rapid Determination of Moisture and Fat in Meats by Microwave and Nuclear Magnetic Resonance Analysis. *Journal of AOAC International*, 86, 1193-1202.
- Office Internationale des Epizootie (2017). Reconnaissance du statut des pays membres en matière de risque d'encéphalopathie spongiforme bovine. Résolution n° 26 de la 85ème Assemblée mondiale des Délégués de l'OIE adoptée le 23 mai 2017.
- Rahman U., Sahar A., Khan M. (2014). Recovery and utilization of effluents from meat processing industries. *Food Research International*, 65, 322-328.
- Règlement n°999/2001 du Parlement européen et du Conseil fixant les règles pour la prévention et l'éradication de certaines encéphalopathies spongiformes transmissibles. JOCE n° L 147 du 31/5/2001.
- Règlement (CE) n° 1774/2002 du Parlement européen et du Conseil du 3 octobre 2002 établissant des règles sanitaires applicables aux sous-produits animaux non destinés à la consommation humaine. JOUE n° L 273 du 10/10/2002, p. 1-95.
- Règlement (CE) n° 1069/2009 du Parlement européen et du Conseil du 21 octobre 2009 établissant des règles sanitaires applicables aux sous-produits animaux et produits dérivés non destinés à la consommation humaine et abrogeant le règlement (CE) n° 1774/2002 (règlement relatif aux sous-produits animaux). J.O.U.E. n° L 301 du 14/11/2009, p. 1-33.
- Règlement (CE) n° 852/2004 du Parlement européen et du Conseil du 29 avril 2004 relatif à l'hygiène des denrées alimentaires. J.O.U.E. n° L139 du 29/04/2004, p. 1-54.
- Règlement (CE) n° 853/2004 du Parlement européen et du Conseil du 29 avril 2004 fixant des règles spécifiques d'hygiène applicables aux denrées alimentaires d'origine animale. J.O.U.E. n° L139 du 29/04/2004, p. 55-206.

Règlement (UE) n° 575/2011 de la Commission du 16 juin 2011 relatif au catalogue des matières premières pour aliments des animaux. JOUE n° L 159 du 16/06/2011, p. 25-65.

Règlement (UE) 2015/728 de la Commission du 6 mai 2015 modifiant la définition des matériels à risque spécifiés énoncée à l'annexe V du règlement (CE) no 999/2001 du Parlement européen et du Conseil fixant les règles pour la prévention, le contrôle et l'éradication de certaines encéphalopathies spongiformes transmissibles. JOUE n° L116 du 7/05/2015, p. 1-2.

SIFCO (2015). Rapport d'activité 2015 du SIFCO. 23 pages. (<http://www.sifco.fr/rapport-d-activites/2015>)

Toldra F., Aristoy M.-C., Mora L., Reig M (2012). Innovations in value-addition of edible meat by-products. Meat Science, 92, 290-296.

Toldra F., Mora L., Reig M. (2016). New insights into meat by-product utilization. Meat Science, 120, 54-59.