



HAL
open science

Composition chimique et intérêt nutritionnel de la viande de bœuf à partir de l'analyse des données INRA 2007 pour le Centre d'Informations des Viandes

Carole Sadaka

► **To cite this version:**

Carole Sadaka. Composition chimique et intérêt nutritionnel de la viande de bœuf à partir de l'analyse des données INRA 2007 pour le Centre d'Informations des Viandes. Alimentation et Nutrition. 2011. dumas-01076976

HAL Id: dumas-01076976

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01076976>

Submitted on 23 Oct 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET METIERS

PARIS

MEMOIRE

Présenté en vue d'obtenir

le DIPLOME d'INGENIEUR CNAM

SPECIALITE : SCIENCES ET TECHNIQUES DU VIVANT

OPTION : BIOCHIMIE ET TECHNOLOGIE DES INDUSTRIES AGRO-ALIMENTAIRES

par

SADAKA, Carole

Composition chimique et intérêt nutritionnel de la
viande de bœuf à partir de l'analyse des données INRA
2007 pour le Centre d'Informations des Viandes

Soutenu le 28 octobre 2011

JURY

PRESIDENT : Jacques NICOLAS, Professeur émérite CNAM

MEMBRES :

Jacques POTUS, Professeur des universités CNAM

Gilles GANDEMER, Directeur de recherche INRA

Rebecca GARCIA, Maître de conférences CNAM

Christelle DUCHENE, Chef de projet nutrition CIV

Mémoire d'ingénieur CNAM, Paris 2011.

Remerciements

J'adresse mes remerciements au centre d'information des viandes (CIV) et plus particulièrement à Christelle Duchène pour m'avoir permis d'effectuer un stage d'ingénieur de 10 mois et de travailler sur le projet d'analyses nutritionnelles des viandes effectuées par l'INRA de Theix. Je tiens également à remercier Gilles Gandemer, en tant que membre du conseil scientifique du CIV, pour sa pédagogie et sa disponibilité et pour m'avoir guidé sur ce projet et soutenu dans la rédaction de ce mémoire.

Il est important de noter que la rédaction de ce mémoire a été en grande partie effectuée en 2008 mais n'a pu être terminée cette même année. Elle s'est achevée en 2011 ce qui explique que certaines actualisations n'aient pas pu être prises en compte. C'est le cas notamment de l'avis de l'AFSSA du 1^{er} mars 2010 relatif à l'actualisation des apports nutritionnels conseillés en acides gras.

Liste des abréviations

AA : Acides aminés
AAL : Acide alpha-linolénique
ADIV : Association pour le développement de l'institut de la viande
AFSSA : Agence française de sécurité sanitaire des aliments
AG : Acide gras
AGS : Acides gras saturés
AGMI : Acides gras monoinsaturés
AGPI : Acides gras polyinsaturés
AGT : Acides gras trans
AGPI-LC : Acides gras polyinsaturés à longue chaîne
AJR : Apports journaliers recommandés
AL : Acide linoléique
ALC : Acides linoléiques conjugués
ANC : Apports nutritionnels conseillés
ARA: Acide arachidonique
BNM : Besoin nutritionnel moyen
CCAF : Enquête sur les comportements et consommations alimentaires en France
CIQUAL : Centre d'information sur la qualité des aliments
CIV : Centre d'information des viandes
CPG : Chromatographie en phase gazeuse
CREDOC : Centre de recherche pour l'étude et l'observation des conditions de vie
DHA: Acide docosahexaénoïque
DPA : Acide docosapentaénoïque
EPA : Acide eicosapentaénoïque
HPLC : Chromatographie en phase liquide à haute performance
INCA : Enquête individuelle et nationale sur les consommations alimentaires
INRA : Institut national de la recherche agronomique
INTERBEV : Interprofession du bétail et des viandes
LN : Lipides neutres
PL : Phospholipides
TEC : Tonne équivalent carcasse
TG : Triglycérides
WCRF : *World cancer research found*

Sommaire

Introduction -----	p 7
Première partie : Bibliographie – état de l’art -----	p10
I. <u>Données de consommation</u> -----	p 11
I.1. Consommation sur la base de données statistiques-----	p 11
I.2. Consommation sur la base d’enquêtes sur les achats des ménages -----	p 12
I.3. Enquêtes de consommations alimentaires-----	p 13
I.3.1. L’ enquête individuelle et nationale sur les consommations alimentaires	
I.3.2. L’ enquête sur les comportements et consommations alimentaires en France	
II. <u>Viande et santé</u> -----	p 15
II.1. Viande et maladies cardio-vasculaires-----	p 15
II.2. Viande et cancer-----	p 16
II.3. Conclusion-----	p 17
III. <u>Composition de la viande de bœuf</u> -----	p 17
III.1. Définition réglementaire de la viande-----	p 17
III.2. Viande bovine : morceaux commerciaux-----	p 18
III.2.1. Classification des carcasses-----	p 18
III.2.2. Rendement-----	p 19
III.3. Viande bovine : muscles -----	p 19
III.3.1. Morceaux homogènes et morceaux composites-----	p 19
III.3.2. Type métabolique des fibres-----	p 20
III.3.3. Composition des muscles-----	p 21
III.3.3.1. Composition centésimale-----	p 21
III.3.3.2. Protéines-----	p 21
III.3.3.3. Lipides-----	p 22
a. Localisation des lipides	
b. Composition des lipides	
b.1. Lipides totaux	
b.2. Phospholipides	
c.3. Triglycérides	

c.4. Cholestérol	
c.5. Acides gras	
III.3.3.4. Minéraux-----	p 27
III.3.3.5. Vitamines-----	p 29
IV. Viandes et apports nutritionnels -----	p 30
IV.1. Apports nutritionnels conseillés-----	p 30
IV.1.1. Définition	
IV.1.2. Apports nutritionnels conseillés en énergie pour l'adulte	
IV.1.3. Apports nutritionnels conseillés en protéines pour l'adulte	
IV.1.4. Apports nutritionnels conseillés en lipides et acides gras pour l'adulte	
IV.1.5. Apports nutritionnels conseillés en vitamines et minéraux pour l'adulte	
IV.2. Apports journaliers recommandés-----	p 32
IV.3. Données de composition nutritionnelle des viandes-----	p 32
IV.4. Contribution des viandes à la couverture des ANC-----	p 33
IV.5. Viandes et allégations-----	p 34
IV.5.1. Objectif	
IV.5.2. Définitions	
IV.5.3. Conditions d'utilisation des allégations nutritionnelles et de santé	
Deuxième partie :Matériel et méthodes-----	p 36
<u>I. Méthodologie de l'étude-----</u>	p 37
I.1. Matériel animal -----	p 37
I.1.1. Choix des animaux	
I.1.2. Elevage des animaux	
I.1.3. Abattage des animaux	
I.2. Prélèvements des morceaux de viandes-----	p 38
I.3. Prélèvement des échantillons-----	p 38
<u>II. Méthodes d'analyse-----</u>	p 39
II.1. Homogénéisation des échantillons-----	p 39
II.2. Détermination de la matière sèche-----	p 39

II.3. Détermination de la teneur en protéines-----	p 39
II.4. Détermination de la teneur en lipides totaux-----	p 39
II.5. Calcul de la teneur en acides gras des lipides totaux-----	p 40
II.6. Fractionnement des extraits lipidiques totaux en triglycérides et phospholipides--- -----	p 40
II.7. Détermination de la composition des acides gras des lipides totaux, des triglycérides et des phospholipides-----	p 41
II.8. Caractérisation de la fraction des acides gras trans-----	p 42
II.9. Détermination de la teneur en fer total et en zinc-----	p 42
II.10. Détermination de la teneur en fer héminique -----	p 43
II.11. Détermination de la teneur en sélénium musculaire-----	p 44
II.12. Détermination de la teneur en vitamines du groupe B-----	p 44
II.12.1. Analyse de la teneur en vitamine B3 des muscles	
II.12.2. Analyse de la teneur en vitamine B6 des muscles	
II.12.3. Analyse de la teneur en vitamine B12 des muscles	
<u>III. Traitement statistique</u> -----	p 48

Troisième partie : Résultats et discussion-----p 49

I. Composition-----p 50

I.1. Facteurs de variations de la composition-----	p 51
I.1.1. Variabilité liée à la localisation dans la carcasse-----	p 52
I.1.2. Variabilité liée au type métabolique des muscles-----	p 55
I.2. Composition en acides gras-----	p 57
I.2.1. Acides gras saturés-----	p 57
I.2.2. Acides gras mono-insaturés-----	p 58
I.2.3. Acides gras polyinsaturés-----	p 59
I.2.4. Acides gras trans-----	p 60

II. Morceaux composites-----p 60

II.1. Composition des morceaux de découpe-----	p 61
II.2. Effet de la race-----	p 61
II.3. Effet du morceau-----	p 61
II.4. Composition des déchets d'assiette-----	p 62

II.5. Intérêt d'une communication sur l'intérêt de consommer la viande de bœuf sans le gras visible-----p 62

III. Viandes et couverture des besoins nutritionnels-----p 63

III.1. Energie-----p 63
III.2. Protéines-----p 64
III.3. Minéraux-----p 64
III.4. Vitamines-----p 65
III.5. Lipides-----p 66
III.6. Acides gras-----p 66

Conclusion -----p 68

Annexes-----p 70

Bibliographie-----p 80

Liste des figures-----p 85

Liste des tableaux -----p 87

Introduction

Il est admis que la viande est une source importante de nutriments essentiels : des protéines composées de tous les acides aminés indispensables, des minéraux et des vitamines de bonne biodisponibilité (Fer, Zinc, Sélénium, Vitamine B12...).

Cependant, la viande, surtout la viande rouge, est de nos jours fréquemment critiquée pour ses aspects négatifs sur la santé : richesse en graisse ; richesse en acides gras saturés et très récemment pour son lien avec le cancer.

Dans ce contexte, il est donc indispensable d'avoir des valeurs nutritionnelles fiables et représentatives des viandes que nous consommons habituellement. Les valeurs nutritionnelles reposent sur les compositions chimiques des aliments. L'analyse des données existantes a permis dans un premier temps de mettre en évidence les manques et les insuffisances d'information des valeurs nutritionnelles disponibles (*Evrat –Goergel, 2005*).

Les connaissances préalables à cette étude ont permis de montrer qu'il existe un grand nombre de données relatives aux macro et micronutriments de la viande. Certaines études ou données ont révélé des incertitudes.

Par ailleurs, aujourd'hui la réflexion s'élargit à d'autres nutriments comme par exemple les acides gras trans et les acides linoléiques conjugués.

De plus les progrès analytiques permettent de mieux doser certains nutriments ou encore de mieux séparer les acides gras.

C'est la raison pour laquelle, le Centre d'Information des Viandes (CIV) a entrepris en 2005 de construire une table de composition nutritionnelle des viandes et abats de ruminants (bœuf, veau, agneau).

Le CIV se situe au carrefour des professionnels, des pouvoirs publics et des consommateurs.

Association de Loi 1901, il doit sa création, en 1987, à l'interprofession du bétail et des viandes (INTERBEV) ainsi qu'à l'Office de l'élevage (aujourd'hui FranceAgriMer). Sa particularité : un statut associatif et la volonté d'être un lieu d'échange et d'information grâce à son conseil scientifique, son Conseil Consommateurs et son Comité Ethique. En conséquence, le CIV applique une procédure rigoureuse de validation des informations qu'il a pour mission de diffuser sur les viandes bovine, ovine, chevaline, porcine et les produits tripiers.

Pour mener cette étude, un groupe de travail composé de représentants de l'office de l'élevage, de l'agence française de sécurité sanitaire des aliments (AFSSA), de divers représentants de la filière et de représentants de l'institut national de la recherche agronomique (INRA) s'est réuni afin d'organiser cet

important travail. La construction du protocole et la mise en œuvre des analyses ont été confiée à l'équipe Nutriments et Métabolisme de l'unité de Recherche sur les Herbivores de l'INRA de Clermont-Ferrand – Theix.

L'objectif de ce travail est de présenter, d'analyser et de critiquer les résultats obtenus pour la viande de bœuf.

Première partie : Bibliographie-état de l'art

I. Données de consommations

La consommation de viande peut être évaluée de différentes manières en fonction de l'usage des données (économiques, marketing ou nutritionnelles).

I.1. Consommation sur la base de données statistiques

Les données statistiques sont établies par filières animales selon la méthode du bilan (Office de l'élevage, 2006) :

Consommation = abattages + importations de viandes – exportations de viandes + ou – variations de stocks connus.

Dans l'union européenne, les données sont établies par la Commission Européenne et en France par le Service Central d'Enquêtes et d'Etudes Statistiques (SCEES) du ministère de l'Agriculture.

Afin de pouvoir déterminer de façon cohérente les flux de matière au sein des filières animales, des coefficients ont été introduits pour tenir compte des actions menées sur les viandes (désossage, transformation...).

Les volumes sont ramenés à une base commune : la tonne équivalent carcasse (TEC) ou le kilogramme équivalent carcasse. Ces unités de mesure correspondent au poids des carcasses lors de la pesée en abattoir et comptabilisent donc les os et déchets qui sont des parties non consommées de l'animal.

La tonne poids fini (TPF) correspond au volume réellement vendu dans les circuits de distribution. Des coefficients de TPF / TEC ont été estimés par l'INRA en 2003 pour chaque espèce. Pour la viande bovine, le taux de conversion est de 66 % (Mainsant, 2006).

En 2005, la consommation de viandes dans le monde était estimée à 272.6 millions de TEC, dans l'union européenne 25.0 à 39.8 millions TEC et en France à 5.75 millions TEC (Office de l'élevage, 2006).

La consommation de viande bovine représente 20 % du total des produits carnés dans l'union européenne à 25.

La France est le pays premier consommateur de viande bovine en Europe avec 27 kg équivalent carcasse par habitant par an (Figure 1).

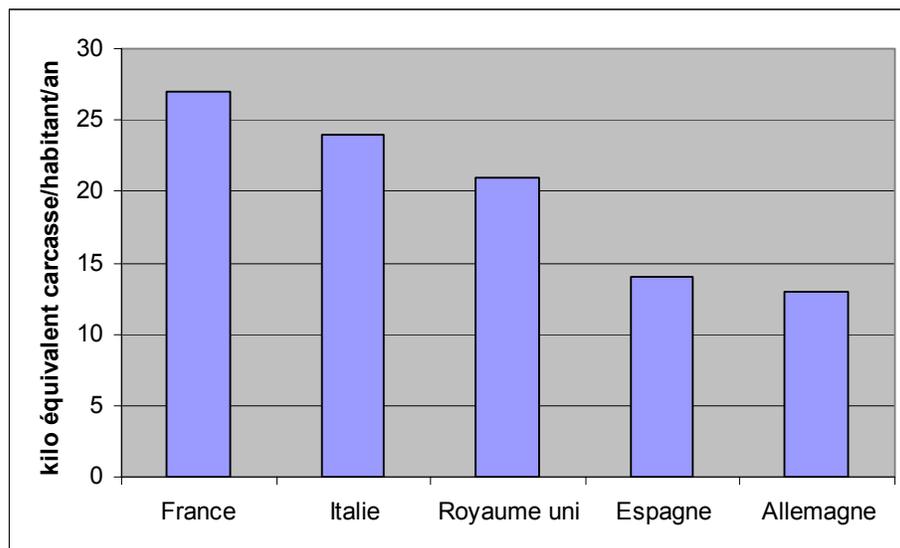


Figure 1. Consommation individuelle de viande bovine dans UE en 2005 (Office de l'élevage, 2006)

Ces données permettent surtout de situer la France en terme de consommation par rapport aux autres pays. Elles sont utiles pour les échanges commerciaux et ne peuvent servir à d'autres usages (comme par exemple fournir des données nutritionnelles) car trop imprécises.

I.2. Consommation sur la base d'enquêtes sur les achats des ménages

Un échantillon représentatif des ménages français enregistre hebdomadairement ses achats. Les principales caractéristiques des produits carnés achetés y sont détaillées : nature des produits, quantité, prix, lieu d'achat.

Le profil des ménages peut également être connu : âge, habitudes, centres d'intérêt ...

La viande de bœuf est la viande de boucherie la plus achetée par les ménages en France et représente plus de 50 % des achats en valeur et 47 % des achats en volume en 2005 (Figure 2).

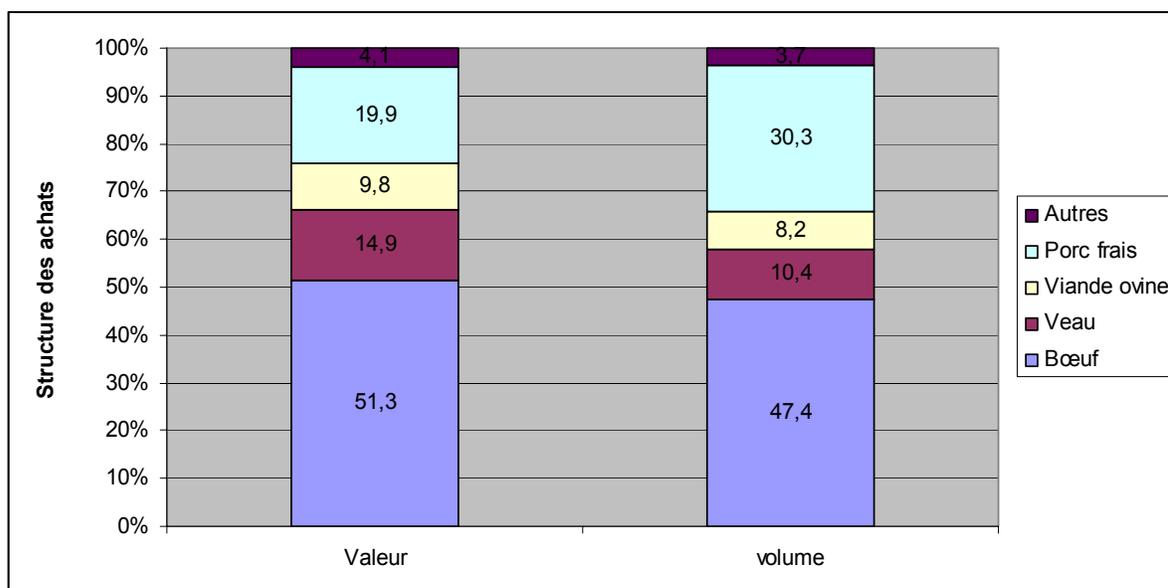


Figure 2. Achats des ménages en viandes de boucherie en France en 2005 (Office de l'élevage, 2006)

Ces données sont intéressantes pour bien comprendre les habitudes de consommation en France. Cependant ces données étant liées aux achats des ménages, elles ne prennent pas en compte ce qui est consommé en dehors du domicile (en restauration collective ou commerciale). De ce fait, l'enquête sur l'achat des ménages ne permet pas de déduire ce qui est réellement consommé par le ménage.

I.3. Enquêtes de consommations alimentaires

Ces études ont pour objectif de fournir des données de consommation permettant de mesurer le statut nutritionnel de la population.

I.3.1. L' Enquête Individuelle et Nationale sur les Consommations Alimentaires (INCA) (Volatier, 2000)

La première enquête INCA appelée INCA 1 a été réalisée par le Centre de Recherche pour l'Etude et l'Observation des Conditions de Vie (CREDOC) en 1998-1999 pour le compte de ses clients institutionnels et privés : Direction Générale de l'Alimentation (DGAL), AFSSA, Danone, Nestlé, les offices et interprofession de plusieurs secteurs agroalimentaires. Les résultats de cette enquête ont ensuite été exploités par l'AFSSA (agence française de sécurité sanitaire des aliments).

L'enquête a porté sur 3003 individus, de 3 ans et plus, représentatifs de la population française. La méthodologie utilisée était le relevé de consommations alimentaires sur 7 jours consécutifs.

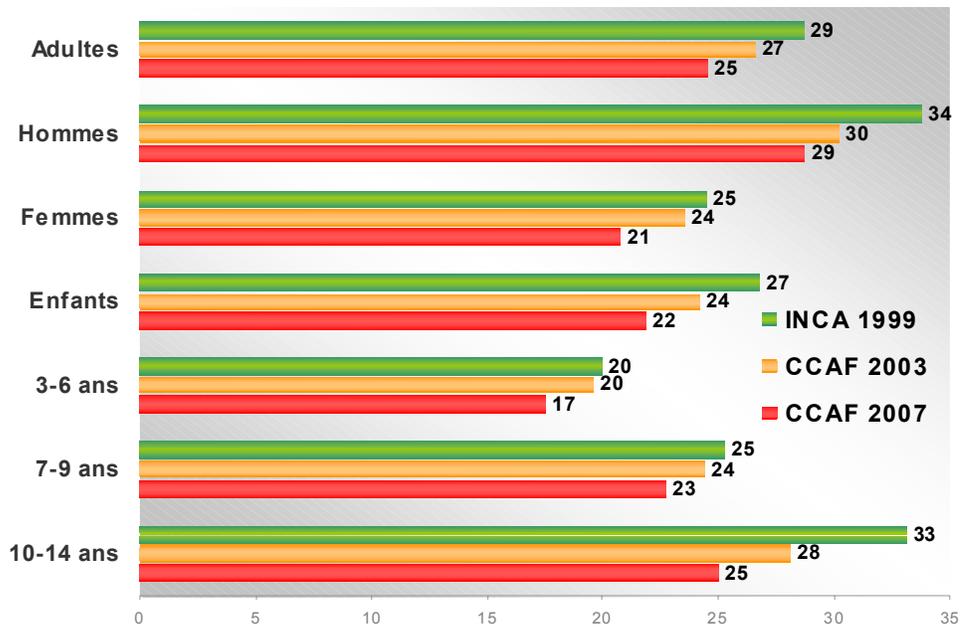


Figure 3. Evolution de la consommation de viandes de boucherie en g / j / personne entre 1999 et 2007 (CREDOC pour CIV, 2008)

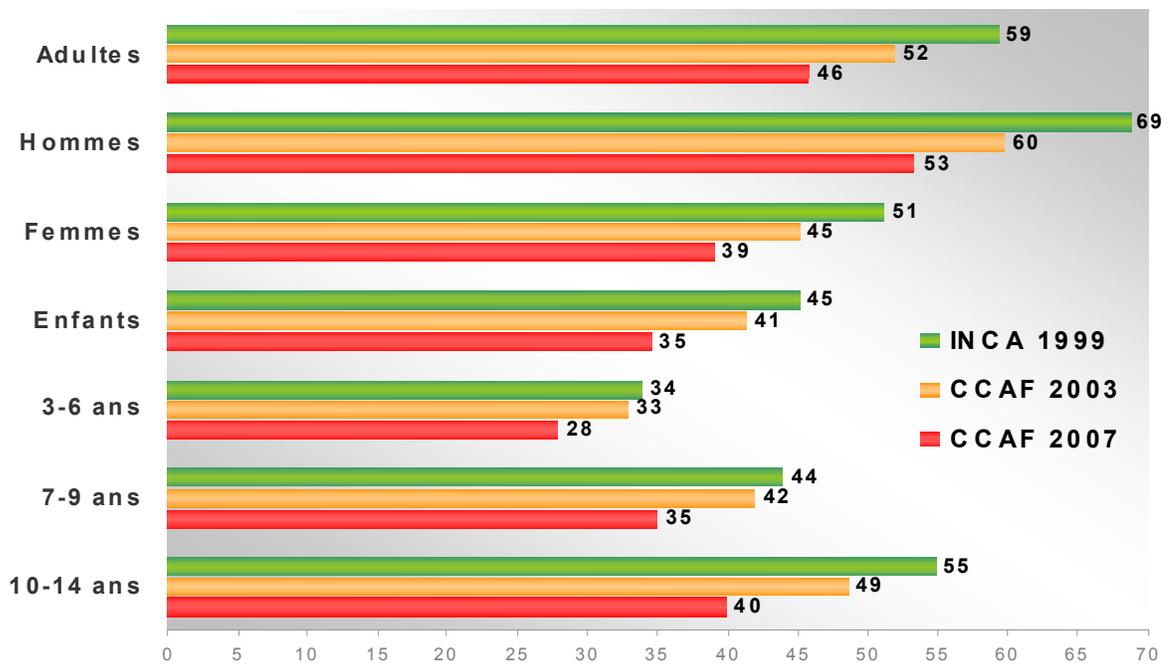


Figure 4. Evolution de la consommation de boeuf en g / j / personne entre 1999 et 2007 (CREDOC pour CIV, 2008)

Le deuxième volet de l'enquête INCA appelé INCA 2 menée en 2006-2007 a porté sur 5500 individus enfants et adultes, représentatifs de la population française. Cette enquête a été financée et réalisée par l'AFSSA en réponse à sa mission officielle d'observation des consommations alimentaires pour l'évaluation des risques nutritionnels et sanitaires. Elle permet de suivre l'évolution des consommations par rapport à INCA 1 et sera renouvelée tous les 5 ans afin de disposer d'une banque de données actualisées sur le comportement alimentaire des français.

Les résultats d'INCA 2 ont mis en évidence que la consommation de viandes, volailles, gibiers, abats avait diminué de 20 % chez les enfants, 17 % chez les adolescents et 16 % chez les femmes par rapport à INCA 1.

Selon INCA 2, les adultes (hommes et femmes) consomment en moyenne 90 g de viandes, volailles, gibiers et abats par jour.

Les enfants (3-17 ans) consomment en moyenne 60 g de viandes, volailles, gibiers et abats par jour.

Il ne s'agit là que d'une tendance générale pour cette catégorie et il n'y a actuellement pas de données détaillées disponibles notamment sur la distinction entre viandes et volailles.

I.3.2. L'enquête sur les Comportements et Consommations Alimentaires en France (CCAF)

Les enquêtes CCAF 2003 et CCAF 2007 ont été menées par le CREDOC. Elles comprennent 2 volets : un volet usages et attitudes, qui détaille le comportement du consommateur et un volet consommation qui détaille les consommations individuelles à chaque repas.

La méthodologie de recueil alimentaire est la même que pour INCA 1.

CCAF 2007 a porté sur 1203 ménages, 2363 adultes représentatifs des 15 ans et plus et 1072 enfants représentatifs des 3-14ans.

Les enquêtes CCAF sont exploitables par les industriels et organisations professionnelles qui peuvent extraire les données concernant leur secteur.

Le CREDOC a ainsi analysé pour le CIV l'évolution de la consommation de produits carnés en France en comparant les résultats des 3 études (CREDOC pour CIV, 2008).

Entre 1999 et 2007, la consommation de viandes de boucherie n'a cessé de diminuer pour toutes les catégories de population (Figure 3). Les viandes de boucherie prises en compte dans ces études sont

le bœuf, le veau, l'agneau, le porc, le cheval. Les hommes sont les plus gros consommateurs de viandes de boucherie.

En ce qui concerne la viande de bœuf, la consommation diminue également depuis 1999 pour toutes les catégories de population (Figure 4). En 2007, la viande de bœuf représente 54 % des viandes de boucherie consommées par les adultes et 63 % de celles consommées par les enfants (Figure 3 et 4).

II. Viande et santé

La viande est soumise à de plus en plus de critiques sur l'impact de sa consommation sur la santé. Les principales critiques à l'égard de la viande concernent principalement le lien avec d'une part les maladies cardio-vasculaires et d'autre part le cancer colorectal.

II.1. Viande et maladies cardio-vasculaires

Il n'existe pas d'études confrontant directement la consommation de viandes et le risque cardio-vasculaire. La viande est souvent incriminée dans les maladies cardio-vasculaires du fait de son apport en lipides. Ce sont plus particulièrement les lipides et les acides gras alimentaires qui ont un lien avec les maladies cardio-vasculaires et notamment un rôle important dans le développement de l'athérosclérose (Dallongeville *et al.*, 2008).

La diminution des apports lipidiques alimentaires aurait peu d'impact sur le risque cardio-vasculaire : une étude portant sur 48000 femmes américaines (Howard B.V *et al.*, 2006) a montré qu'une diminution des apports moyens en lipides de 8.3 % en 6 ans ne permettait pas de diminuer de manière significative les événements coronaires ou vasculaires cérébraux.

Le lien entre les principaux acides gras alimentaires et les maladies cardio-vasculaires est bien connu :

- les enquêtes épidémiologiques d'observation montrent qu'il y a une relation entre les apports en acides gras saturés et le risque de cardiopathies ischémiques (Mensink et Katan, 1992)

- les études d'observation et des études épidémiologiques montrent que la consommation d'acides gras monoinsaturés aurait globalement des effets favorables sur le profil lipidique chez l'homme. (Mensink et Katan, 1992 ; Kris-Etherton, 1999)
- les études épidémiologiques montrent des taux de cardiopathies ischémiques plus bas chez les sujets consommateurs d'acides gras polyinsaturés par rapport à des sujets consommateurs d'acides gras saturés ou trans (Hu *et al.*, 1999).

L'effet des acides gras trans alimentaires sur les maladies cardio-vasculaires a été décrit. Présents dans le lait et les viandes de ruminants ou apportés par voie technologique (hydrogénation partielle ou traitement thermique des huiles), les acides gras trans, s'ils sont consommés en excès, ont un effet délétère sur le risque cardio-vasculaire. Mozaffarian *et al.* (2006) ont montré à partir d'une méta-analyse de 4 études que l'augmentation de 2 % de l'apport énergétique total par les acides gras trans augmentait de 23 % le risque de maladie cardio-vasculaire. Les données disponibles actuellement ne permettent pas de dire si les acides gras trans d'origine naturelle ont les mêmes effets délétères que les acides gras trans d'origine industrielle.

Le lien entre viande et maladie cardio-vasculaire n'est pas une relation de cause à effet. Les études épidémiologiques ont plutôt cherché à établir des liens entre apports en acides gras alimentaires et maladies cardio-vasculaires. Une des limites des études épidémiologiques d'observation est l'imprécision qui peut exister dans les tables de composition nutritionnelle sur les teneurs en acides gras des aliments.

II.2. Viande et Cancer

Le rapport du World Cancer Research Found (WCRF, 2007) : *Alimentation, nutrition, activité physique et prévention du cancer : une perspective globale* révèle en novembre 2007 un lien entre cancer colorectal et consommation de viandes rouges dont le niveau de preuve passe de probable (1997) à convaincant. Le comité WCRF recommande de limiter la consommation de viandes rouges à moins de 500 g par semaine et d'éviter les viandes transformées (charcuteries). Cette recommandation est principalement basée sur les résultats issus d'études épidémiologiques.

Il existe 2 méta-analyses majeures, Norat *et al.* (2002) et Larsson *et al.* (2006) regroupant l'analyse de toutes les études épidémiologiques permettant de quantifier le risque associé à la consommation de viandes. Les études dont la qualité est jugée insuffisante, sont exclues. Les principaux résultats

de ces méta-analyses montrent que la consommation totale de viande n'est pas associée au risque de cancer colorectal alors qu'une consommation élevée de viande « rouge » est associée à une augmentation modérée du risque.

Il existe plusieurs hypothèses mécanistiques (Pierre *et al.*, 2008). Les agents promoteurs dans la viande rouge pourraient être les graisses, les protéines, des composés N-nitrosés endogènes, certains modes de cuissons (barbecue, cuisson sur flamme nue, fumage...), le fer et notamment le fer hémérique présent dans la viande.

Plus d'études expérimentales sont nécessaires pour mieux comprendre le lien de cause à effet entre consommations de viandes rouges et cancer colorectal.

II.3. Conclusion

Le démonstration du lien entre viande rouge et santé repose principalement sur des études épidémiologiques. Plus d'études sont nécessaires pour bien comprendre les liens entre viande et santé. Les principaux nutriments incriminés sont les acides gras saturés et le Fer hémérique. Il est donc nécessaire d'avoir des données fiables sur la teneur en nutriments de la viande en France.

De plus, des données fiables de consommation sont également nécessaires. L'étude CCAF 2007 montre que la consommation moyenne de viande rouge (viandes de boucheries : porc frais, bœuf, veau, agneau et viande chevaline) en France est de 322 g par semaine (ou 373 g / semaine avec les viandes incorporées dans les plats préparés). Elle est donc inférieure aux recommandations du WCRF. Ces études de consommation permettent également de fournir des informations sur la proportion de gros consommateurs de viande dans la population, ce qui permettrait de cibler des actions préventives sur cette catégorie de la population.

III. Composition chimique de la viande

III.1. Définition réglementaire de la viande

Les viandes (règlement CE 853/2004) sont les parties comestibles des ongulés domestiques et du gros gibier sauvage y compris le sang. Les ongulés domestiques sont les animaux des espèces bovine, porcine, ovine et caprine ainsi que des solipèdes domestiques (cheval).

Le mot « viandes » au pluriel inclut muscles et abats alors que le mot « viande » au singulier désigne uniquement les muscles des animaux comestibles.

Les volailles ne sont pas incluses dans cette définition des viandes.

III.2. Viande bovine : morceaux commerciaux

III.2.1. Classification des carcasses de bovins

Dans les abattoirs européens, les carcasses de bovins sont toutes classées en fonction de leur conformation et de leur état d'engraissement :

- **la conformation** est notée par une des lettres E, U, R, O, P. Une carcasse E a une excellente conformation. Les profils de la cuisse, du dos et de l'épaule doivent être convexes. Les autres lettres U, R, O, P signifient que la carcasse ne présente pas un caractère homogène au niveau de ses profils.

- **l'état d'engraissement** : le gras des bovins est constitué de 4 gras différents. On distingue le gras interne (dans la cavité abdominale), le gras intermusculaire, le gras de couverture (qui se situe sous la peau) et le gras intramusculaire (appelé "persillé"). L'engraissement est noté de 1 à 5 avec 1 pour une carcasse maigre et 5 pour une carcasse grasse. La note optimale recherchée par le marché français est 3, soit une carcasse recouverte d'une légère pellicule de gras.

La classification des carcasses est réalisée par des agents classificateurs agréés par l'Etat ou par une structure professionnelle.

Toutefois, des machines à classer sont maintenant disponibles et déjà largement utilisées en France. Les machines à classer présentent l'avantage de fournir un classement homogène, à la fois dans le temps et dans l'espace. Les données sont automatiquement enregistrées pour d'éventuels contrôles *à posteriori*.

III.2.2. Rendement

Le rendement de la carcasse est le rapport entre le poids de la carcasse et le poids vif avant abattage. Il dépend de nombreux facteurs, tels que la race, l'âge de l'animal, son régime alimentaire, son type génétique, son état d'engraissement, son sexe, etc.

Le poids de la carcasse (ou dans les statistiques de production un "poids équivalent carcasse") ne correspond pas à un poids de viande consommable. Il faut en effet encore en retirer les os et tous les autres types de déchets (gras, aponévroses, etc.)

Pour les bovins, le volume de viande réellement consommé dans les circuits de distribution correspond en moyenne à 66 % du poids de la carcasse.

III.3. Viande bovine : muscles

III.3.1. Morceaux homogènes et morceaux composites

Une carcasse de bovin comprend environ 200 muscles différents. Les muscles représentent 60 à 75 % du poids total de la carcasse. Les tissus adipeux représentent 12 à 24 % (Gandemer, 1992).

Pour le consommateur, la viande correspond à des morceaux de découpe. On distingue :

- les morceaux issus d'un même muscle
- les morceaux composites issus de la découpe d'une région de la carcasse composés de plusieurs muscles reliés entre eux par du tissu conjonctif parfois infiltré de gras (Figure 5).

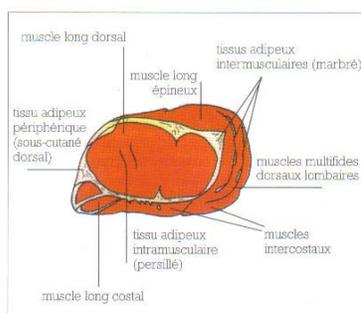


Figure 5. Composition anatomique d'une entrecôte de bœuf (Gandemer, 1992)

Le muscle est un ensemble de fibres musculaires groupés en faisceaux et entourés par du tissu conjonctif (Figure 6).

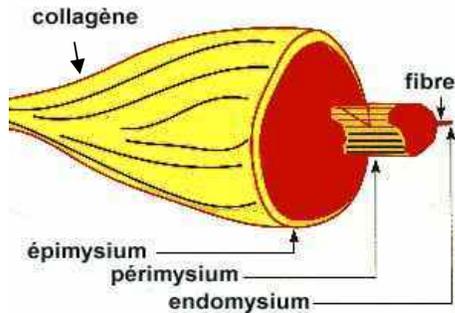


Figure 6. Schéma d'un faisceau musculaire

Ce tissu conjonctif se compose principalement de collagène.

Trois types d'enveloppes conjonctives se différencient : une gaine de tissu conjonctif entourant chaque fibre musculaire (l'endomysium), une gaine entourant un groupe de fibres musculaires (le périmysium) et enfin une gaine enveloppant l'ensemble du muscle et qui se prolonge par les tendons (l'épimysium).

III.3.2. Type métabolique des fibres

La classification des fibres musculaires pour la viande est celle proposée par Ashmore et Doerr (1971) qui distingue 3 catégories selon leur métabolisme énergétique et leur vitesse de contraction :

- les fibres à métabolisme énergétique glycolytique et à contraction rapide (ou αW)
- les fibres à métabolisme énergétique oxydatif à contraction lente (ou βR)
- les fibres à métabolisme énergétique intermédiaire (ou αR)

Le type métabolique des fibres peut être défini par les proportions relatives des fibres glycolytiques et oxydatives qui constituent chaque muscle (Cassens et Cooper 1971).

Les muscles à forte proportion de fibres αW sont appelés muscles glycolytiques ou muscles blancs.

Les muscles à forte proportion de fibres αR et βR sont appelés muscles oxydatifs ou muscles rouges.

III.3.3. Composition des muscles

III.3.3.1. Composition centésimale

Le muscle squelettique est composé d'environ 19 % de protéines, 5 % de lipides, 74 % d'eau, 1 % de glucides et 1 % de cendres (Keeton et Eddy, 2004).

III.3.3.2. Protéines

La structure des protéines du muscle est la suivante (Keeton et Eddy, 2004) :

- 2 % de protéines du stroma (protéines support) : il s'agit des protéines du tissu conjonctif entourant la fibre musculaire. Le tissu conjonctif est constitué de protéoglycanes dans lesquelles s'enchevêtrent des fibres de collagène et d'élastine. La composition du collagène en acides aminés est de 33 % de glycine, 11 % alanine, 9-10 % proline, 13-14 % d'hydroxyproline.

- 5.5 % de protéines sarcoplasmiques (protéines impliquées dans le métabolisme) : présentes dans le sarcoplasme entourant les myofibrilles parmi lesquelles des enzymes du métabolisme oxydatif et glycolytique, mais également la myoglobine, pigment donnant la couleur au tissu musculaire.

- 11.5 % de protéines myofibrillaires (protéines contractiles) : majoritairement actine et myosine (respectivement 22 % et 43 % des protéines myofibrillaires), qui ont un rôle majeur dans la contraction musculaire.

Il existe très peu de variabilité dans les teneurs en protéines du fait de la structure des muscles. Les teneurs en acides aminés vont varier en fonction des proportions relatives de collagène et de protéines myofibrillaires et donc en fonction de la localisation anatomique des muscles.

La qualité nutritionnelle des protéines alimentaires dépend de la capacité de ces protéines à couvrir les besoins en azote (N) et en acides aminés (AA) nécessaires pour assurer la croissance et l'entretien des tissus. Elle dépend de la composition des protéines en acides aminés indispensables, de la digestibilité de ces protéines et de l'utilisation métabolique des acides aminés absorbés (AFSSA, 2007).

Tableau I. Profils de référence en acides aminés indispensables proposés par l'AFSSA et l'OMS

	Selon AFSSA 2007				Selon OMS 2007
	Nourrisson		Adulte		Adulte
	mg / g de protéine	mg / g d'azote	mg / g de protéine	mg / g d'azote	mg / g de protéine
Histidine	28	173	17	105	15
Isoleucine	62	389	27	171	30
Leucine	113	708	59	371	59
Valine	64	403	27	171	39
Lysine	78	486	45	286	30
Méthionine + Cystéine	40	250	23	143	15
Phénylalanine + Tyrosine	92	576	41	257	25
Thréonine	52	326	25	152	15
Tryptophane	24	153	6	38	4

Tableau II. Teneur en acides aminés indispensables de protéines exprimée en pourcentage du profil de référence WHO/FAO/UNU 2007

	Œuf	Bœuf	Lait	Blé	Riz
Lysine	139	203	158	57	86
Acides aminés soufrés	225	182	164	203	176
Tryptophane	293	213	417	217	224
Thréonine	223	202	191	127	153
Acides aminés ramifiés	168	144	151	122	146
Acides aminés aromatiques	301	275	271	306	305

Selon WHO/FAO/UNU, 2007

L'AFSSA préconise d'utiliser le *Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score* (PD-CAAS) pour évaluer de manière simple la qualité d'une protéine (AFSSA, 2007). Le PD-CAAS correspond à l'indice chimique de la protéine pondéré par la digestibilité :

PD-CAAS (%) = (teneur en acides aminés indispensables dans la protéine alimentaire / teneur en ces mêmes acides aminés dans la protéine de référence) x digestibilité

La protéine de référence est définie en fonction d'un profil de besoins en acides aminés établi dans la population. L'AFSSA préconise d'exprimer le profil d'acides aminés en mg d'AA / mg N plutôt qu'en mg d'AA / g de protéines car il existe une inexactitude sur le facteur de conversion (6,25) permettant de passer de la quantité d'azote à la quantité de protéines.

Lorsque le PD-CAAS est supérieur ou égal à 100 % pour tous les acides aminés, on considère qu'il n'y a pas d'acide aminé limitant dans la protéine considérée. Si l'indice est inférieur à 100 % pour un ou plusieurs acides aminés, la valeur la plus faible est prise comme valeur d'indice.

Le Tableau I présente les protéines de référence proposées par l'AFSSA et par l'Organisation mondiale de la santé (WHO/FAO/UNU, 2007).

Les teneurs en acides aminés indispensables de protéines alimentaires exprimées en pourcentage du profil de référence WHO/FAO sont présentées dans le Tableau II.

La digestibilité vraie des protéines de la viande et du poisson (proportion des protéines absorbées) chez l'homme est estimée à 94 % (Tomé et al, 2002).

La plupart des protéines animales et notamment les protéines de la viande ont un PD-CAAS de 100 % (Tomé *et al.*, 2002) et ont donc une valeur nutritionnelle élevée.

III.3.3.3. Lipides

a. Localisation des lipides

- Le tissu adipeux : les lipides de réserve

Il se trouve à la périphérie des morceaux ou entre les muscles ou entre les faisceaux de fibres (marbré de l'entrecôte). Il est constitué principalement de triglycérides (TG). Le tissu adipeux et les

muscles sont séparés par du tissu conjonctif et il est donc possible de séparer facilement au couteau le gras du muscle.

- Les lipides intramusculaires

Ils sont représentés d'une part par des cellules adipeuses le long des fibres musculaires ou sous forme de fines inclusions intracellulaires et d'autre part par les lipides constitutifs des membranes. Généralement ces lipides ne sont pas visibles (Gandemer, 1992).

Le tissu adipeux intermusculaire et interfasciculaire ainsi que les cellules adipeuses intramusculaires sont très majoritairement composés de TG. C'est la fraction de lipides neutres de la viande. Les TG des fibres musculaires représentent une faible part des TG apportés par les morceaux de viandes. Les lipides des membranes sont très majoritairement des phospholipides et en moindre proportion du cholestérol. Ces lipides constituent la fraction de lipides polaires de la viande.

b. Composition des lipides

b.1. Les lipides totaux

Les teneurs en lipides des muscles sont très variables : ils peuvent contenir de 2 à 15% de lipides. Les 2 principaux facteurs qui influencent la teneur en lipides des muscles sont (Evrat-Goergel, 2005) :

- le type de muscle : la localisation anatomique et le type métabolique des fibres musculaires conditionnent la teneur en lipides des muscles. Au sein d'une même carcasse, les variations de teneur en lipides sont très importantes. De même au sein d'une même espèce, la variabilité animale est très importante mais mineure par rapport à la variabilité au sein d'une même carcasse.
- Les facteurs d'élevage tels que la maturité physiologique de l'animal, notamment l'âge d'abattage des animaux, la race, l'alimentation...

Les lipides totaux sont constitués principalement de :

- TG : lipides neutres, constituant majoritaire du tissu adipeux. Les quantités sont très variables en fonction de l'état d'engraissement de l'animal.
- Phospholipides (PL) : lipides polaires, constituants majeurs des membranes cellulaires.
- Cholestérol, quantitativement minoritaire par rapport aux TG et PL.

b.2. Les phospholipides

La teneur en PL des muscles squelettiques varie de 0.5 à 1 g / 100 g de muscle quelle que soit leur teneur en lipides totaux (Gandemer, 1990). Les teneurs en phospholipides restent constantes lors de l'engraissement de l'animal (Wood *et al.*, 2008).

Ces PL sont (Gandemer, 1990) :

- 45 à 60 % de phosphatidyl choline
- 20 à 30 % de phosphatidyléthanolamine
- 2 à 4 % de cardiolipides
- 4 à 10 % de phosphatidylinositol
- sphingomyéline et phosphatidyl serine (moins de 2 %)

Ces PL sont principalement constitués d'acides gras polyinsaturés et notamment d'acides gras polyinsaturés à longues chaînes (20 atomes de carbone et plus) spécifiques des membranes cellulaires.

Les muscles oxydatifs contiennent plus de PL que les muscles glycolytiques et leurs phospholipides sont plus riches en cardiolipides et en phosphatidyléthanolamine que les muscles glycolytiques (Gandemer, 1990). Ceci s'explique par le fait que les muscles oxydatifs sont plus riches en mitochondries du fait de leur métabolisme oxydatif et les mitochondries sont des organites cellulaires riches en cardiolipides et en phosphatidyléthanolamine.

b.3. Les triglycérides

Les TG sont principalement présents dans le tissu adipeux.

La teneur des muscles en TG est très fortement liée à la teneur en lipides totaux (De Smet *et al.*, 2004). Lors de l'engraissement de l'animal, les teneurs en TG augmentent alors que les teneurs en PL restent constantes. Ceci est dû à l'accroissement du tissu adipeux au cours de l'engraissement.

b.4. Cholestérol

Le taux de cholestérol varie très peu dans les muscles (Evrat-Goergel, 2005). Ils contiennent de 40 à 80 mg de cholestérol pour 100 g de poids frais (Gandemer, 1992). Le tissu adipeux en contient sensiblement la même concentration (50 à 100 mg / 100g).

b.5. Composition en acides gras

La composition en acides gras (AG) de la viande de ruminants est la suivante (Evrat-Goergel, 2005) :

- 45 à 55 % d'acides gras saturés (AGS): acides gras palmitique et stéarique principalement
- 40 à 45 % d'acides gras monoinsaturés (AGMI) : majoritairement acide oléique
- 5 à 15 % d'acides gras polyinsaturés (AGPI) : majoritairement acide linoléique.

La composition en AG de la viande de vaches de réforme est présentée dans le Tableau III.

Tableau III. Composition moyenne en acides gras de la viande de vaches de réforme (neuf muscles confondus, n = 45) en % des acides gras totaux (Normand, 2006)

	Moyenne	Ecart type	Coefficient de variation %
AG saturés	43,9	4,5	10,2
AG monoinsaturés	50,0	3,5	7,0
AG polyinsaturés	6,3	1,9	31,0
- Acide myristique(C14:0)	2,55	0,61	23,8
- Acide palmitique (C 16:0)	24,15	2,33	9,63
-Acide stéarique (C 18:0)	13,70	3,49	25,46
- Acide linoléique (C 18:2 n-6)	2,45	0,76	31,01
- Acide α linoléique (C 18:3 n-3)	0,68	0,22	31,45

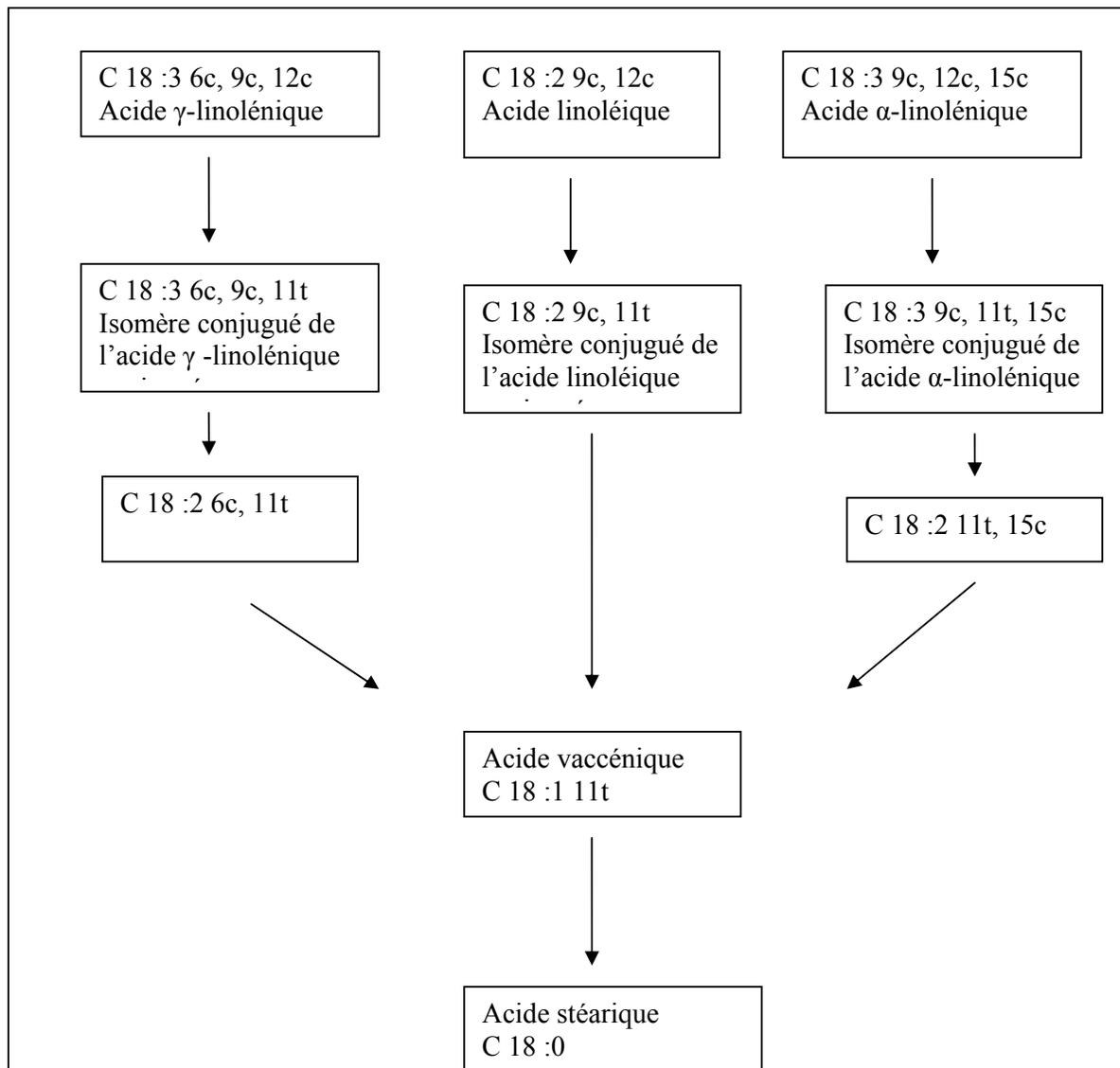


Figure 7. Voies principales de la biohydrogénation ruminale des acides gras polyinsaturés (Ledoux *et al.*, 2005)

Tableau IV. Composition en acides gras (%) des TG (lipides neutres) et des phospholipides du muscle *longissimus* chez le porc, l'agneau et les bovins nourris avec un régime type (Wood *et al.*, 2008)

	Lipides neutres			Phospholipides		
	Porc	Agneau	Bovin	Porc	Agneau	Bovin
C 14:0	1,6	3,0	2,7	0,3	0,4	0,2
C 16:0	23,8	25,6	27,4	16,6	15,0	14,6
C 16:1cis	2,6	2,2	3,5	0,8	1,5	0,8
C 18:0	15,6	13,6	15,5	12,1	10,4	11,0
C 18:1cis n-9	36,2	43,8	35,2	9,4	22,1	15,8
C 18:2 n-6	12,0	1,5	2,3	31,4	12,4	22,0
C 18:3 n-3	1,0	1,2	0,3	0,6	4,6	0,7
C 20:4 n-6	0,2	ND	ND	10,5	5,9	10,0
C 20:5 n-3	ND	ND	ND	1,0	4,1	0,8

Ces proportions d'AG dans les viandes bovines sont spécifiques de la viande des ruminants, qui contient notamment moins d'AGPI que la viande des monogastriques (viande de porc ou de volaille). Cette spécificité est due au fait que les AG ingérés par les ruminants subissent une biohydrogénation ruminale. Les enzymes de la flore ruminale agissent sur les acides gras polyinsaturés présents dans la ration d'élevage en quantité élevée. Plusieurs voies enzymatiques permettent de transformer les AGPI, nombreux dans la ration de l'animal, en acides gras saturés. Les 3 voies représentées Figure 7 sont parmi les plus étudiées.

Les AGMI et les AGS sont présents principalement dans les triglycérides. Alors que les AGPI sont majoritairement présents dans les phospholipides. Les AGPI les plus importants dans la viande sont l'acide linoléique (AL) C 18 :2 n-6 et l'acide α -linoléique (AAL) C 18 :3 n-3. Cette répartition des AG s'observe aussi bien chez le porc, que chez l'agneau et le bœuf (Tableau IV).

AL et AAL sont des acides gras essentiels et indispensables : ils ne peuvent être synthétisés par l'homme et l'animal et leur absence dans l'alimentation provoque des maladies de carence (Martin *et al.*, 2001). AL et AAL sont les précurseurs des AGPI à longues chaînes (AGPI-LC).

AL dans les viandes provient entièrement de l'alimentation animale. Environ 10 % de AL présent dans la ration d'élevage va être disponible pour être incorporés dans les tissus après biohydrogénation ruminale. AAL est également présent dans l'alimentation des bovins mais en quantité beaucoup moins importante que AL. AAL est également présent dans l'herbe consommée par les ruminants et représente 50 % des acides gras de l'herbe. Une très grande proportion d'AAL consommé est hydrogénée lors de la biohydrogénation ruminale (85 à 100 %) (Wood *et al.*, 2008).

AL et AAL sont en proportion plus importante dans les muscles que dans le tissu adipeux chez les ruminants (Kouba *et al.*, 2003 ; Wachira *et al.*, 2002).

Les muscles contiennent des AGPI-LC de 20 ou plus atomes de carbone, notamment l'acide arachidonique C 20 :4 n-6 (ARA) et l'acide écosa-pentaénoïque C :22 :5 n-3 (EPA) formés à partir de AL et AAL par l'action de la Δ 5 et Δ 6 désaturase et élongase (Annexe 1). Pour la viande de bœuf, ces AGPI-LC sont présents exclusivement dans les phospholipides (Scollan *et al.*, 2001).

Tableau V. Teneurs en acide gras trans C 18 :1 t des laits et viandes de ruminants (Ledoux *et al.*, 2005)

	C 18:1 trans (% des acides gras totaux)
Lait de vache	3,73 +/- 0,68
Lait de brebis	4,53 +/- 1,11
Viande de brebis	4,0 +/- 1,4
Viande de vache	1,9 +/- 0,9

Tableau VI. Teneurs en ALC du lait de vaches et des viandes exprimées en g/100g de matières grasses (Ledoux *et al.*, 2005)

	ALC g/100g MG
Lait de vache cru	0,45
Agneau	0,18-0,84
Bœuf	0,58-0,68
veau	0,27
Porc	0,06
Poulet	0,09

Les étapes intermédiaires du métabolisme ruminal permettent la synthèse d'acides linoléiques conjugués (ALC) et d'acides gras trans (AGT), spécifiques des ruminants (Figure 7).

Les acides gras sont dit conjugués quand leurs doubles liaisons sont séparées par une seule simple liaison. Les acides gras trans sont définis par la présence d'une ou plusieurs doubles liaisons en configuration géométrique trans par opposition aux doubles liaisons en configuration cis.

Ces acides gras intermédiaires sont formés à partir de AL et AAL présents dans l'alimentation de l'animal. Seul AL est à l'origine directe d'ALC alors que tous les acides gras conduisent à la formation d'acide gras vaccénique C 18:1-11t. La dernière étape de ces voies enzymatiques (transformation des AGT en AGS) est limitante et les acides gras formés au cours du métabolisme ruminal sont absorbés, passent dans le sang puis dans les tissus (Ledoux *et al.*, 2005). Le Tableau V présente les teneurs en acides gras trans du lait de vache et des viandes. Les acides gras trans majoritaires dans les produits laitiers et dans les viandes de ruminants sont les acides gras trans C 18:1 t dont l'isomère majoritaire est l'acide vaccénique C 18:1 11t.

Au niveau de la glande mammaire, les AGT sont transformés en ALC par la delta 9 désaturase : ainsi les ALC sont principalement produits au niveau mammaire et se retrouvent dans le lait de vache. L'ALC majoritaire dans le lait de vache est l'acide ruménique C 18: 2 9cis -11 trans (Ledoux *et al.*, 2005).

L'acide ruménique est également synthétisé dans les tissus adipeux bovins à partir de l'acide vaccénique (Gruffat *et al.*, 2008).

Le Tableau VI présente les teneurs en acides linoléiques conjuguées des principales sources alimentaires (lait et viandes).

III.3.3.4. Minéraux

Les minéraux décrits ci-dessous sont ceux ayant un intérêt nutritionnel c'est-à-dire qui permettent de couvrir une part importante des apports nutritionnels conseillés.

Fer

La viande bovine contient en moyenne 2,2 mg de fer pour 100 g (Soucheyre, 2008).

Le fer de la viande se retrouve sous 2 formes :

- le fer héminique contenu dans la myoglobine et l'hémoglobine, utilisé pour transporter l'oxygène. Il représente 50 à 80 % du fer total chez les bovins.
- le fer non héminique, forme de stockage et de transport du fer.

La biodisponibilité du fer héminique est très élevée : 20 à 30 % est absorbé au niveau duodénal alors que seulement 1 à 10 % du fer non héminique est absorbé (Sharp et Srai, 2007).

Les facteurs de variations les plus importants sont le type de muscle et l'âge de l'animal (Evrat-Goergel, 2005).

Zinc

La viande bovine contient en moyenne 4,1 mg / 100 g de zinc (Evrat-Goergel, 2005).

Le zinc est principalement stocké dans les os (30 %) et dans les muscles (60 %). De même que pour le fer, le zinc de la viande a une biodisponibilité élevée par rapport au zinc présent dans les aliments végétaux. Le zinc intervient au niveau de nombreuses réactions enzymatiques et notamment au niveau de la synthèse protéique (Rock, 2002). A ce jour peu d'études ont permis d'identifier précisément les formes du zinc contenues dans les muscles de viande (Scherz et Kirchhoff, 2006).

Aucun facteur de variation n'est différencié pour ce nutriment (Evrat-Goergel, 2005).

Sélénium

La viande bovine apporte en moyenne 8,9 µg / 100 g de sélénium.

La moitié du sélénium corporel est stockée dans les cellules musculaires, ce qui explique l'intérêt de la viande pour ses teneurs en sélénium. Les formes prédominantes de sélénium dans les viandes sont la séléno-méthionine et la séléno-cystéine. Les fonctions biologiques du sélénium sont liées à l'action des sélénoprotéines comme les glutathion peroxydases impliquées dans la lutte contre les phénomènes d'oxydation (Rock, 2002).

Les variabilités pour ce nutriment sont très élevées. Les facteurs de variabilité connus à ce jour sont l'alimentation animale et la richesse du sol en sélénium qui conditionnent les teneurs en sélénium des fourrages et permet d'observer des différences selon l'origine géographique de l'animal (Evrat-Goergel, 2005).

III.3.3.5. Vitamines

Les vitamines décrites ci-dessous sont celles ayant un intérêt nutritionnel c'est-à-dire qui permettent de couvrir une part importante des apports nutritionnels conseillés.

Vitamine B3

La viande bovine apporte en moyenne 4 mg / 100g de vitamine B3. La variabilité des teneurs en vitamine B3 est très faible. (Evrat-Goergel, 2005).

La niacine ou vitamine B3 n'est pas une vitamine au sens strict car la nicotinamide, substance apparentée et ayant la même activité biologique, peut être synthétisée à partir du tryptophane. La niacine des produits carnés, sous forme de NAD et NADP, coenzymes d'oxydoréduction, est plus assimilable que celle présente dans les céréales sous forme glycosylée (Rock, 2002).

Vitamine B6

La viande bovine apporte en moyenne 0,38 mg / 100g de vitamine B6.

Les formes majeures des composés de la famille des vitamines B6 présentes dans les tissus animaux sont le pyridoxal 5'-phosphate et le pyridoxamine 5'-phosphate. Les vitamines B6 des produits animaux ont une biodisponibilité supérieure à celles apportées par les végétaux. Le pyridoxal 5'-phosphate assure des fonctions de coenzyme de nombreux enzymes intervenant dans le métabolisme des acides aminés (Rock, 2002).

Aucun facteur de variation n'est renseigné pour ce nutriment (Evrat-Goergel, 2005).

Vitamine B12

La viande bovine contient en moyenne 2,2 µg / 100g de vitamine B12, avec une variabilité des valeurs moyenne (coefficient de variation de 30 %) (Evrat-Goergel, 2005).

La vitamine B12 ou cobalamine est exclusivement d'origine animale et sa synthèse est d'origine bactérienne. Chez les ruminants, cette vitamine est synthétisée dans le rumen, absorbée et stockée

Tableau VII. Apports nutritionnels conseillés en énergie pour la population française (Martin, 2001)

	Poids	Megajoules (MJ)	kcal
Hommes 20-40 ans	70 kg		
inactifs		10	2400
activité habituelle de la majorité de la population		11,4	2700
activité physique importante		12,9	3080
activité physique très importante		14,3	3400
Hommes 41-60 ans	70 kg		
inactifs		9,4	2250
activité habituelle de la majorité de la population		10,7	2500
activité physique importante		12	2900
activité physique très importante		14,3	3400
Femmes 20-40 ans	60 kg		
inactives		8	1900
activité habituelle de la majorité de la population		9,1	2200
activité physique importante		10,2	2400
activité physique très importante		10,8	2600
Femmes 41-60 ans	60 kg		
inactives		7,4	1800
activité habituelle de la majorité de la population		8,4	2000
activité physique importante		9,6	2300
activité physique très importante		10,1	2400

dans le foie et dans les muscles. Pour cette raison, elle est présente en quantité plus importante chez les ruminants que chez les monogastriques (Ortigue-Marty *et al.*, 2006). Elle intervient au niveau de la synthèse de méthionine à partir de l'homocystéine.

IV. Viandes et apports nutritionnels

IV.1. Apports nutritionnels conseillés

IV.1.1. Définition

Pour définir les besoins nutritionnels d'une population, il est nécessaire dans un premier temps de définir les besoins nutritionnels individuels. Ceux-ci correspondent à la quantité d'énergie ou de nutriments nécessaires pour couvrir les besoins nets des individus, c'est-à-dire la quantité de nutriments utilisée après absorption intestinale permettant la constitution et le maintien des réserves. Les besoins nets des individus prennent en compte la quantité de nutriments réellement absorbée.

L'étude des besoins nutritionnels se fait sur un groupe d'individus expérimental : les besoins nutritionnels moyens (BNM) correspondent à la valeur moyenne ainsi obtenue.

Les apports nutritionnels conseillés (ANC) pour la population française correspondent à 130 % des BNM (Martin, 2001). Ils s'appliquent à une population et non aux individus. Les valeurs des ANC permettent de répondre aux besoins de 97,5 % de la population française (moyenne + 2 écarts-type).

IV.1.2. Apports nutritionnels conseillés en énergie pour l'adulte

Les apports énergétiques conseillés chez l'adulte correspondent aux dépenses énergétiques journalières moyennes calculées par la méthode factorielle (Martin, 2001) prenant en compte le mode de vie, les activités et le niveau d'activité physique des individus. Les valeurs proposées dans le Tableau VII sont des valeurs repères pour des groupes de sujets et non pour des individus.

IV.1.3. Apports nutritionnels conseillés en protéines pour l'adulte

Les apports nutritionnels conseillés en protéines de la population adulte en bonne santé et n'ayant pas de besoins supplémentaires liés à des besoins physiologiques spécifiques sont de 0,8 g de protéines par kg de poids.

IV.1.4. Apports nutritionnels conseillés en lipides et acides gras pour l'adulte

Les ANC sont présentés dans le Tableau VIII.

Tableau VIII. Apports nutritionnels conseillés en lipides et acides gras pour l'adulte exprimés en % de l'apport énergétique total (Martin, 2001)

	Lipides totaux	AGS	AGMI	Acide linoléique (C18 :2 n-6)	Acide α linoléique (C 18 :3 n-3)	AGPI-LC	dont DHA
ANC Adulte	30 à 35 %	8 %	20 %	4 %	0,8 %	0,2 %	0,05 %

Du fait du caractère essentiel et indispensable de l'acide linoléique, l'AFSSA a estimé qu'un apport de 3 à 4 % du contenu énergétique du régime est nécessaire pour prévenir toute manifestation de carence. L'acide α -linoléique est également un acide gras essentiel et indispensable. L'apport conseillé a été établi à 0,8 % de l'apport énergétique total. Il existe une compétition enzymatique entre les 2 familles de ces précurseurs (n-6 et n-3) pour l'obtention des acides gras polyinsaturés à longues chaînes. Pour cette raison l'AFSSA recommande un rapport C18:2 n-6 / C18 : 3 n-3 égal à 5 (Martin, 2001).

En ce qui concerne les acides gras trans, l'AFSSA a estimé en 2005 que la consommation d'acides gras trans totaux ne devait pas dépasser 2 % de l'apport énergétique total. En effet, au-delà de ce taux, il y a une augmentation significative du risque de maladies cardio-vasculaires (AFSSA, 2005).

IV.1.5. Apports nutritionnels conseillés en minéraux et vitamines pour l'adulte

Le Tableau IX présente les ANC en vitamines et minéraux significativement présents dans les viandes.

Tableau IX. Apports nutritionnels journaliers conseillés en minéraux et vitamines d'intérêt dans les viandes (Martin, 2001)

	Homme	Femme
Fer (mg / j)	9	16
Sélénium (μg / j)	50 à 80	50 à 80
Zinc (mg / j)	14	12
Vitamine B3 (mg / j)	14	11
Vitamine B6 (mg / j)	1,8	1,5
Vitamine B12 (μg / j)	2,4	2,4

IV.2. Apports journaliers recommandés

Les apports journaliers recommandés (AJR) sont des valeurs de référence des vitamines et minéraux utilisées pour l'étiquetage nutritionnel des denrées alimentaires en Europe. Aujourd'hui l'étiquetage nutritionnel n'est pas obligatoire. Toutefois la directive 90/946/EC fixe les conditions d'utilisation : notamment, les informations concernant les teneurs en vitamines et minéraux doivent également être exprimées en % des AJR.

Une quantité considérée comme significative doit représenter au moins 15 % des AJR pour 100 g ou 100 ml.

Les AJR pour les vitamines et minéraux d'intérêt nutritionnel pour la viande de bœuf sont présentés en Annexe 2.

IV.3. Données de composition nutritionnelle des viandes

Le CIQUAL, Centre d'Information sur la Qualité des Aliments, organe de l'AFSSA, a pour mission de collecter, évaluer et rendre disponibles les données de composition nutritionnelle des aliments consommés en France. Depuis 2008, ces informations sont disponibles sur le site internet de l'AFSSA. Le CIQUAL recense la composition nutritionnelle des aliments les plus consommés en France. Il s'agit de la table de composition la plus représentative des aliments disponibles sur le marché français.

Tableau X. Contribution des principaux groupes d'aliments aux apports en macro-nutriments de la population adulte selon les apports énergétiques moyens (Volatier, 2006)

	Quantité (en g)	Energie (en kcal)	Protides (en g)	Glucides (en g)	Lipides (en g)
Pain, biscottes	122,6	326,3 (14,8 %)	10,1 (10,9 %)	68,4 (29,4 %)	1,4 (1,6 %)
Viandes	59,5	125,3 (5,7 %)	15,5 (16,8 %)	0,0 (0,0 %)	7,0 (7,8 %)
Fromage	39,2	124,5 (5,7 %)	8,6 (9,3 %)	0,1 (0,0 %)	10,0 (11,1 %)
Plats composés	79,6	108,4 (4,9 %)	6,7 (7,3 %)	6,9 (3,0 %)	6,0 (6,7 %)
Charcuterie	38,4	104,3 (4,7 %)	6,4 (6,9 %)	0,4 (0,2 %)	8,6 (9,5 %)
Beurre	13,6	101,2 (4,6 %)	0,1 (0,1 %)	0,0 (0,0 %)	11,2 (12,4 %)
Boissons alcoolisées	159,9	101,0 (4,6 %)	0,1 (0,1 %)	2,3 (1,0 %)	0,0 (0,0 %)
Pâtisseries	35,8	99,7 (4,5 %)	1,7 (1,8 %)	12,1 (5,2 %)	4,9 (5,4 %)
Sucres et dérivés	27,9	99,5 (4,5 %)	0,1 (0,1 %)	23,8 (10,2 %)	0,4 (0,4 %)
Pommes de terre	63,2	78,8 (3,6 %)	1,2 (1,3 %)	12,9 (5,5 %)	2,5 (2,8 %)
Viennoiseries	17,3	68,5 (3,1 %)	1,4 (1,5 %)	8,1 (3,5 %)	3,4 (3,8 %)
Volailles et gibiers	36,9	64,5 (2,9 %)	10,0 (10,8 %)	0,0 (0,0 %)	2,7 (3,0 %)
Fruits	134,2	61,9 (2,8 %)	0,3 (0,3 %)	15,2 (6,5 %)	0,0 (0,0 %)
Pizzas quiches	23,6	59,2 (2,7 %)	2,1 (2,3 %)	4,9 (2,1 %)	3,4 (3,8 %)
Yaourts, desserts laitiers	75,5	58,4 (2,7 %)	3,5 (3,8 %)	5,2 (2,2 %)	2,6 (2,9 %)
Biscuits	13,9	58,4 (2,7 %)	0,8 (0,9 %)	7,8 (3,4 %)	2,7 (3,0 %)
Sauces et condiments	9,7	49,2 (2,2 %)	0,1 (0,1 %)	0,2 (0,1 %)	5,3 (5,9 %)
Lait	119,5	45,3 (2,1 %)	3,7 (4,0 %)	4,9 (2,1 %)	1,2 (1,3 %)
Entremets	24,5	45,3 (2,1 %)	1,0 (1,1 %)	6,0 (2,6 %)	1,9 (2,1 %)
Pâtes	36,1	40,8 (1,9 %)	1,4 (1,5 %)	7,9 (3,4 %)	0,4 (0,4 %)
Sodas, colas	99,8	39,9 (1,8 %)	0,0 (0,0 %)	9,8 (4,2 %)	0,0 (0,0 %)
Poissons	29,5	39,1 (1,8 %)	5,6 (6,1 %)	0,6 (0,3 %)	1,6 (1,8 %)
Sandwiches, casse- croûte	13,8	33,4 (1,5 %)	1,7 (1,8 %)	4,1 (1,8 %)	1,1 (1,2 %)
Ensemble des apports	2416,7	2203,1	92,4	232,5	90,2

Les références de valeurs nutritionnelles en France sur les viandes sont celles publiées par le CIQUAL. Les données actualisées grâce à l'étude du CIV en partenariat avec l'INRA permettront de mettre à jour ces données de référence.

IV.4. Contribution des viandes aux apports nutritionnels de la population française

A partir de l'étude INCA 1, Volatier (2006) a étudié la contribution de la viande aux apports nutritionnels de la population française. En croisant les données de consommations alimentaires avec les compositions nutritionnelles des aliments du CIQUAL, l'auteur a estimé les apports nutritionnels des participants de l'étude ainsi que les contributions des viandes aux apports nutritionnels. Les viandes considérées dans cette étude sont les viandes bovines, ovines et porcines. Les charcuteries et les abats sont traités à part.

Le Tableau X montre que dans la population adulte (15 ans et +), les viandes (bovines, ovines et porcines) contribuent à 5,7 % des apports énergétiques de la population française. Compte tenu de leur teneur en protéines élevée, les viandes contribuent à 16,8 % des apports en protéines. Les apports lipidiques correspondent à 7,8 % des apports quotidiens en lipides.

Les vitamines pour lesquelles les viandes contribuent à plus de 5 % des apports sont les vitamines B et notamment la vitamine B3 (16,3 % des apports quotidiens totaux des adultes), la vitamine B6 (12,1 %) et la vitamine B12 (15,3 %) (Tableau XI)

En ce qui concerne les minéraux (Tableau XII), les viandes contribuent principalement aux apports en fer (10,5 % des apports quotidiens des adultes) et faiblement aux apports en sodium (1,3 %) contrairement aux charcuteries (13,1 %).

Les apports en zinc semblent importants (17 % des apports) mais ces données étaient en 2000 imprécises du fait de données manquantes sur ce nutriment dans les tables de composition.

L'étude des contributions des aliments aux apports nutritionnels nécessite 2 types de données très variables :

- les consommations réelles estimées par des enquêtes nationales : celles-ci évoluent avec le temps. Les consommations de viande n'ont cessé de diminuer depuis 2000.

Tableau XI. Contribution des viandes et principaux groupes d'aliments vecteurs aux apports en vitamines de la population adulte (Volatier, 2006)

	Vitamine B1 (mg)	Vitamine B2 (mg)	Vitamine B3 (mg)	Vitamine B5 (mg)	Vitamine B6 (mg)	Vitamine B12 (mg)
Pain, biscottes	0,12 (9,7 %)	0,07 (4,2 %)	1,39 (7,4 %)	0,37 (8,3 %)	0,15 (8,7 %)	0,0 (0,0 %)
Lait	0,06 (4,8 %)	0,21 (12,7 %)	0,12 (0,6 %)	0,45 (10,1 %)	0,02 (1,2 %)	0,28 (4,4 %)
Yaourts, desserts laitiers	0,03 (2,4 %)	0,15 (9,1 %)	0,08 (0,4 %)	0,29 (6,5 %)	0,04 (2,3 %)	0,13 (2,0 %)
Fromages	0,02 (1,6 %)	0,18 (10,9 %)	0,26 (1,4 %)	0,23 (5,2 %)	0,06 (3,5 %)	0,76 (11,9 %)
Œufs et dérivés	0,01 (0,8 %)	0,07 (4,2 %)	0,01 (0,1 %)	0,23 (5,2 %)	0,02 (1,2 %)	0,22 (3,4 %)
Viandes	0,14 (11,3 %)	0,15 (9,1 %)	3,06 (16,3 %)	0,37 (8,3 %)	0,21 (12,1 %)	0,98 (15,3 %)
Volailles et gibiers	0,03 (2,4 %)	0,07 (4,2 %)	2,66 (14,2 %)	0,36 (8,1 %)	0,16 (9,2 %)	0,60 (9,4 %)
Abats	0,01 (0,8 %)	0,06 (3,6 %)	0,26 (1,4 %)	0,13 (2,9 %)	0,01 (0,6 %)	1,19 (18,6 %)
Charcuterie	0,17 (13,7 %)	0,09 (5,5 %)	1,48 (7,9 %)	0,18 (4,1 %)	0,09 (5,2 %)	0,42 (6,6 %)
Poissons	0,04 (3,2 %)	0,04 (2,4 %)	1,14 (7,9 %)	0,16 (3,6 %)	0,11 (6,4 %)	0,89 (13,9 %)
Légumes (hors pommes de terre)	0,08 (6,5 %)	0,08 (4,8 %)	0,73 (3,9 %)	0,28 (6,3 %)	0,11 (6,4 %)	0,0 (0,0 %)
Pommes de terre	0,06 (4,8 %)	0,02 (1,2 %)	0,69 (3,7 %)	0,2 (4,5 %)	0,13 (7,5 %)	0,0 (0,0 %)
Fruits	0,05 (4,0 %)	0,04 (2,4 %)	0,47 (2,5 %)	0,21 (4,7 %)	0,14 (8,1 %)	0,0 (0,0 %)
Plats composés	0,06 (4,8 %)	0,07 (4,2 %)	1,15 (6,1 %)	0,15 (3,4 %)	0,10 (5,8 %)	0,30 (4,7 %)
Ensemble des apports	1,24	1,65	18,73	4,44	1,73	6,4

Tableau XII. Contribution des viandes et principaux groupes d'aliments vecteurs aux apports en minéraux de la population adulte (Volatier, 2006)

	Phosphore (mg)	Potassium (mg)	Sodium (mg)	Fer (mg)
Pain, biscottes	107,2 (8,2 %)	153,5 (5,1 %)	777,2 (25,1 %)	1,55 (11,8 %)
Lait	104,1 (8,0 %)	201,5 (6,7 %)	56,4 (1,8 %)	0,12 (0,9 %)
Yaourts, desserts laitiers	77,1 (5,9 %)	131,8 (4,4 %)	38,2 (1,2 %)	0,12 (0,9 %)
Fromages	158,4 (12,1 %)	45,9 (1,5 %)	272,7 (8,8 %)	0,16 (1,2 %)
Viandes	131,2 (10,1 %)	222,4 (7,4 %)	41,6 (1,3 %)	1,38 (10,5 %)
Volailles et gibiers	71,9 (5,5 %)	100,4 (3,3 %)	31,7 (1,0 %)	0,73 (5,6 %)
Charcuterie	61,0 (4,7 %)	79,7 (2,7 %)	406,8 (13,1 %)	0,91 (6,9 %)
Légumes (hors pommes de terre)	44,1 (3,4 %)	283,1 (9,4 %)	56,8 (1,8 %)	0,95 (7,2 %)
Pommes de terre	28,8 (2,2 %)	265,8 (8,9 %)	34,0 (1,1 %)	0,32 (2,4 %)
Fruits	21,3 (1,6 %)	265,8 (8,9 %)	5,8 (0,2 %)	0,36 (2,7 %)
Soupes	20,6 (1,6 %)	124,2 (4,1 %)	319,9 (10,3 %)	0,48 (3,7 %)
Plats composés	78,3 (6,0 %)	162,4 (5,4 %)	265,7 (8,6 %)	1,0 (7,6 %)
Ensemble des apports	1304	2996,7	3097,2	13,12

- les compositions nutritionnelles des aliments : elles doivent être régulièrement mises à jour pour tenir compte des évolutions tant dans les pratiques d'élevage ou d'alimentation que dans l'évolution des techniques d'analyse des aliments et de leurs teneurs en nutriments.

IV.5. Viandes et allégations

Le règlement (CE) n° 1924/2006 du parlement européen et du conseil du 20 décembre 2006 fixe les règles concernant les allégations nutritionnelles et de santé portant sur les denrées alimentaires.

IV.5.1. Objectif

Ce règlement a pour double objectif d'assurer aux consommateurs un niveau élevé d'information et de protection par rapport aux allégations utilisées sur l'étiquetage et la publicité des denrées alimentaires et d'assurer la libre circulation des denrées alimentaires en harmonisant les dispositions existantes sur les allégations dans les différents pays de la communauté européenne.

IV.5.2. Définitions

Le terme allégation se définit par « tout message ou toute représentation.....qui affirme, suggère ou implique qu'une denrée alimentaire possède des caractéristiques particulières ».

On distingue :

- les allégations nutritionnelles (chapitre I, article 2) :

Une allégation nutritionnelle est une « allégation qui affirme, suggère ou implique qu'une denrée alimentaire possède des propriétés nutritionnelles bénéfiques particulières de par :

- l'énergie (valeur calorique) qu'elle :
 - o fournit
 - o fournit à un degré moindre ou plus élevé, ou
 - o ne fournit pas

et / ou

- les nutriments ou autres substances qu'elle
 - o contient
 - o contient en proportion moindre ou plus élevée, ou
 - o ne contient pas »

- les allégations de santé

Une allégation de santé est une « allégation qui affirme, suggère ou implique l'existence d'une relation entre, d'une part, une catégorie de denrées alimentaires, une denrée alimentaire ou l'un de ses composants et d'autre part, la santé »

IV.5.3. Conditions d'utilisations des allégations nutritionnelles et de santé

La commission européenne doit définir des profils nutritionnels pour les denrées alimentaires. Ceux-ci seront établis en prenant en considération certains nutriments (par exemple, les matières grasses, les acides gras saturés, le sodium...), ainsi que le rôle et l'importance de la catégorie de denrées ou de la denrée dans le régime alimentaire de la population. Les profils seront fondés sur des connaissances scientifiques.

Les profils nutritionnels lorsqu'ils seront définis conditionneront l'accès d'une catégorie de denrées ou d'une denrée aux allégations.

Allégations nutritionnelles

Les allégations nutritionnelles autorisées sont définies en annexe du règlement.

Les allégations nutritionnelles qui concernent les nutriments présents dans la viande sont les suivantes :

Un aliment est source de protéines si 12 % au moins de sa valeur énergétique provient des protéines.

Un aliment est riche en protéines si 20 % au moins de sa valeur énergétique provient des protéines.

Un aliment est source d'une vitamine ou d'un minéral si le produit contient au moins 15 % des AJR pour cette vitamine ou ce minéral pour 100 g ou 100 mL d'aliment.

Un aliment est riche en une vitamine ou un minéral si le produit contient au moins 30 % des AJR pour cette vitamine ou ce minéral pour 100 g ou 100 mL d'aliment.

L'Annexe 2 présente les AJR pour les vitamines et minéraux d'intérêt pour la viande.

Allégations de santé

Elles doivent faire l'objet d'autorisation par la commission européenne et seront définies dans une liste positive. Toute allégation de santé qui n'y figurera pas devra faire l'objet d'une demande spécifique auprès des autorités compétentes en justifiant par des preuves scientifiques la demande.

Par exemple, une allégation sur le bénéfice santé du fer de la viande devra être inscrite dans la liste des allégations santé autorisées pour pouvoir être utilisée.

Deuxième partie : Matériel et méthodes

I. Méthodologie de l'étude

I.1. Matériel animal

I.1.1. Choix des animaux

L'étude porte sur 8 vaches de réforme de race à viande (Charolaise) et 8 vaches de réforme de race laitière (Prim'holstein). Ce choix permet de couvrir la majorité des viandes du marché français. Devant l'impossibilité matérielle de couvrir toute la gamme des états d'engraissement des animaux, il a été décidé de se focaliser sur un échantillon d'animaux homogènes et représentatifs de leur catégorie. Les vaches ont donc été choisies dans la classe R de la grille EUROPA ce qui correspond à une note moyenne d'état corporel de 3. Les animaux abattus dans cette classe représentent au moins 80 % des Charolaises et plus de 60 % des Prim'Holstein abattues en France (donnée INTERBEV).

I.1.2. Elevage des animaux

Les animaux ont été élevés dans les stations expérimentales de l'INRA à Theix pour les Prim'holstein et à Bourges pour les Charolaises. Les animaux ont été choisis parmi des animaux ayant eu un mode de conduite et une alimentation classique pour ces types d'animaux. Ces vaches ont été alimentées pendant 7 semaines avec un régime classique de finition à base d'ensilage de maïs (à volonté) complété par 1,8 kg de tourteau de soja, 50 g d'urée, 150 g de mélange minéral et vitaminique.

I.1.3. Abattage des animaux

Les animaux ont été abattus à l'abattoir agréé CEE de l'INRA de Theix dans les conditions classiques d'abattage des bovins.

Le jour de l'abattage, les mesures classiques ont été réalisées pour connaître notamment le poids vif vide, le poids de dépôts adipeux du 5^{ème} quartier, le poids des os canon avant et arrière. Le lendemain, la découpe et la dissection de la 6^{ème} côte dorsale ainsi que les mesures de compacité de la cuisse sont réalisées pour permettre l'estimation du poids de gras, de muscle et de squelette de la carcasse à l'aide de la formule de Robelin et Geay (1976). Le pH du muscle Long dorsal est contrôlé pour détecter les possibles anomalies de maturation.

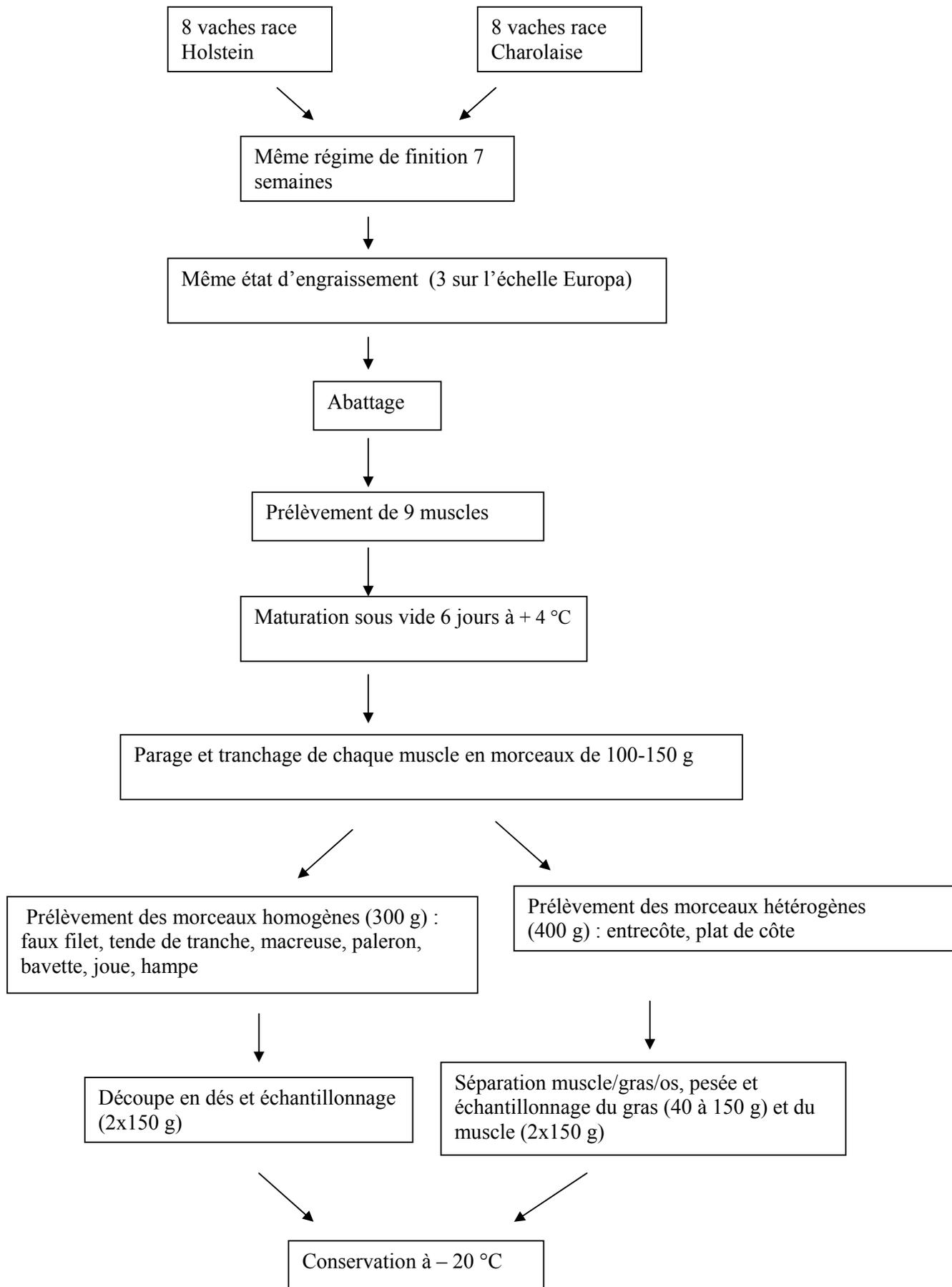


Figure 8. Protocole de prélèvement des échantillons de muscles

I.2. Prélèvements des abats et des morceaux de viande

Les abats (foie, langue, rognon, cœur) sont prélevés le jour de l'abattage, puis conservés 24 h à + 4 °C avant d'être découpés. Les morceaux de viande sont disséqués de la carcasse 24 h post mortem avant d'être ensachés sous vide et maturés pendant 6 jours à + 4 °C.

I.3. Prélèvement des échantillons

Chacune des pièces de découpe (abats et morceaux de viande) est parée par le boucher. Les échantillons se présentent sous une forme aussi proche que possible des pratiques commerciales (morceaux parés, portions de 100-150 g).

Cinq à six tranches sont choisies au centre du morceau pour assurer une bonne représentativité de l'échantillon. Le prélèvement effectué sur chaque pièce de découpe est de 300- 400 g, soit le double de la quantité nécessaire à la réalisation de l'ensemble des analyses. Une moitié des échantillons (2 tranches) est conservée à - 20° C pour parer à toute éventualité (échantillon de secours). L'autre moitié est dirigée vers le laboratoire de l'ADIV (association pour le développement de l'institut de la viande) pour y être broyée de façon homogène pour être répartie en parties aliquotes correspondant aux besoins de chaque laboratoire en charge des différentes analyses.

Les morceaux homogènes de viande (morceaux composés d'un seul muscle ou d'un ensemble homogène de muscles) et les abats parés sont acheminés directement à l'ADIV. Les morceaux composites ou hétérogènes font l'objet d'une séparation au couteau des parties muscle, gras et os – aponévroses. Chacun de ces compartiments tissulaires sont pesés. Les os sont jetés, la viande et le gras sont ensachés séparément et acheminés à l'ADIV pour y être broyés. Chacun de ces deux compartiments sera analysé séparément pour pouvoir fournir une information nutritionnelle aussi proche du consommateur que possible qui disposera de la composition du morceau complet et de la partie muscle pour ceux qui éliminent le gras dans l'assiette.

Les échantillons ont été maintenus congelés dans la carboglace pendant leur acheminement aux différents laboratoires.

Le protocole de prélèvement des échantillons est présenté figure 8.

III. Méthodes d'analyses

II.1. Homogénéisation des échantillons

Environ 150 g de muscle, de gras ou d'abats sont broyés pendant 30 secondes dans l'azote liquide à l'aide d'un broyeur à lame rotative (2000 tpm) équipé d'un bol en acier inox. Ce procédé permet d'obtenir une poudre parfaitement homogène qui est conservée à – 20 °C jusqu'à la mise en œuvre des analyses.

II.2. Détermination de la teneur en matière sèche

La teneur en matière sèche de chaque échantillon de viande et d'abat est déterminée en séchant 1,5 g de poudre d'échantillon à l'étuve à 80 °C pendant 48 h (Norme AFNOR NF V04-401). Les mesures sont effectuées en double. Les résultats sont exprimés en g / 100 g de tissu frais.

II.3. Détermination de la teneur en protéines

La teneur en protéines est déterminée par le dosage de l'azote total d'un g d'échantillon selon la méthode Kjeldahl (Norme AFNOR NFV04 407).

Le principe consiste en une minéralisation d'environ 1 g d'échantillon par chauffage en présence de l'acide sulfurique concentré et d'un catalyseur. Après alcalinisation de produits de la réaction, l'ammoniac libéré est distillé et piégé dans une solution d'acide borique. Il est ensuite titré par une solution d'acide sulfurique. Après calcul de la teneur en azote total, la teneur en protéines est calculée selon la formule suivante :

$$\% \text{ protéine} = \% \text{ azote} \times 6.25$$

Les résultats sont exprimées en g / 100 g de tissu frais.

II.4. Détermination de la teneur en lipides totaux

Les lipides sont extraits à température ambiante à partir de 4 g environ d'échantillon par les solvants organiques selon la méthode de Folch et al. (1957).

Quatre grammes de poudre d'échantillon sont dispersés dans 45 mL du mélange chloroforme/méthanol (2/1, v/v) à l'aide d'un broyeur tournant à 12.000 tpm. Le broyage est effectué en une séquence de 3 cycles de 1 min espacés chacun d'une minute pour éviter tout échauffement. L'homogénat est filtré

sous vide sur un erlenmeyer surmonté d'un entonnoir muni d'un verre fritté (N° 0). La galette de filtration est récupérée et l'opération est renouvelée deux fois selon le même cycle de broyage. Les trois filtrats sont réunis (# 150 ml) dans une ampoule à décanter et additionnés de 37 mL d'une solution d'eau distillée à 0,73 % de NaCl pour permettre la séparation de la phase chloroformique (contenant les lipides) de la phase méthanol / eau (contenant les impuretés en majorité hydrosolubles). La phase chloroformique est récupérée. Le chloroforme est évaporé sous vide. L'extrait sec est pesé à poids constant. La teneur en lipides totaux est exprimée en g / 100g de tissu frais.

II.5. Calcul de la teneur en acides gras des lipides totaux

La quantification des acides gras par introduction d'étalon interne dans les extraits lipidiques totaux suivi d'une chromatographie en phase gazeuse (CPG), n'a pas permis d'obtenir une quantification fiable et reproductible des acides gras. Nous avons décidé d'estimer la teneur en acides gras des échantillons par calcul. Ce calcul repose sur les éléments suivants :

- Les lipides totaux sont constitués majoritairement de triglycérides et de phospholipides et, d'un peu de cholestérol.
- Les acides gras constituent 89% de la masse des triglycérides
- Les acides gras constituent 60% de la masse des phospholipides
- A partir des teneurs en lipides totaux et en phospholipides mesurées dans ce travail, la teneur en triglycérides est calculée par différence (% TG = % LT - % PL)

Le pourcentage des acides gras des lipides totaux est calculé à partir de la formule suivante :

$$\% \text{ AG dans LT} = 0,89 \times \% \text{ TG} + 0,60 \times \% \text{ PL}$$

La quantité d'acides gras de chaque échantillon est calculée en multipliant ce pourcentage par sa teneur en lipides. Elle est exprimée en mg / 100g d'échantillon.

II.6. Fractionnement des extraits lipidiques totaux en triglycérides et phospholipides

Les extraits lipidiques totaux sont fractionnés en triglycérides et en phospholipides par chromatographie liquide basse pression sur cartouches de silice greffées de groupements aminopropyles (Waters) selon la méthode de Kazlusny *et al.* (1985). Les lipides neutres (essentiellement triglycérides, avec quelques diglycérides, monoglycérides et acides gras libres) sont

tout d'abord élués par 6 mL de chloroforme / propanol (2 / 1, V / V) puis, les acides gras libres par 6 mL d'étherdiéthylique contenant 2 % d'acide acétique. Les phospholipides sont élués par 6 mL de méthanol pur. Ces fractions sont utilisées pour déterminer leurs compositions en acides gras.

II.7. Détermination de la composition des acides gras des lipides totaux, des triglycérides et des phospholipides.

La préparation des esters méthyliques d'AG est effectuée selon la méthode proposée par Sébédio *et al.* (1997). Elle consiste à saponifier 20-50 mg des lipides dissous par 100 µL de toluène pendant 20 minutes à température ambiante par le méthanolate de sodium 2N (200 µL). Les savons de sodium d'AG sont transformés en esters méthyliques en 20 minutes par ajout dans le milieu de 1 mL de méthanol à 14 % de BF₃ selon la méthode de Morrison et Smith (1964). Après ajout de 2 mL d'hexane et de 5 mL d'eau saturée de NaHCO₃, les tubes sont centrifugés. La phase hexane est recueillie, puis éliminée par évaporation sous azote. Les acides gras sont alors repris dans 150 µL d'hexane et stockés à - 20 °C jusqu'à leur analyse par CPG.

L'analyse des esters méthyliques est réalisée par CPG à l'aide du chromatographe PR 2100 (Périchrom, 91160 Saulx-les-Chartreux) équipé d'un passeur / injecteur automatique et d'un détecteur à ionisation de flamme. Le chromatographe est piloté à l'aide du logiciel Winilab III selon la méthode décrite par Scislowski *et al.* (2005). La séparation des AG est réalisée sur une colonne capillaire de type CP-Sil 88 de 100 m de long, 0,25 mm de diamètre interne et 0,20 µm d'épaisseur de phase stationnaire.

L'hydrogène utilisé comme gaz vecteur est produit par le générateur Nitrocraft NCH 003. La pression en tête de colonne est de 130 psi. L'injection est effectuée en mode division (30 mL / min). La température de l'injecteur est maintenue à 235 °C. La température du détecteur est maintenue à 250 °C. La température du four est programmée comme suit : 70 °C pendant 30 s, puis une montée de 70 à 175 °C à 20 °C par min, suivi d'un maintien à 175 °C pendant 25 min, puis une nouvelle montée de 175 à 215 °C à 10 °C par min, température maintenue pendant 42 min. La durée totale de l'analyse est de 52 min.

Les acides gras sont identifiés par leur temps de rétention et comparés à ceux d'acides gras standards (mélange Supelco, Sigma). Les résultats sont exprimés en % des acides gras totaux.

II.8. Caractérisation de la fraction des acides gras trans

Elle est réalisée suivant la méthode proposée par Juanéda (2002).

A partir des esters méthyliques des lipides préparés précédemment, une solution à 20-25 mg / ml est préparée dans l'acétone. 120 µL sont injectés en HPLC (2 mg). Le système HPLC (Kontron) est équipé d'un passeur automatique d'échantillon et d'un détecteur UV. Il est muni de 2 colonnes de silice greffée C18 de 25 cm de long, 10 mm de diamètre remplies d'une phase de 5 µm de granulométrie. Les acides gras trans sont séparés des acides gras cis en mode isocratique. La phase mobile est composée d'acétonitrile et son débit est fixé à 4 ml / min. L'élution des acides gras trans requiert 40 min. Ils sont parfaitement séparés des acides gras cis. Ils sont collectés en sortie de colonne et analysés suivant la méthode décrite ci-dessus.

II.9. Détermination de la teneur en fer total et en zinc (Norme NF EN 14082, V03-083)

Après minéralisation complète de la matière sèche du muscle ou des abats, les cendres sont dissoutes dans de l'acide nitrique. Les teneurs en fer et zinc sont déterminées par spectroscopie d'absorption en flamme.

La minéralisation des échantillons est réalisée comme suit. Après homogénéisation de la matière sèche, 200 à 250 mg sont pesés au mg près et placés dans un tube. La minéralisation est réalisée dans un four à moufle en augmentant progressivement la température de 25 à 150 °C puis de toutes les heures, à 250, 350, 480 et 500 °C où l'échantillon est maintenu une nuit. Après refroidissement du tube, les cendres sont dissoutes dans 400 µL d'eau ultra pure et replacées au four à 95 °C pendant 45 min. Elles sont ensuite dissoutes dans 400 µL d'acide nitrique (0.5 M) et replacées au four pendant 30 min. Après refroidissement, elles sont additionnées de 200 µL d'eau oxygénée. Elles sont maintenues à l'étuve jusqu'à évaporation totale des solvants. Les deux dernières opérations doivent permettre la minéralisation complète de la matière organique et l'obtention de cendres de couleur gris-blanc. Elles sont répétées tant que le résultat attendu n'est pas obtenu.

Les cendres sont reprises dans 10 mL d'HNO₃ (0.1 M) et transférées dans un flacon en plastique dans l'attente de l'analyse.

La quantification du fer et du zinc est réalisée par spectroscopie d'absorption atomique en flamme à l'aide d'un appareil Perkin Elmer AA 800. Les débits de gaz dans la flamme sont les suivants : air 17 mL / min et acétylène (2 mL / min). Les longueurs d'onde de lecture sont de 248,3 nm pour le fer et 213,9 nm pour le zinc. La quantification est réalisée en reportant le signal de l'échantillon sur des gammes étalons constituées comme suit. Une solution mère est obtenue en dissolvant 1 g de fer ou de zinc dans 14 mL d'eau et 7 mL d'acide nitrique 0,5 M et en ajustant le volume à un litre avec de l'eau. A partir de ces solutions mères, deux solutions filles sont obtenues, l'une à 20 mg / L pour le zinc et une autre à 50 mg / L pour le fer. A l'aide de ces solutions filles, une gamme linéaire est obtenue entre 0.25 et 0.50 µg / L pour le fer et 0.2 et 1.4 µg / L pour le zinc. Chaque mesure est effectuée en triple.

La concentration en fer et en zinc (w) est calculée comme suit :

$$W = (a-b)*V/m/10$$

Où :

W : est la concentration du minéral dans l'échantillon exprimé en mg / kg

a : est la concentration du minéral dans les solutions d'échantillons

b : est la concentration du minéral dans les blancs

V : est le volume de la solution d'échantillon utilisé en mL

m : est la masse de l'échantillon minéralisé en g

Le résultat est exprimé en mg / 100 g de viande ou d'abats frais

II.10. Détermination de la teneur en fer héminique

A l'aide d'un solvant organique, l'acétone, on extrait le groupement héminique détaché de son support protéique par acidification du milieu à l'acide chlorhydrique. La solution obtenue est filtrée. La libération du groupement héminique induit une coloration de la solution dont l'intensité est mesurée au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 512nm puis comparée à une solution standard de chloro-hémine (Hemin bovin recrystalized).

II.11. Détermination de la teneur en sélénium musculaire

Le contenu en sélénium (Se) du muscle est déterminé par couplage chromatographie en phase gazeuse – spectrométrie de masse (CPG-SM) selon les conditions décrites par Ducros et Favier (1992).

Chaque échantillon (0,2 g de muscle), pré-dégradé par l'acide nitrique, est additionné d'une quantité connue d'un standard interne (sélénite de sodium enrichi en Se 76) puis digéré totalement en présence d'un mélange d'acide nitrique et de peroxyde d'hydrogène à l'aide d'un minéralisateur par micro-ondes selon Ducros *et al.* (1994). Après minéralisation, l'ensemble des formes du sélénium sont réduites à l'état de sélénite (Se⁴⁺). L'addition de 4-nitro-O-phenylènediamine en milieu acide permet la formation d'un chélate stable de Se (nitropiazsélénol (Se-NDP)). Après chromatographie du chélate extrait, la détermination en mode SIM de deux ions sélectionnés à m/z 225 et 229 correspondant aux isotopes 76 et 80 du sélénium, permet de calculer la quantité de Se dans l'échantillon après avoir pris en compte l'abondance des contributions naturelles (calcul de dilution isotopique). Pour chaque série, un contrôle de qualité à valeur certifiée est préparé dans les mêmes conditions (Bovine Liver 1577B, NIST)

II.12. Détermination de la teneur en vitamines du groupe B

II.12.1. Analyse de la teneur en vitamine B3 dans les muscles et les abats (EN 15652)

La vitamine B3 ou niacine est présente sous forme d'acide nicotinique et de nicotinamide et de leurs esters phosphorylés. Ces formes ne sont pas liées aux protéines dans les tissus animaux comme les muscles ou les organes.

Principe : Les 2 formes B3 (acide nicotinique et nicotinamide) sont extraites après acidification du broyat. Elles sont séparées par chromatographie liquide haute performance (HPLC) couplée à un détecteur de fluorescence après dérivatisation en post-colonne sous l'action des rayons UV. Les 2 formes sont quantifiées grâce à des étalons externes. La teneur en B3 est la somme des deux, après avoir corrigé celle en nicotinamide de sa masse moléculaire.

Dans un premier temps, l'échantillon est broyé et homogénéisé. L'extraction de 2 formes de B3 est réalisée à partir de 2 à 3 g de viande pesés au mg près. Ils sont additionnés de 50 mL d'acide chlorhydrique (0,1 M). Le tout est chauffé 60 min dans un bain bouillant. Après refroidissement à température ambiante, l'échantillon est filtré et la phase aqueuse recueillie. Le pH de l'extrait est ajusté

à 4,5 avec une solution d'acétate de sodium (2,5 M). Le mélange est transféré et le volume est ajusté à 100 mL par ajout d'eau distillée dans une fiole jaugée. Le tout est agité et filtré sur papier puis sur un filtre à 0,45 µm. Le filtrat est prêt pour la chromatographie.

La chromatographie est réalisée par injection de 30 µL de la solution précédente. L'acide nicotinique et la nicotinamide sont séparées sur une colonne de silice greffée de C18 (lichrospher 5µm, 60-RP-C18) de 250 mm de long et 4 mm de diamètre interne. Un litre de phase mobile est composée de 4,77 g de di-hydrogène-phosphate de potassium (30 %), de 0,5 mL de solution de sulfate de cuivre 0.005 M et d'eau (QSP à 1 L). Le débit est 1 mL.min⁻¹.

La dérivation post-colonne des deux formes de vitamines B3 est réalisée grâce à un dispositif constitué d'un tube de PTFE de 5 m de long et 0,5 mm de diamètre interne entourant une lampe UV à lumière noire munie d'un tube basse pression. La détection et la quantification de la pyridoxine sont effectuées à l'aide d'un détecteur de fluorescence réglé sur une longueur d'onde d'excitation de 322 nm et d'émission de 380 nm.

L'identification et la quantification sont réalisées grâce à des solutions d'étalon d'acide nicotinique et de nicotinamide à 0,1 M dans le mélange eau acide chlorhydrique (1/1). La surface du pic d'échantillon est reportée sur une gamme étalon d'hydro-chlorure de pyridoxine de concentration variant de 0,1 µg / mL à 1 µg / mL.

La teneur en acide nicotinique, exprimée en mg / 100 g, est calculée comme suit :

$$W = \frac{A_{ts} \times r \times V_e}{A_{st} \times m_s \times 10}$$

Où :

W : est la concentration d'acide nicotinique dans l'échantillon exprimé en mg / 100 g

A_{ts} : est la surface du pic d'acide nicotinique de la solution d'échantillon

A_{st} : est la surface du pic d'acide nicotinique de la solution étalon

r : est la concentration d'acide nicotinique dans la solution standard en µg / mL

V_e : est le volume de la solution d'échantillon en mL

m_s : est la masse de l'échantillon en g

La teneur en nicotinamide, exprimée en mg / 100 g, est calculée comme suit :

$$W' = \frac{A'_{ts} \times r' \times V_e}{A'_{st} \times m_s \times 1000}$$

Où :

W' : est la concentration de nicotinamide dans l'échantillon exprimé en mg/100 g

A'_{ts} : est la surface du pic de nicotinamide de la solution d'échantillon

A'_{st} : est la surface du pic de nicotinamide de la solution étalon

r' : est la concentration de nicotinamide dans la solution standard en $\mu\text{g/mL}$

V_e : est le volume de la solution d'échantillon en mL

m_s : est la masse de l'échantillon en g

La teneur en B3 totale est calculée comme suit : $W_T = W + 1.008 W'$. Elle est exprimé en mg / 100 g de viande fraîche.

II.12.2. Analyse de la teneur en vitamine B6 dans les muscles (EN 14164)

La vitamine B6 est présente sous forme de pyridoxine, pyridoxal et pyridoxamine et de leurs esters phosphorylés. Ces formes ne sont pas liées aux protéines dans les tissus animaux comme les muscles ou les organes.

Le principe est le suivant : les 3 formes et leurs dérivés phosphorylés sont extraits après acidification du broyat puis déphosphorylés à l'aide d'une phosphatase acide. Par réaction avec l'acide glyoxylique en présence de Fe^{2+} , la pyridoxamine est transformée en pyridoxal qui est réduit en pyridoxine en présence de borohydrure de sodium. La pyridoxine totale est dosée par HPLC phase reverse couplée à un détecteur de fluorescence.

L'extraction de la B6 et de ses esters est réalisée comme suit. 5 g de viande broyée sont pesés au mg près. Ils sont additionnés de 50 mL d'acide chlorhydrique (0,1 M). Le tout est chauffé 30 min dans un bain bouillant. Après refroidissement à température ambiante, l'échantillon est filtré et la phase

aqueuse recueillie. Le pH de l'extrait est ajusté à 4,5 avec une solution d'acétate de sodium (2,5 M). Pour réaliser la déphosphorylation des différentes formes, 5 mL d'extrait sont additionnés de 2,5 mL d'acide glyoxylique (1 M), de 400 µL de solution de sulfate de fer ferreux (0.0132 M) et de 1 mL de la solution d'acide phosphatase (20 mg / ml dans une solution d'acétate de sodium 0,05 M). Le mélange est incubé une nuit à 37 °C sous agitation continue. Après refroidissement, le volume est ajusté à 100 mL par ajout d'eau distillée dans une fiole jaugée. Le tout est agité et filtré. La réduction du pyridoxal en pyridoxine est réalisée en prélevant 5 mL de la solution précédente et en y ajoutant 4,5 mL d'une solution de boro-hydrure de sodium (0,1 M). Le tout est agité pendant au moins 3 min. L'excès de boro-hydrure est détruit par ajout de l'acide acétique glacial. Après avoir agité 1 min, la solution est filtrée sur un filtre à 0,45 µm. Le filtrat est prêt pour la chromatographie.

La chromatographie est réalisée par injection de 30 µL de la solution précédente. La pyridoxine est séparée sur une colonne de silice greffée de C8 (Lichrospher 5 µm, 60-RP-C8) de 250 mm de long et 4 mm de diamètre interne. La phase mobile est composée d'eau et d'acétonitrile (940 / 40) contenant 160 mg d'octane sulfonate de sodium et de 6,8 mg de KH₂PO₄. Le débit est de 1 mL min⁻¹. La détection et la quantification de la pyridoxine sont effectuées à l'aide d'un détecteur de fluorescence réglé sur une longueur d'onde d'excitation de 290 nm et d'émission de 395 nm.

L'identification et la quantification sont réalisées grâce à une solution d'hydro-chlorure de pyridoxine. La surface du pic d'échantillon est reportée sur une gamme étalon d'hydro-chlorure de pyridoxine de concentration variant de 0,1 µg / mL à 1 µg / mL. La teneur en B6 est exprimée en pyridoxine total calculée comme suit :

$$W = \frac{A_s \times r \times 100 \times 2}{A_{st} \times m \times 1000}$$

Où :

W : est la concentration de pyridoxine dans l'échantillon exprimé en mg / 100 g

A_s : est la surface du pic de pyridoxine de la solution d'échantillon

A_{st} : est la surface du pic de pyridoxine de la solution étalon

r : est la concentration de pyridoxine dans la solution standard en µg / mL

m : est la masse de l'échantillon en g

100 : est le volume total de la solution d'échantillon en mL

2 : est le facteur de dilution dû à la réaction avec le borohydrure de sodium

1000 : est le facteur de conversion des μg en mg

100 : est le facteur pour calculer la contenu en pyridoxine pour 100 g de viande.

La teneur en B6 est exprimé en mg / 100 g de viande fraîche.

II.12.3. Analyse de la teneur en vitamine B12 dans les muscles

Chaque échantillon est analysé pour sa teneur en vitamine B12 "vraie", correspondant à la forme biologiquement active. Après homogénéisation des échantillons dans un tampon acétate (0,1 M, pH 4.6) suivie d'une hydrolyse avec de la papaïne (100 mg / ml) et d'une cyanisation en présence d'un excès de cyanure de sodium (1 %) à 60 °C pendant 1h, la teneur en vitamine B12 vraie des échantillons tissulaires sont déterminées par méthode radio-isotopique avec le kit *Quantaphase*® B12 de Bio-Rad (USA), en utilisant le Facteur Intrinsèque comme accepteur de vitamine B12.

La valeur en vitamine B12 est exprimée par unité de matière "fraîche" (ng de vitamine B12 par g de tissu frais). En raison du caractère hydrophile de la vitamine B12 et de sa liaison aux protéines (Mellman *et al.*, 1977), ces teneurs seront aussi exprimées par rapport à la matière sèche (ng de vitamine B12 par g de matière sèche), et en fonction de la matière sèche délipidée représentative de la fraction protéique de la viande (en ng de vitamine B12 par g de matière sèche délipidée).

La teneur en vitamine B12 est exprimée en μg / 100g de viande.

IV. Traitement statistique

Les données ont été traitées statistiquement à l'aide d'une analyse de variance à deux facteurs grâce au logiciel SAS 8.12. Les facteurs pris en compte sont :

- Le système d'élevage : il inclue la race, le type d'élevage, l'alimentation animale et 2 modalités Holstein et Charolais
- Les muscles de viande (9 modalités : Entrecôte muscle, Faux filet, Plat de côte muscle, Tende de tranche, Macreuse, Paleron, Bavette, Joue, Hampe).
- L'interaction muscle/système d'élevage.

Troisième partie : Résultats et discussion

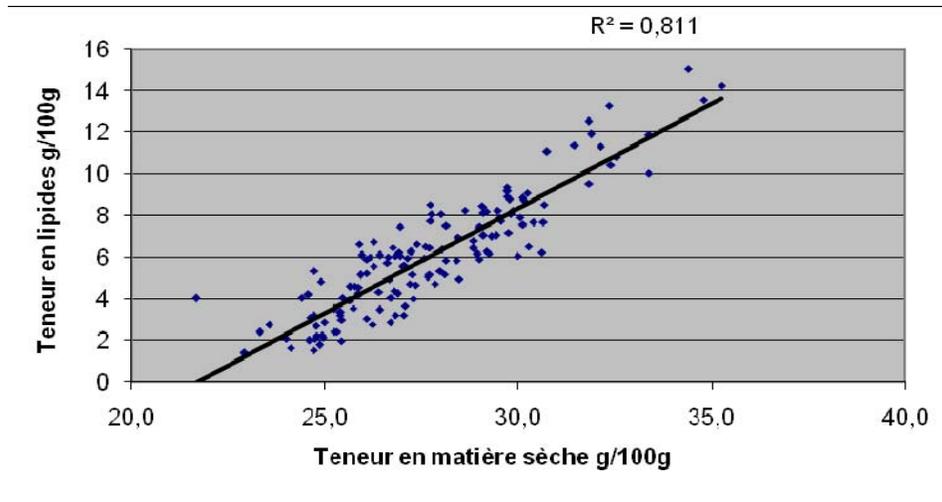


Figure 9. Corrélation entre teneur en lipides et matière sèche des muscles de bœuf

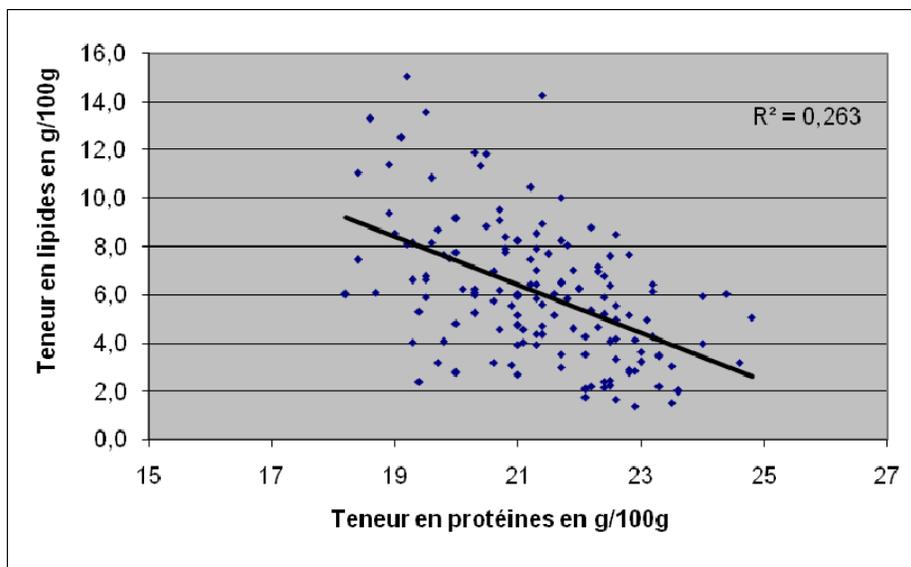


Figure 10. Corrélation entre teneur en lipides et teneur en protéines des muscles de bœuf

I. Composition

Le tableau XIII présente la composition centésimale des muscles de bœuf. Pour l'entrecôte et le plat de côte, nous analyserons ici la part muscle de la viande c'est-à-dire parée au couteau.

Tableau XIII. Composition centésimale des muscles de bœuf et signification statistique

	Muscles classés de gauche à droite du plus glycolytique au plus oxydatif									Effet statistique			Variance totale du modèle			
	Entrecôte Muscle (n=16)	Faux filet (n=16)	Plat de côte Muscle (n=16)	Tende de tranche (n=16)	Macreuse (n=16)	Paleron (n=16)	Bavette (n=16)	Joue (n=16)	Hampe (n=16)	Effet Race-système délevage	Effet Muscle	Interaction	Effet race	Effet muscle	Interaction	Résiduelle
Teneur en matière sèche g/100g tissu frais	30,8 ^a (1,88)	29,5 ^b (2,20)	29,0 ^{bc} (1,58)	25,3 ^a (1,21)	25,5 ^a (0,90)	27,7 ^{cd} (1,60)	26,3 ^{de} (1,99)	26,8 ^{de} (1,83)	28,5 ^{bc} (2,59)	ns	***	*	6%	51%	0%	43%
Protéines g/100g tissu frais	20,8 ^{de} (0,91)	22,3 ^b (0,79)	21,2 ^{cd} (0,84)	23,0 ^a (0,64)	21,8 ^{bc} (0,96)	21,2 ^{cd} (0,96)	20,4 ^a (0,97)	22,3 ^b (1,42)	19,0 ^f (0,42)	***	***	ns	5%	62%	2%	31%
Lipides g/100g tissu frais	8,72 ^a (2,39)	6,74 ^{bc} (2,46)	7,56 ^{ab} (1,75)	2,34 ^d (0,64)	3,36 ^d (1,10)	6,54 ^{bc} (1,75)	5,67 ^c (2,41)	5,02 ^c (1,28)	8,63 ^a (2,69)	ns	***	ns	0%	55%	5%	40%
Fer total mg/100g tissu frais	2,50 ^{def} (0,47)	2,28 ^{ef} (0,46)	2,19 ^f (0,46)	2,69 ^{de} (0,51)	2,86 ^{cd} (0,52)	2,50 ^{def} (0,49)	3,31 ^b (0,58)	3,18 ^{bc} (0,37)	3,68 ^a (0,52)	ns	***	ns	0%	50%	2%	48%
Fer héminique mg/100g tissu frais	1,76 ^{cd} (0,22)	1,56 ^{de} (0,30)	1,50 ^e (0,23)	1,74 ^{cd} (0,30)	1,90 ^{bc} (0,26)	1,86 ^{bc} (0,20)	2,27 ^a (0,27)	2,07 ^c (0,17)	2,40 ^a (0,28)	***	***	ns	4%	57%	2%	37%
Zinc mg/100g tissu frais	5,18 ^b (0,71)	3,26 ^f (0,64)	4,56 ^c (0,41)	3,46 ^d (1,12)	4,59 ^c (0,48)	5,50 ^b (0,44)	6,80 ^a (0,82)	2,70 ^e (0,49)	4,50 ^c (0,52)	ns	***	ns	1%	77%	1%	21%
Sélénium µg/100g tissu frais	10,08 ^c (1,14)	10,63 ^{bc} (1,29)	10,47 ^{bc} (1,17)	10,07 ^c (1,29)	10,66 ^{bc} (1,42)	10,19 ^c (1,07)	11,06 ^{bc} (1,54)	14,39 ^a (1,70)	11,78 ^b (1,32)	ns	***	ns	1%	50%	1%	48%
Vitamine B3 mg/100g tissu frais	4,40 ^{cde} (0,44)	5,77 ^a (0,71)	4,88 ^{bc} (0,67)	5,21 ^b (0,57)	4,43 ^{cde} (0,46)	3,67 ^f (0,43)	4,17 ^{de} (0,56)	4,67 ^{cd} (0,60)	3,97 ^{ef} (0,36)	ns	***	ns	1%	57%	1%	41%
Vitamine B6 mg/100g tissu frais	0,34 ^c	0,48 ^{de}	0,36 ^c	0,51 ^e	0,44 ^d	0,27 ^b	0,26 ^b	0,15 ^a	0,29 ^b	***	***	ns	5%	78%	1%	16%
Vitamine B12 µg/100g tissu frais	1,58 ^{de} (0,22)	1,19 ^e (0,19)	1,81 ^d (0,28)	1,16 ^e (0,21)	1,89 ^d (0,26)	2,78 ^c (0,58)	3,12 ^c (0,51)	7,24 ^a (1,22)	4,61 ^b (0,54)	ns	***	**	0%	93%	1%	6%

Sur la même ligne, les moyennes avec des lettres différentes diffèrent significativement. Effet statistique : ns = non significatif, * = p < 0,05, ** = p < 0,01, *** = p < 0,001.
Les écarts type sont entre parenthèses

La matière sèche varie de 25,3 à 30,8 g pour 100 g de tissu frais. Les protéines et les lipides constituent l'essentiel de la matière sèche. Les minéraux représentent une faible proportion de la matière sèche. La teneur en matière sèche est fortement corrélée à la teneur en lipides (Figure 9). Les muscles ayant les plus faibles teneurs en protéines sont les plus riches en lipides (Figure 10).

Les principaux facteurs pris en compte pour l'analyse de la composition centésimale de la viande de boeuf sont l'effet race, l'effet muscle, l'interaction statistique de l'effet race et muscle et la résiduelle.

L'effet de la race est mineur puisqu'il est non significatif pour la plupart des nutriments dosés et lorsqu'il est significatif, il explique au maximum 6 % de la variance totale (Tableau XIII). Nous considérerons donc par la suite qu'il n'y a pas d'effet de la race sur la variabilité de composition.

Une des caractéristiques générales de la viande est leur teneur en Fer : les muscles de bœuf analysés contiennent de 2,2 à 3,7 mg de fer total pour 100 g de muscle frais et de 1,5 à 2,4 mg de fer héminique pour 100g de muscle frais. Le fer héminique représente environ 70 % du fer total dans les muscles de Bœuf.

L'effet muscle est le principal facteur de variabilité puisqu'il explique au minimum 50 % de la variance du modèle et jusqu'à 93 % (Tableau XIII).

L'effet de l'interaction Muscle / Race est négligeable car il est non significatif pour la plupart des nutriments et lorsqu'il est significatif, il n'explique que 5 % de la variance totale (Tableau XIII).

La résiduelle peut expliquer jusqu'à 49 % de la variance totale du modèle (Tableau XIII). Elle inclut tout ce qui n'a pas été pris en compte dans le modèle et notamment l'effet individuel. Elle représente essentiellement la variabilité animale.

Nous n'analyserons donc par la suite que l'effet muscle et la résiduelle (ou effet individuel).

I.1. Facteurs de variations de la composition

L'essentiel de la variabilité de la composition de la viande est expliquée par l'effet muscle. Cet effet correspond avant tout à la localisation des muscles dans la carcasse. Cependant, il est parfois possible d'attribuer la variabilité de la composition en quelques nutriments au type métabolique des fibres des muscles. Pour rendre plus lisible une relation éventuelle entre type métabolique des fibres et des teneurs en certains nutriments, les 9 muscles analysés ont été classés du plus glycolytique au plus oxydatif en tenant compte des classifications chimiques des fibres musculaires (Cassens et Cooper, 1971).

I.1.1. Variabilité liée à la localisation dans la carcasse

Matière sèche

La variabilité est surtout expliquée par l'effet muscle (51 % de la variance totale). Notons que 43 % de la variance totale se retrouve dans la résiduelle correspondant à l'effet « individu » ou variabilité individuelle.

Protéines

Les teneurs en protéines varient peu entre les muscles : 19 à 23 g pour 100 g. Les coefficients de variation (écart type rapporté à la moyenne) pour les teneurs en protéines des muscles varient entre 0,02 et 0,06 et sont beaucoup plus faibles que pour les autres nutriments. Ceci s'explique par le fait que les protéines du muscle sont les éléments structuraux des myofibrilles et leurs teneurs ne varient pas. La variance totale est surtout expliquée à 62 % par la localisation anatomique des muscles (62 % de la variance totale) sans qu'il puisse être établi de lien avec le type métabolique des fibres (Figure 11) et à 31 % par la variabilité animale.

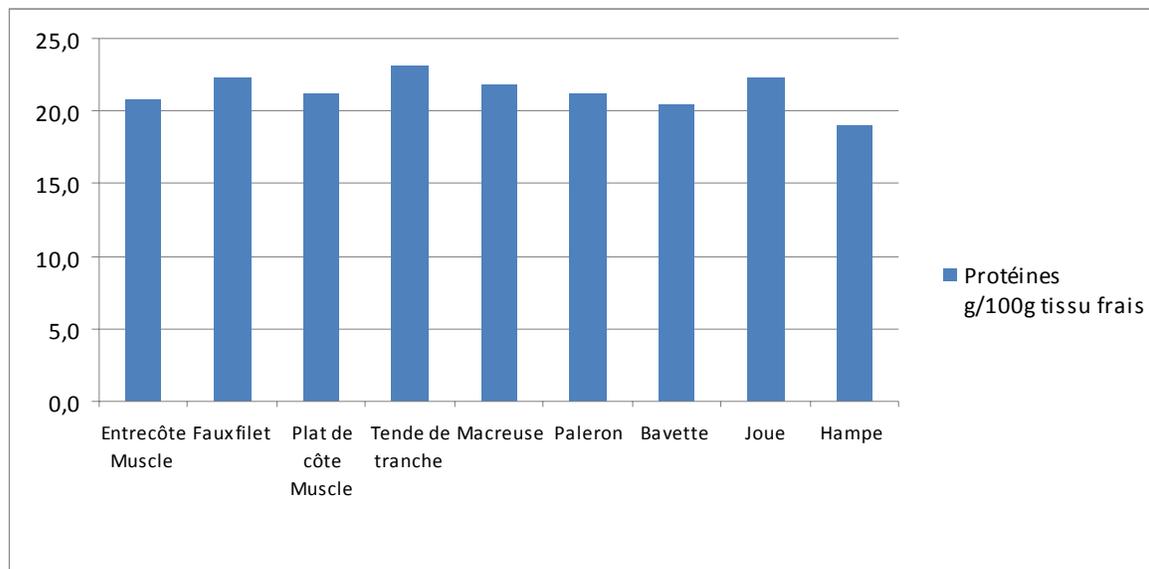


Figure 11. Teneur en Protéines des muscles de bœuf (en g / 100g de tissu frais)

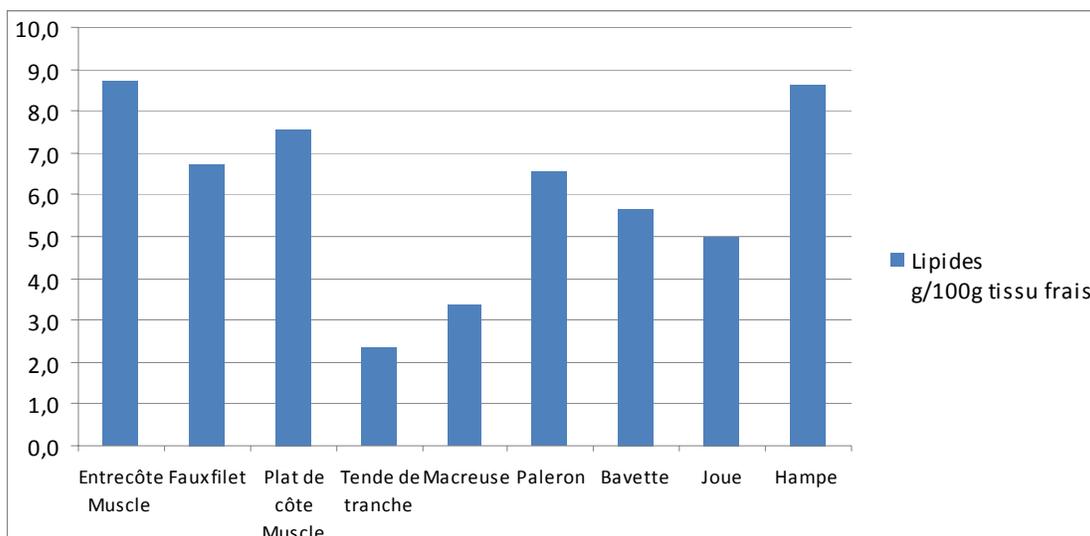


Figure 12. Teneurs en lipides des muscles de bœuf (g / 100g de tissu frais)

Tableau XIV. Valeurs minimales et maximales de teneurs en lipides de la viande de bœuf (n = 16) en g / 100g de tissu frais

	Teneur en Lipides (n=16)	Ecart-type	Coefficient de variation	Valeurs minimales (n=16)	Valeurs maximales (n=16)
Entrecôte Muscle	8,7	2,4	0,3	4,7	13,6
Faux Filet	6,7	2,5	0,4	4,1	14,2
Plat de côte Muscle	7,6	1,8	0,2	4,3	11,9
Tende de tranche	2,3	0,6	0,3	1,4	3,7
Macreuse	3,4	1,1	0,3	1,8	6,5
Paleron	6,5	1,7	0,3	3,2	9,2
Bavette	5,7	2,4	0,4	2,4	13,3
Joue	5,0	1,3	0,3	2,9	8,4
Hampe	8,6	2,7	0,3	5,3	15,1

Lipides totaux

Les teneurs en lipides des muscles varient de 2,3 à 8,7 g / 100g de muscle frais. La moyenne de la teneur en lipides des 9 muscles analysés ici est de 6 %, en considérant que l'entrecôte et le plat de côte ont été débarrassés du tissu adipeux visible les entourant. Les coefficients de variation des teneurs en lipides des muscles sont très élevés et varient de 0.23 à 0.43.

L'effet muscle explique 55 % de la variance totale. La teneur en lipides des muscles ne peut pas être expliquée par le type métabolique des fibres (Figure 12). Cependant les fibres oxydatives ont besoin de lipides car elles utilisent la bêta oxydation des acides gras pour couvrir leurs besoins en énergie. Or les lipides intracellulaires ne représentent qu'une faible part des lipides intramusculaires qui sont surtout composés des cellules adipeuses entre les fibres. C'est pourquoi la relation entre teneur en lipides et type métabolique n'est pas étroite (Leseigneur-Meynier et Gandemer 1991). En effet, le muscle d'entrecôte est un muscle glycolytique et contient autant de lipides que la hampe qui est un muscle très oxydatif. Il est classique de dire que la teneur en lipides dépend de la localisation anatomique des muscles dans la carcasse (Gandemer 1992, Gandemer 1995).

La résiduelle explique 40 % de la variance totale. En effet, les teneurs en lipides des muscles varient beaucoup d'un animal à l'autre. Les valeurs extrêmes (valeurs minimales et maximales) pour les teneurs en lipides des 16 animaux, permettent d'illustrer la variabilité animale (Tableau XIV). La variabilité animale est d'autant plus grande que les muscles sont riches en lipides. Par exemple, le Tende de tranche est pauvre en lipides (teneur moyenne en lipides de 2,3 g / 100g) et varie peu selon l'animal (de 1,4 g à 3.7 g / 100g) alors que l'Entrecôte muscle, est riche en lipides (teneur moyenne en lipides de 8.7 g / 100g) et varie beaucoup selon l'animal (de 4.7 à 13.6 g / 100g).

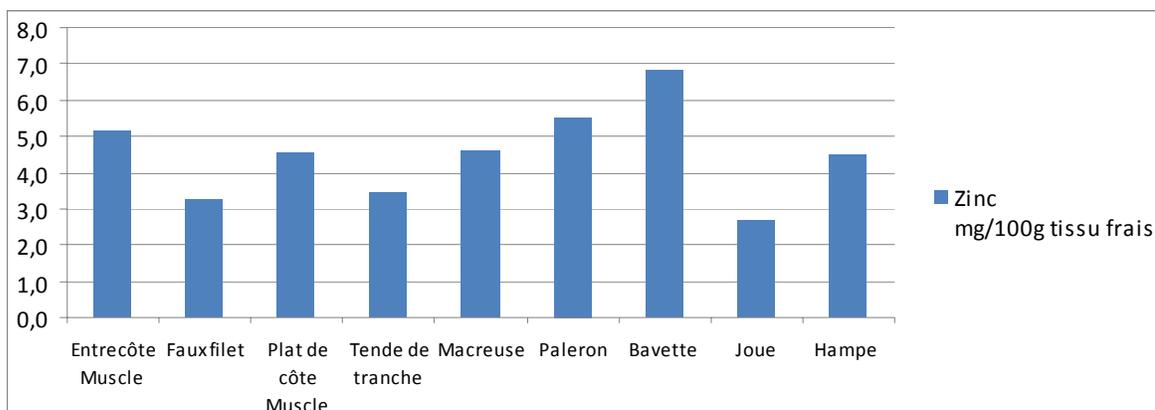


Figure 13. Teneur en zinc des muscles de bœuf (mg / 100g de tissu frais)

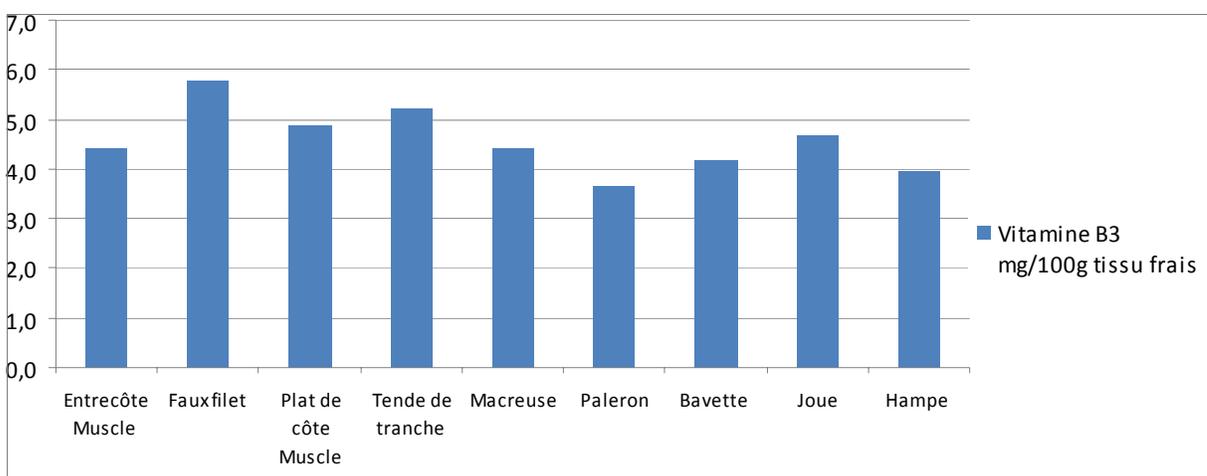


Figure 14. Teneur en vitamine B3 des muscles de bœuf (mg / 100g de tissu frais)

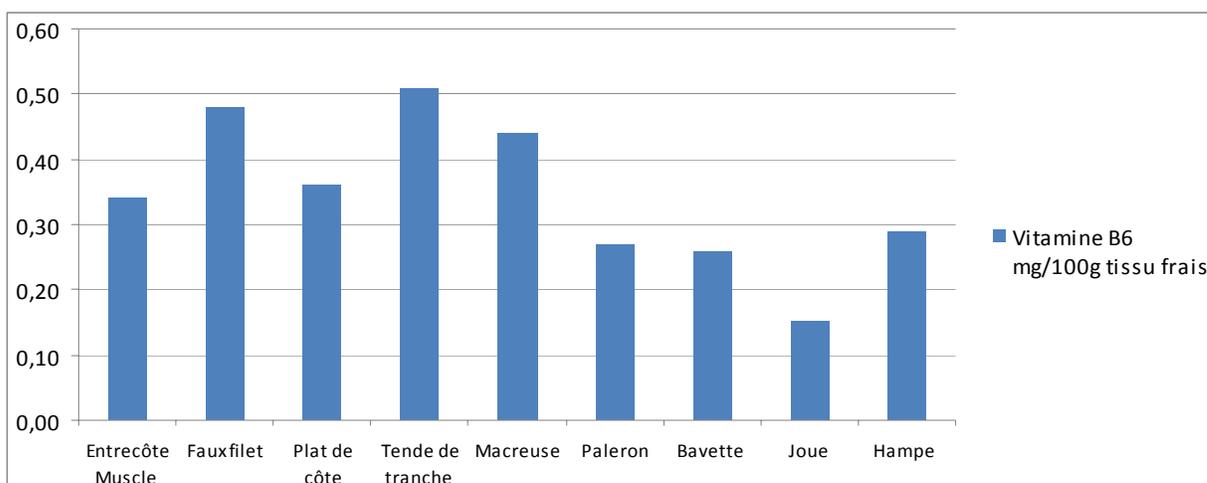


Figure 15. Teneur en vitamine B6 des muscles de bœuf (mg / 100g de tissu frais)

Zinc

Les teneurs en zinc des muscles sont comprises entre 2,7 et 6,8 mg pour 100g de muscle frais.

L'effet muscle est très important (77 % de la variance totale). On observe que les teneurs varient fortement pour des muscles proches dans la carcasse comme par exemple la hampe et la bavette. De plus, il n'y a pas de relation avec le type métabolique des muscles (Figure 13). Les teneurs en zinc dépendent dans une moindre mesure de l'effet « animal » (21 % de la variance totale). L'effet lié aux muscles est une donnée nouvelle. Nous savons que le zinc est un métal principalement associé à des protéines enzymatiques et impliqué dans la synthèse protéique (Scherz et Kirchhoff, 2006) mais dans l'état actuel des connaissances, nous ne disposons pas d'explication cohérente de ces différences entre les muscles.

Vitamine B3

Les muscles contiennent entre 3,7 et 5,8 mg de vitamine B3 pour 100g. L'effet muscle explique 57 % de la variance totale sans qu'il puisse être relié aux types métaboliques des fibres (Figure 14). Les teneurs en vitamine B3 sont très variables d'un animal à l'autre puisque la résiduelle explique 41 % de la variance totale. Par contre la variabilité entre muscles est faible même si significative.

Vitamine B6

Les muscles contiennent entre 0,15 et 0,51 mg de vitamine B6 pour 100g. L'effet muscle explique 78 % de la variance totale sans qu'il puisse être relié aux types métaboliques des fibres (Figure 15). La localisation anatomique du muscle explique donc ces variations : la joue est le muscle ayant la teneur en vitamine B6 la plus faible (0,15 mg / 100g) et le tendre de tranche est le muscle ayant la teneur en vitamine B6 la plus élevée (0,51 g / 100g).

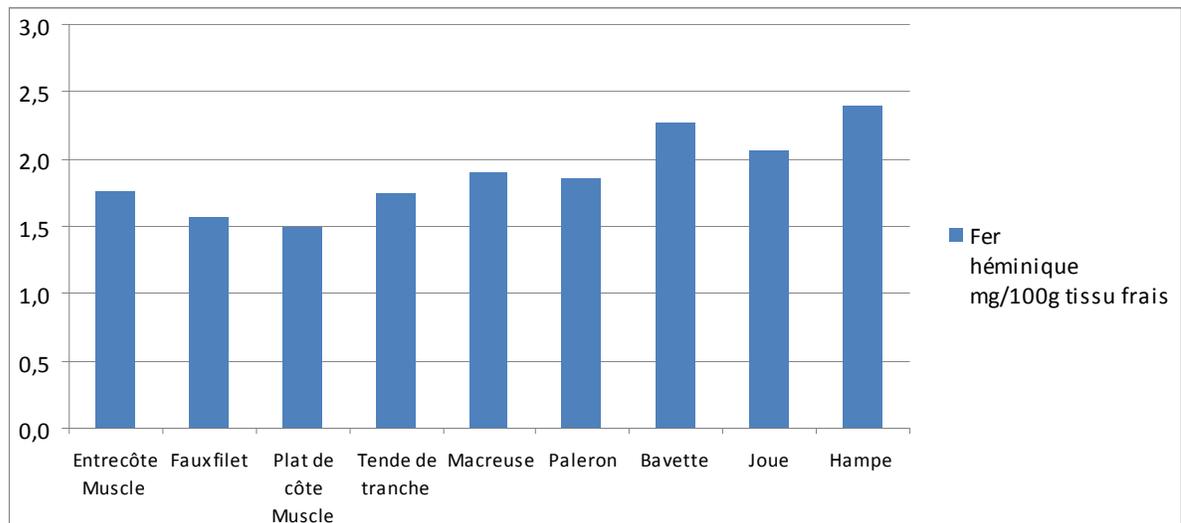


Figure 17. Teneur en fer héminique des muscles de bœuf (mg / 100g)

I.1.2. Variabilité liée au type métabolique des muscles

Fer

L'effet muscle lié à la localisation anatomique explique 50 % de la variance totale pour le fer total et 57 % pour le fer héminique. Il y a une relation étroite entre le type métabolique des fibres (Figure 16) et les teneurs en fer et particulièrement en fer héminique (Figure 17). Les muscles les plus oxydatifs (joue, hampe) sont les plus riches en fer héminique et les muscles les plus glycolytiques sont les moins riches (entrecôte, faux filet, plat de côte). En effet, les fibres oxydatives sont riches en mitochondries et en myoglobine nécessaires au transport d'oxygène utilisé pour la bêta oxydation des acides gras. Elles sont donc plus riches en fer héminique, qui compose l'hème de la myoglobine. Les fibres glycolytiques utilisent les glucides pour couvrir leur besoin en énergie et sont pauvres en mitochondries et en myoglobine, donc plus pauvre en fer héminique (Cassens et Cooper, 1971).

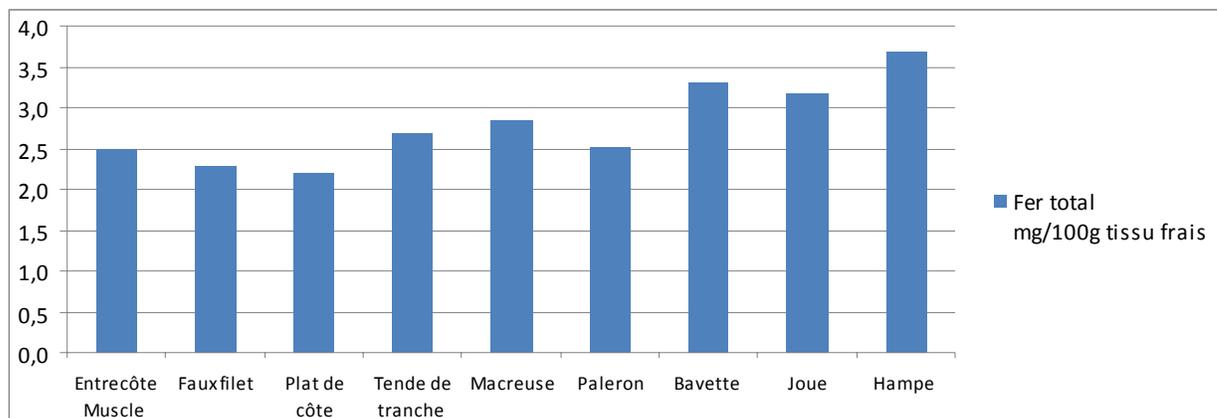


Figure 16. Teneur en fer total des muscles de bœuf (mg / 100g)

Une grande partie de la variabilité des teneurs en fer des muscles s'explique par l'effet « animal » puisque la résiduelle explique respectivement 48 % et 37 % de la variance totale pour le fer et pour le fer héminique.

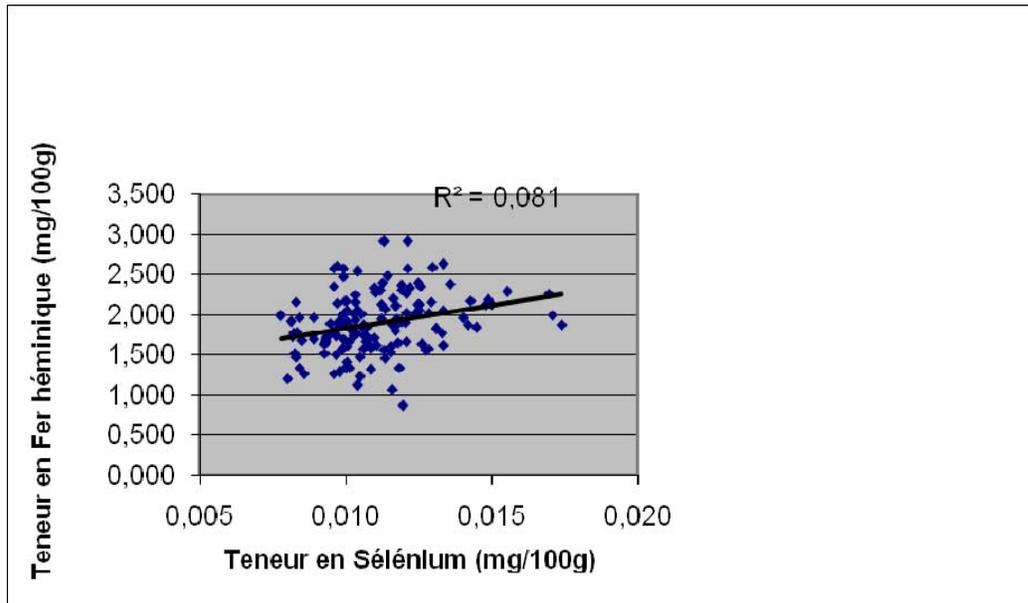


Figure 19. Corrélation entre teneur en fer héminique et teneur en sélénium dans les muscles de bœuf

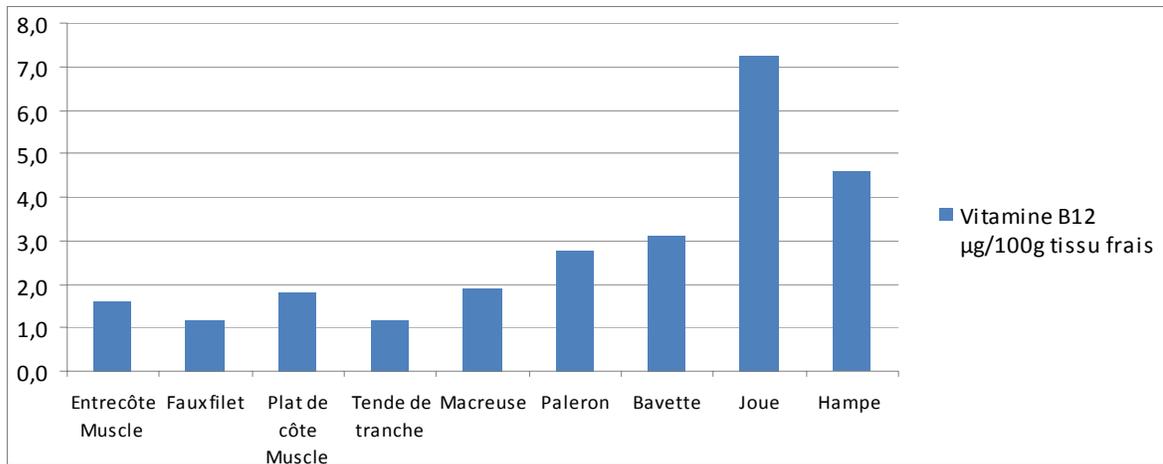


Figure 20. Teneur en vitamine B12 des muscles de bœuf (en µg/100g de tissu frais)

Sélénium

La teneur en sélénium varie de 10,1 à 14,4 μg / 100g de muscle frais (Figure 18). La teneur en sélénium dépend autant du muscle (50 % de la variance totale) que de l'animal (49 % de la variance totale). Elle est plus élevée dans les muscles très oxydatifs comme la joue et la hampe (Figure 18) ce qui pourrait s'expliquer par le fait que le sélénium, localisé dans les sélénoprotéines, joue un rôle dans l'oxydation et donc serait plus abondant dans les muscles à métabolisme oxydatif.

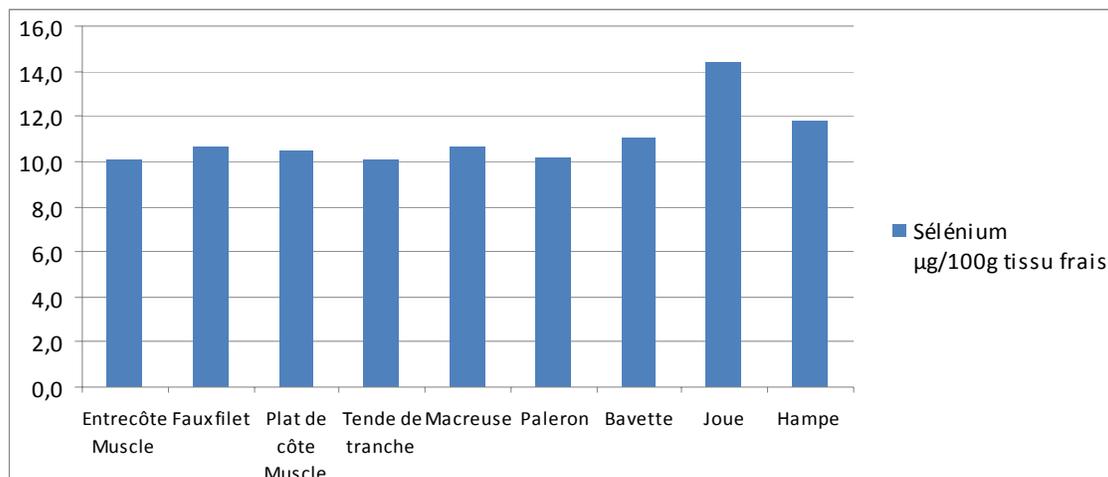


Figure 18. Teneur en sélénium des muscles de bœuf (en μg / 100g de tissu frais)

Bien que les teneurs en fer héminique et sélénium soient toutes les deux liées au type métabolique des muscles, il n'existe pas une relation étroite entre les teneurs en fer héminique et en sélénium (Figure 19).

Vitamine B12

Les teneurs en vitamine B12 varient de 1,2 à 7,2 μg / 100g de tissu frais. Elles sont presque exclusivement dépendantes du muscle puisque l'effet muscle explique 93 % de la variance totale. Cet effet est également lié aux types métaboliques des fibres (Figure 20) puisque les muscles très oxydatifs sont beaucoup plus riches en vitamine B12. Sa présence en abondance dans les muscles oxydatifs peut s'expliquer par son rôle dans la prévention de l'oxydation (Ortigues *et al.*, 2005).

I.2. Composition en acides gras

Les Annexes 4, 5 et 6 présentent les compositions en acides gras des muscles de bœuf exprimés en % des AG totaux.

Les Annexes 7, 8 et 9 présentent les compositions en acides gras des muscles de boeuf en g / 100 g de tissu frais.

Les sommes d'acides gras utilisées sont présentées en Annexe 3.

Les AGS représentent un peu moins de 50 % des acides gras quel que soit le muscle ou le morceau. Les AGMI représentent 40 à 47 % des acides gras. Les AGS et les AGMI sont caractéristiques du tissu adipeux intra ou intermusculaire chez les bovins mais aussi des tissus adipeux sous cutanés. Les teneurs en AGPI de la viande de bœuf sont relativement basses. Cependant on observe une forte variabilité (de 3 à 14 % des acides gras). La figure 21 présente la proportion des 3 familles d'acides gras présentes dans la viande de bœuf.

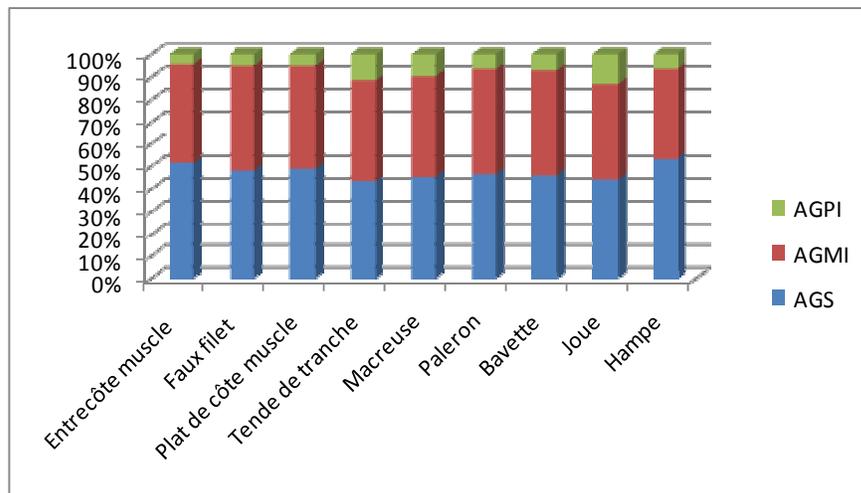


Figure 21. Proportion des 3 familles d'acides gras dans les muscles de bœuf

1.2.1. Acides gras saturés :

Les 3 principaux AGS de la viande sont :

- L'acide palmitique (C 16 :0) : il représente 26 % des acides gras totaux en moyenne et 57 % des AGS totaux
- L'acide stéarique (C18 :0) : il représente 15 % des acides gras totaux et 33 % des AGS totaux
- L'acide myristique (C14 :0) : il représente environ 3 % des acides gras totaux et moins de 7 % des AGS totaux.

On constate des différences significatives dans les proportions de ces AGS liées à la localisation et aux types métaboliques des fibres musculaires (effet muscle). On observe que plus le muscle est de type oxydatif (hampe, joue), plus la proportion d'acide gras palmitique est basse, alors que pour l'acide stéarique, plus le muscle est de type oxydatif, plus la proportion est élevée. On n'observe pas d'effet muscle en ce qui concerne la proportion d'acide gras myristique (Figure 22). L'acide stéarique est particulièrement abondant dans les phospholipides, c'est pourquoi les muscles oxydatifs en sont plus riches.

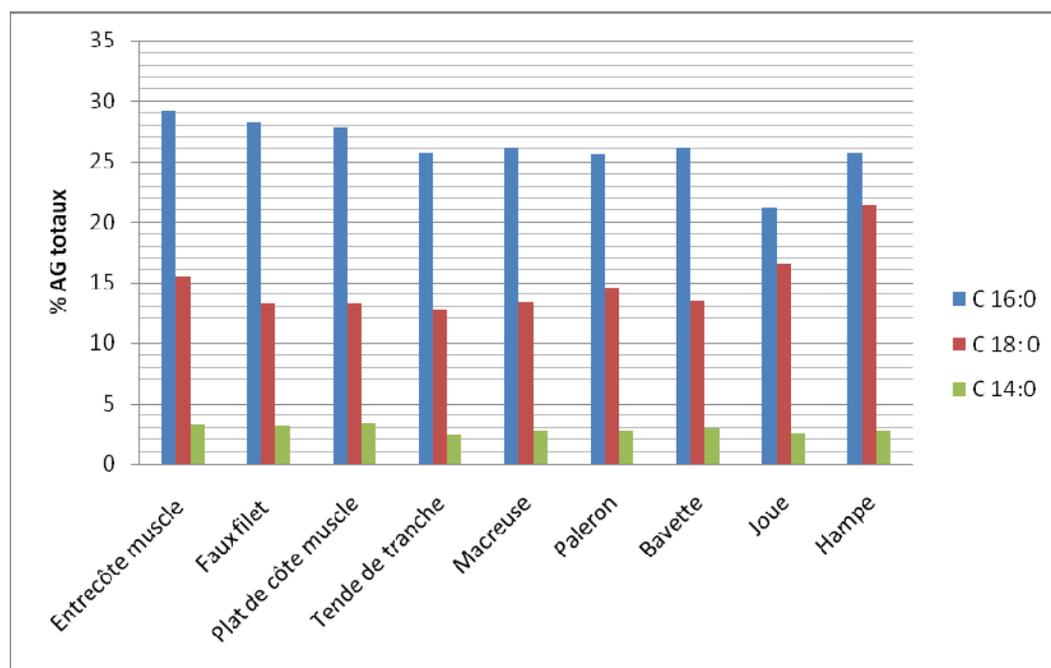


Figure 22. Teneur en acides palmitique (C 16 :0), stéarique (C 18 :0) et myristique (C 14 :0) exprimés en % des acides gras totaux

1.2.2. Acides gras mono-insaturés

Les AGMI sont très majoritairement représentés par l'acide oléique (C 18 :1). Il représente 35 % des acides gras totaux et 78 % des AGMI. On retrouve également en proportion notable de l'acide palmitoléique (C 16 :1) qui représente environ 4 % des acides gras totaux et 8 % des AGMI. Ces 2 acides gras sont de configuration cis.

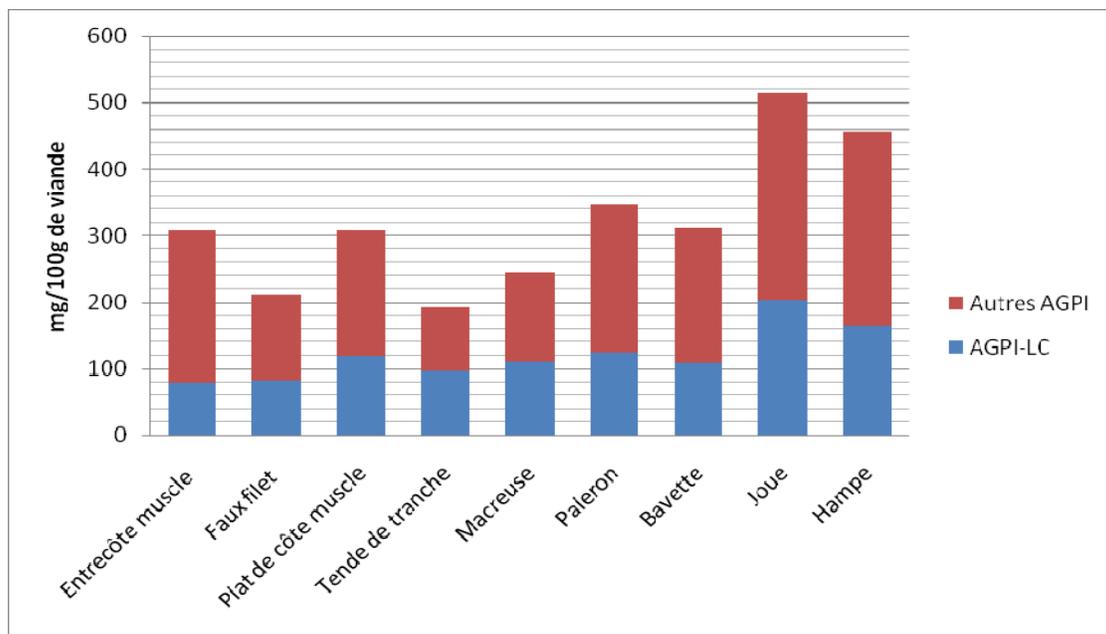


Figure 23. Teneur en AGPI de la viande de bœuf exprimée en mg / 100g et part des AGPI à longue chaîne

1.2.3. Acides gras polyinsaturés

Dans la viande de bœuf, les AGPI de la série n-6 (Omega 6) représente 5 % des acides gras totaux et 68 % des AGPI. Les AGPI n-3 (Omega 3) représentent 2 % des acides gras totaux et 28 % des AGPI. Les acides linoléiques conjugués (ALC) sont spécifiques de la viande et représente environ 4 % des AGPI.

Les principaux AGPI sont :

- l'acide α linoléique AL (C 18 : 2 n-6) qui représente 3 % des acides gras totaux et 39 % des AGPI totaux
- l'acide arachidonique ARA (C 20 :4 n-6) qui représente 1 % des acides gras totaux et 13 % des AGPI totaux
- l'acide docosapentaénoïque DPA (C 22 :5 n-3) qui représente 0,9 % des acides gras totaux et 12 % des AGPI totaux
- l'acide α -linoléique AAL (C 18 : 3 n-3) qui représente 0,6 % des acides gras totaux et 8 % des AGPI totaux.

Une part importante des AGPI de la viande de bœuf est représentée par des AGPI-LC (Figure 23) : les AGPI-LC représentent 25 % des AGPI pour l'entrecôte et jusqu'à 50 % des AGPI pour le tenderloin. Les principaux AGPI-LC sont ARA et DPA. ARA est synthétisé à partir de AL et DPA est synthétisé à partir de AAL. DPA est l'acide gras précurseur du DHA (Annexe 1). Il est intéressant de noter que la viande de bœuf est quasiment dépourvue de DHA mais par contre apporte des quantités intéressantes de son précurseur le DPA.

Les teneurs en AGPI et en AGPI-LC varient en fonction du type métabolique des muscles : les muscles oxydatifs sont plus riches en AGPI et AGPI-LC que les muscles glycolytiques. Les acides gras polyinsaturés peuvent varier de 4 % (entrecôte) à 13 % (joue) des acides gras totaux (Figure 23). Cette forte variabilité en fonction des muscles et du type métabolique des fibres s'explique par le fait que les muscles oxydatifs sont plus riches en phospholipides que les muscles glycolytiques. Ces phospholipides sont composés d'AGPI dont notamment des AGPI-LC.

Tableau XV. Proportion d'acides gras trans dans la viande de bœuf exprimé en % des AG totaux

	Somme AGMI trans	Somme AGPI trans	Somme AG trans totaux
Entrecôte muscle (n=16) % AG totaux	2,24	0,91	3,15
Faux filet (n=16) % AG totaux	1,97	0,87	2,84
Plat de côte muscle (n=16) % AG totaux	2,04	0,89	2,93
Tende de tranche (n=16) % AG totaux	1,73	0,81	2,54
Macreuse (n=16) % AG totaux	1,85	0,87	2,72
Paleron (n=16) % AG totaux	2,19	1,01	3,19
Bavette (n=16) % AG totaux	1,97	0,88	2,85
Joue (n=16) % AG totaux	2,29	0,93	3,22
Hampe (n=16) % AG totaux	2,25	0,85	3,09

1.2.4. Les acides gras trans

Les AGT de la viande de bœuf sont d'origine naturelle puisqu'ils sont générés dans le rumen par voie microbologique (Figure 7).

Les acides gras trans de la viande de bœuf sont la somme des acides gras trans monoinsaturés et des acides gras trans polyinsaturés. Le tableau XV présente les teneurs en AGT de la viande de bœuf et montre que 2,5 à 3,2 % des acides gras totaux de la viande de bœuf sont des AGT. Les AGMI trans représentent 1,7 à 2,3 % des acides gras totaux. Ils sont principalement représentés par le C 16 :1 Δ 9 trans et le C 18 :1 Δ 9 trans (acide vaccénique). Les AGPI trans représentent 0,8 à 1 % des AG totaux et sont principalement représentés par l'acide ruménique (C18 : 2 Δ 9c, 11 t).

II. Morceaux composites

Les morceaux composites ou hétérogènes, tels que l'entrecôte ou le plat de côte, sont composés de plusieurs muscles reliés entre eux par du tissu conjonctif (Figure 5) parfois fortement infiltré de cellules adipeuses ce qui constitue le tissu adipeux intermusculaire (Gandemer, 2002). En fonction de la découpe du morceau, ils peuvent contenir un peu de tissu adipeux sous-cutané. Pour cette raison, la quantité de tissu adipeux et donc de lipides est plus importante dans ces morceaux.

Dans certains morceaux comme le plat de côte, l'os fera partie du morceau de découpe proposé au consommateur.

Les consommateurs n'ont pas tous le même comportement lorsqu'ils consomment ce type de morceaux : ils peuvent consommer toute la partie comestible (muscle + gras). Ils peuvent également découper au couteau le gras visible entourant les muscles et le laisser en bord d'assiette. On appellera par la suite le gras ainsi découpé les déchets d'assiette. Ces déchets d'assiette contiennent du gras mais aussi du tissu conjonctif et des petits morceaux de viande.

Tableau XVI. Composition des morceaux composites de la viande de bœuf

	Charolaises				Holstein			
	Moyenne	Ecart-type	Min	Max	Moyenne	Ecart-type	Min	Max
Plat de côte								
% de la portion								
Muscle	49.4	4.0	44.9	55.0	42.6	3.5	39.1	48.5
Gras (déchet d'assiette)	23.3	3.2	18.9	26.4	29.6	5.0	23.6	36.6
Os	27.3	1.3	26.1	29.2	27.8	2.5	22.8	30.8
Comestible	72.7	1.3	70.8	73.9	72.2	2.5	69.2	77.2
% de la partie comestible								
Muscle	67.9	4.7	63.0	74.5	59.1	5.8	52.6	67.3
Gras (déchet d'assiette)	32.1	4.7	25.5	37.0	40.9	5.8	32.7	47.4
Entrecôte								
% de la portion et de la partie comestible								
Muscle	85.1	3.9	77.4	89.6	76.3	5.1	68.7	84.8
Gras (déchet d'assiette)	14.9	3.9	10.4	22.6	23.7	5.1	15.2	31.3

II.1. Composition des morceaux de découpe

Dans cette étude, les morceaux d'entrecôte et de plat de côte ont fait l'objet d'une séparation au couteau, comme peut le pratiquer le consommateur, du gras, du muscle et des os. Chacune de ces 3 composantes a été pesée (Tableau XVI). Les déchets d'assiette ont été analysés séparément.

II.2. Effet de la race

Le tableau XVI montre que la proportion de déchets d'assiette dans le morceau de découpe varie beaucoup en fonction de la race. Le plat de côte de race Holstein apporte en moyenne 30 % de déchets d'assiette (en % de la portion) alors que le même morceau pour la race Charolaise en apporte 23 %.

En ce qui concerne l'entrecôte, la proportion de déchets d'assiette est de 24 % pour la race Holstein alors qu'elle est de 15 % pour la race Charolaise. Ce fort effet de la race sur la quantité de gras entourant les muscles et notamment le fait que la race holstein ait un rapport gras/muscle plus élevé que la race charolaise, peut s'expliquer par le fait que les races à viande (Charolaise) sont plus musclées et donc moins grasses. De plus, lors de la finition des races à lait (Holstein), après la fin de lactation, les animaux déposent principalement du gras.

II.3. Effet du morceau

Si on compare les parties comestibles du plat de côte (sans l'os) et de l'entrecôte, on observe que le plat de côte est un morceau qui apporte plus de déchets d'assiette que l'entrecôte (32 % pour le plat de côte de race Charolaise et 41 % pour le plat de côte de race Holstein contre 15 % pour l'entrecôte de race Charolaise et 24 % pour l'entrecôte de race Holstein (Tableau XVI).

Tableau XVII. Composition centésimale des déchets d'assiette pour les morceaux composites de la viande de boeuf

Morceaux	Déchet d'assiette Entrecôte				Déchet d'assiette Plat de côte			
	n = 16				n = 16			
Nb d'animaux	Moyenne	Ecart-type	Min	Max	Moyenne	Ecart-type	Min	Max
Macronutriments (g/100g)								
Matiereséche	65,45	6,15	51,20	73,57	63,50	6,28	52,75	75,29
Proteines (N X 6,25)	13,37	0,00	13,37	13,37	13,37	0,00	13,37	13,37
Lipides totaux	51,77	8,38	32,61	63,62	50,87	8,44	34,75	66,67
Acides Gras Totaux	45,70	7,40	28,77	56,15	44,90	7,45	30,66	58,85
AG totaux/Lipides Totaux	88,26	0,01	88,24	88,27	88,26	0,01	88,24	88,27
Micronutriments								
Fer total (mg / 100 g)	0,95	0,21	0,72	1,64	1,45	0,64	0,50	2,65
Fer hémique (mg /100 g)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rapport Fer Hem/Fer Total	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zinc (mg / 100 g)	0,38	0,15	0,21	0,81	0,55	0,19	0,31	0,97
Se (µg / 100 g)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B3 (mg / 100 g)	1,83	0,25	1,33	2,44	1,71	0,38	1,22	2,91
B6 (mg / 100 g)	0,08	0,02	0,06	0,12	0,08	0,02	0,04	0,13
B12 (µg / 100 g)	2,93	0,78	0,84	4,34	3,72	2,60	0,19	10,72

Tableau XVIII. Teneurs en lipides et acides gras de l'entrecôte et du plat de côte muscles, morceaux et déchets d'assiette en fonction de la race

	Charolais						Holstein					
	Entrecôte			Plat de côte			Entrecôte			Plat de côte		
	Muscle	Morceau (muscle + déchet d'assiette)	Déchet d'assiette	Muscle	Morceau (muscle + déchet d'assiette)	Déchet d'assiette	Muscle	Morceau (muscle + déchet d'assiette)	Déchet d'assiette	Muscle	Morceau (muscle + déchet d'assiette)	Déchet d'assiette
Lipides totaux g / 100g	7,7	13,9	49,9	7,4	20,9	48,6	9,8	20,2	53,7	7,7	26,6	53,2
Somme AGS totaux g / 100g	3,38	6,55	24,67	3,09	9,22	21,86	4,38	9,57	26,42	3,25	12,06	24,52
Somme AGMI totaux g / 100g	2,86	5,13	18,2	2,92	8,46	19,91	3,80	7,60	19,73	3,06	10,66	21,34
Somme AGPI totaux g / 100g	0,31	0,45	1,20	0,33	0,59	1,12	0,30	0,52	1,23	0,29	0,62	1,08

II.4. Composition des déchets d'assiette

Le tableau XVII présente la composition centésimale des déchets d'assiette d'entrecôte et de plat de côte.

La composition des déchets d'assiette est très différente de celle du muscle. La teneur en lipides est très élevée et varie de 33 g / 100 g à 67 g / 100g en fonction de la race et du morceau. Les déchets d'assiettes ne sont pas dépourvus d'autres nutriments puisqu'ils peuvent également contenir des quantités non négligeables de protéines, des vitamines et des minéraux (Tableau XVII). Ainsi 100 g de déchets d'assiette peuvent apporter jusqu'à 2,65 mg de fer total, 2,9 mg de vitamine B3 et 10,7 µg de vitamine B₁₂ (valeurs maximales observées parmi les 32 échantillons de déchets d'assiette de plats de côte et entrecôte).

II.5. Intérêt d'une communication pour promouvoir la consommation de la viande de bœuf sans le gras visible.

La teneur en lipides varie considérablement entre le muscle, le morceau et les déchets d'assiette (tableau XVIII). Cette variation de la teneur en lipides se répercute aussi bien sur les AGS que sur les AGMI et les AGPI.

Le tableau XVIII montre qu'en consommant le muscle paré du gras l'entourant, on peut diminuer de manière significative l'apport en lipides et en acides gras, notamment en AGS et AGMI. Les AGS étant des AG à limiter dans le cadre de la prévention cardio-vasculaire (Dallongeville *et al.*, 2008), il est intéressant de noter qu'en ne consommant pas le gras visible, on diminue surtout les AGS ce qui peut permettre de contribuer à atteindre un des objectifs de santé publique.

Les AGMI n'ont pas d'effet négatif ni d'effet bénéfique sur la santé (Dallongeville *et al.*, 2008).

Le fait de consommer les morceaux de viande en retirant le gras visible permet donc de réduire l'apport énergétique en diminuant l'apport lipidique, cette réduction lipidique se fait surtout au détriment des AGS.

Tableau XIX. Contribution de la consommation de 100g de viande de bœuf à la couverture des apports nutritionnels conseillés pour la population française

	Energie		Protéines		Lipides		Fer		Zinc		Sélénium		Vitamine B3		Vitamine B6		Vitamine B12		
ANC* journalier	2000 kcal		48 g (1)		67 g (2)		16 mg		12 mg		50 µg		11 mg		1,5 mg		2,4 µg		
% ANC couvert par la consommation de 100g de viande	Teneur / 100g (n = 16)	% ANC	Teneur / 100g (n = 16)	% ANC	Teneur / 100g (n = 16)	% ANC	Teneur / 100g (n = 16)	% ANC	Teneur / 100g (n = 16)	% ANC	Teneur / 100g (n = 16)	% ANC	Teneur / 100g (n = 16)	% ANC	Teneur / 100g (n = 16)	% ANC	Teneur / 100g (n = 16)	% ANC	
Entrecôte muscle	162	8	20,8	43	8,72	13	2,5	16	5,18	43	10,08	20	4,4	40	0,34	23	1,58	66	
Entrecôte morceau	231	12	19,4	40	17,05	25	2,21	14	4,24	35	8,13	16	3,91	36	0,29	19	1,85	77	
Faux filet	150	8	22,3	46	6,74	10	2,28	14	3,26	27	10,63	21	5,77	52	0,48	32	1,19	50	
Plat de côte muscle	153	8	21,2	44	7,56	11	2,19	14	4,56	38	10,47	21	4,88	44	0,36	24	1,81	75	
Plat de côte morceau	287	14	18,4	38	23,72	35	1,9	12	3,08	26	6,68	13	3,72	34	0,25	17	2,57	107	
Tende de tranche	113	6	23	48	2,34	3	2,69	17	3,46	29	10,07	20	5,21	47	0,51	34	1,16	48	
Macreuse	118	6	21,8	45	3,36	5	2,86	18	4,59	38	10,66	21	4,43	40	0,44	29	1,89	79	
Paleron	144	7	21,2	44	6,54	10	2,5	16	5,5	46	10,19	20	3,67	33	0,27	18	2,78	116	
Bavette	133	7	20,4	43	5,66	8	3,31	21	6,8	57	11,06	22	4,17	38	0,26	17	3,12	130	
Joue	134	7	22,3	46	5,02	7	3,18	20	2,7	23	14,39	29	4,67	42	0,15	10	7,24	302	
Hampe	154	8	19	40	8,63	13	3,68	23	4,5	38	11,78	24	3,97	36	0,29	19	4,61	192	
* pour une femme de 20 à 40 ans ayant une activité physique modérée																			
(1) correspond à 0,8 g de protéines /kg de poids pour une femme de 60 kg																			
(2) correspond à 30 % de l'apport énergétique conseillé (2000 kcal)																			

III. Viandes et couverture des besoins nutritionnels

De manière générale, la viande de bœuf permet de couvrir une part significative des besoins nutritionnels de l'Homme. Cependant lorsque l'on observe la couverture des besoins pour différents morceaux, on peut constater des variations considérables en fonction du type métabolique du muscle ou de sa localisation anatomique.

Les apports nutritionnels conseillés (ANC) pour la population française ont été présentés en première partie (Tableaux VII, VIII et IX).

Le tableau XIX présente la part des apports nutritionnels conseillés pour une femme adulte couverte par la consommation de 100g de viande de bœuf. Le choix de prendre comme critères les ANC d'une femme adulte se justifie par le fait que les femmes consomment moins de viande que les hommes (Figure 3 et 4). Il est donc important pour cette population en particulier de bien comprendre l'intérêt nutritionnel que peut avoir la viande de bœuf, notamment pour prévenir les situations de déficience chez la femme. Il faut noter que les ANC en vitamines et minéraux pour les femmes sont inférieurs à ceux des hommes, excepté pour le fer (Tableau IX), ce qui permet de préjuger que 100g de viande de bœuf couvriront davantage les ANC pour les femmes que les ANC pour les hommes (sauf pour le fer).

Exemple de calcul :

100 g d'aliment apporte 100 calories. Les ANC en énergie d'une femme adulte ayant une activité modérée sont de 2000 kcal. Donc la consommation de 100 g de cet aliment contribue à couvrir 5 % des ANC journalier en énergie de la femme adulte.

III.1. Energie

La consommation de 100 g de viande de bœuf par jour contribue faiblement aux apports énergétiques conseillés pour la population française.

L'apport énergétique des muscles de boeuf a été calculé à partir de la somme de l'apport énergétique des protéines et des lipides. Nous avons estimé que l'apport glucidique était nul.

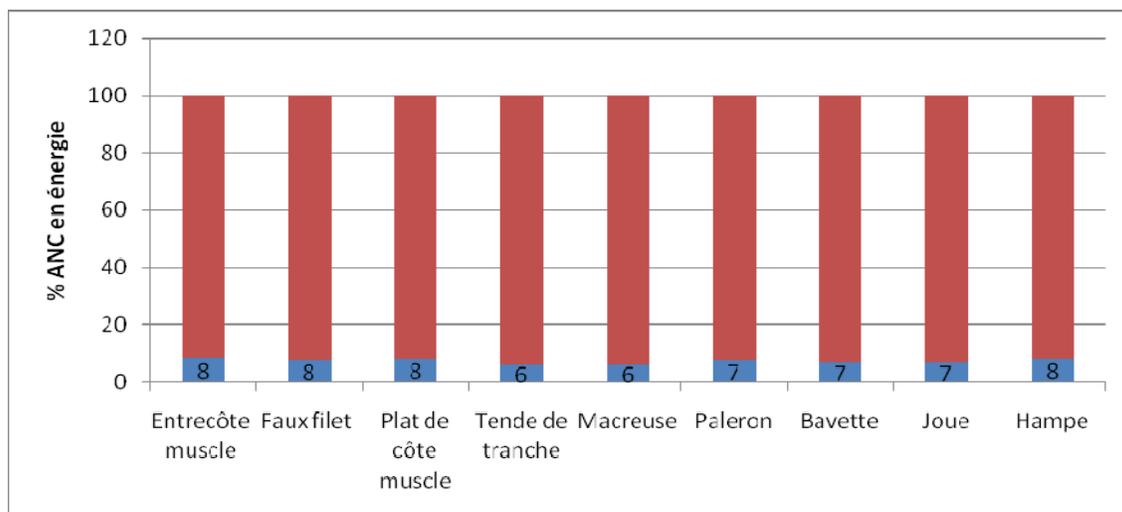


Figure 24. Contribution de 100 g de viande de bœuf à la couverture de l'ANC en énergie (exprimée en % de l'ANC en énergie)

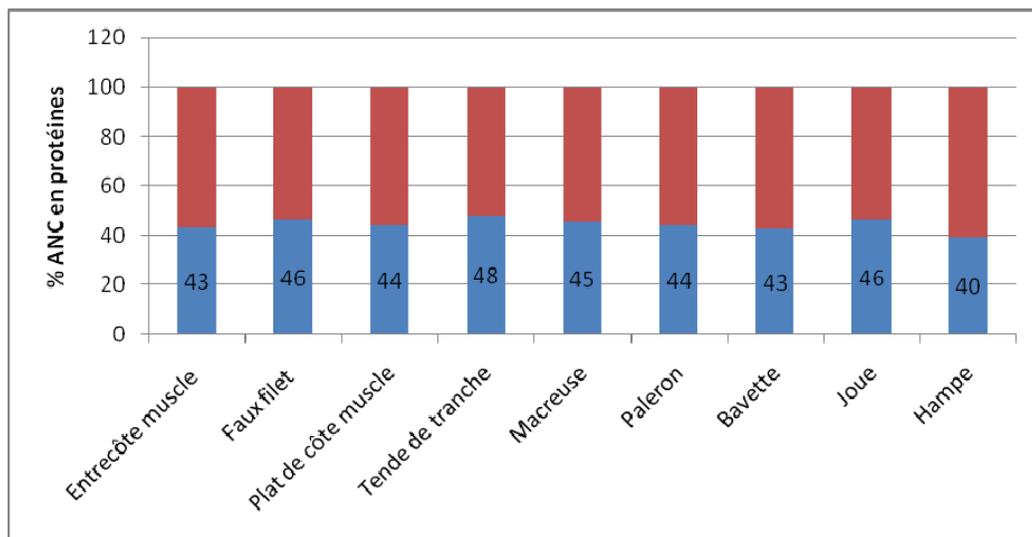


Figure 25. Contribution de 100 g de viande de bœuf à la couverture de l'ANC en protéines (exprimée en % de l'ANC en protéines)

Le muscle ayant la teneur énergétique le plus faible est le tendon de tranche (113 kcal / 100g) et celui ayant la teneur énergétique la plus élevée est l'entrecôte (muscle + déchets d'assiette) qui apporte 162 kcal / 100g (Tableau XIX).

100 g de viande bœuf couvre 6 à 8 % des ANC en énergie d'une femme adulte (Figure 24). La viande de bœuf, si elle est consommée sans le gras visible, participe donc modérément à la couverture des besoins en énergie, indépendamment du morceau (si la portion consommée est de 100 g sans le gras visible).

III.2. Protéines

La viande de bœuf participe fortement à la couverture des ANC en protéines quel que soit le muscle (Figure 25). 100 g de viande de bœuf peuvent permettre de couvrir jusqu'à 48 % des ANC en protéines. Ceci est une caractéristique des viandes.

III.3. Minéraux

Zinc et sélénium

La viande de bœuf permet de couvrir une grande part des ANC en zinc : 100 g de viande permet de couvrir 23 à 57 % des ANC en zinc (Tableau IX).

En ce qui concerne le sélénium, 100 g de viande de bœuf va permettre de couvrir 13 à 29 % de l'ANC (Tableau XIX).

Fer

Les ANC en fer diffèrent considérablement en fonction des hommes et des femmes (Tableau IX). En effet les femmes ont des besoins beaucoup plus élevés du fait des pertes dues aux hémorragies menstruelles.

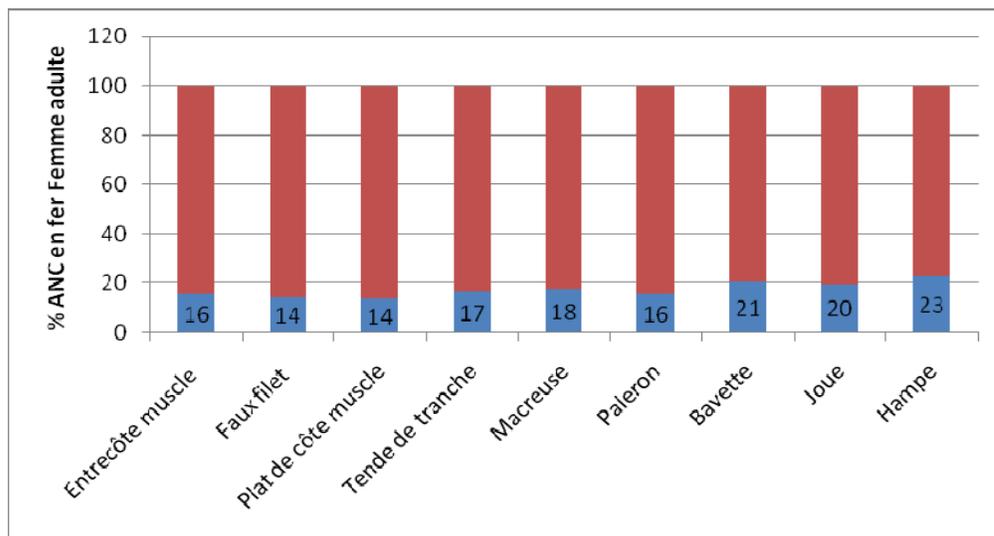


Figure 26. Contribution de 100 g de viande de bœuf à la couverture de l'ANC en fer d'une femme adulte (exprimée en % de l'ANC en fer)

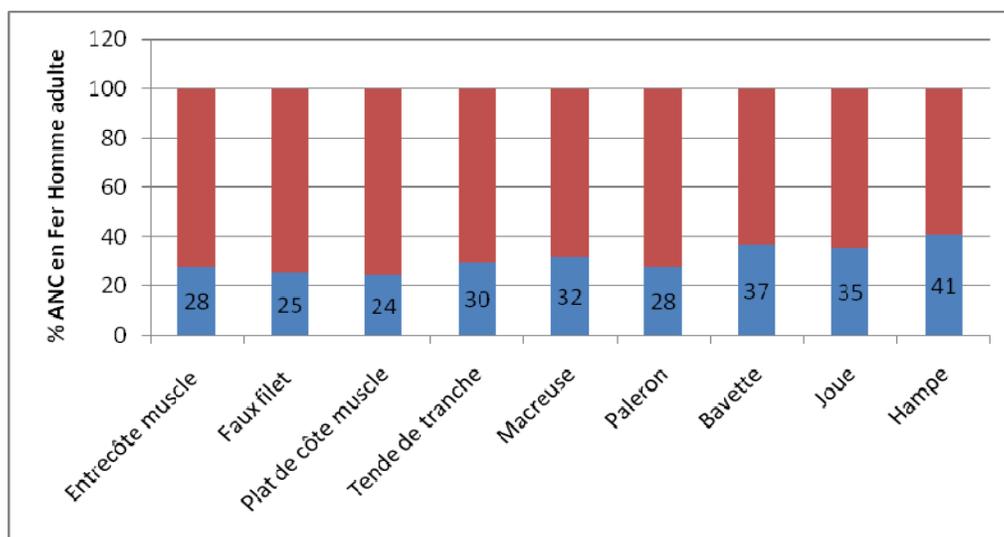


Figure 27. Contribution de 100 g de viande de bœuf à la couverture de l'ANC en fer d'un homme adulte (exprimée en % de l'ANC en fer)

Ainsi, 100g de viande de bœuf va permettre de couvrir 38 à 48 % des ANC pour les hommes en fer alors qu'ils ne permettront de couvrir que 12 à 23 % des ANC pour les femmes (Figure 26 et 27).

III.4. Vitamines

La viande de bœuf permet de couvrir les besoins en vitamines B3, B6 et B12 de manière très variable. La couverture des besoins est très élevée pour la vitamine B3 : 100 g de viande de bœuf permet de couvrir de 33 à 52 % des ANC en vitamine B3 selon les morceaux ou les muscles (Tableau XIX). La couverture de l'ANC en vitamine B6 par 100 g de viande de bœuf est beaucoup plus modérée puisque 100 g de viande couvre de 10 à 34 % des ANC (Tableau XIX). Concernant la vitamine B12, la plupart des muscles permettent de couvrir la totalité de l'ANC (Figure 28). On notera que 100 g de hampe permettent de couvrir deux fois l'ANC en vitamine B12. De même la joue permet de couvrir trois fois l'ANC en vitamine B12.

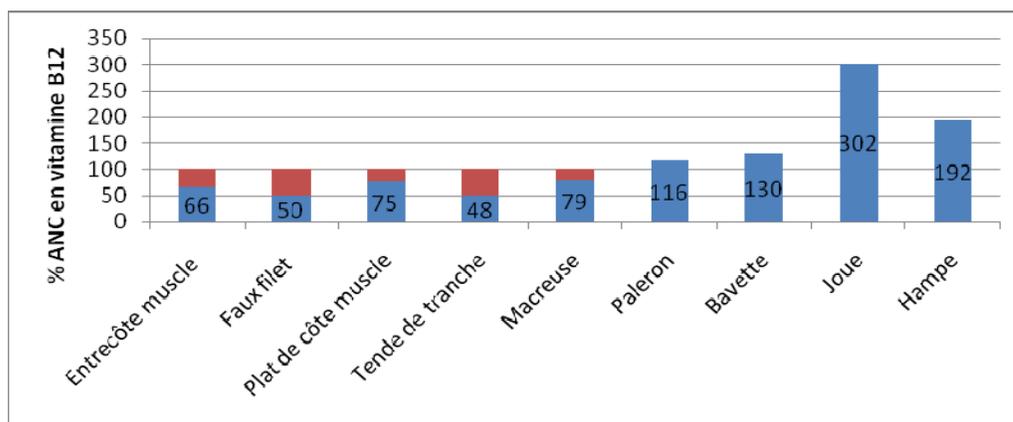


Figure 28. Contribution de 100 g de viande de bœuf à la couverture de l'ANC en vitamine B12 (exprimée en % de l'ANC en vitamine B₁₂)

Tableau XX. Contribution de la consommation de 100 g de viande de bœuf à la couverture des apports nutritionnels conseillés en lipides en tenant compte des valeurs extrêmes de teneur en lipides (valeurs minimales et maximales)

	Teneurs en lipides totaux valeurs moyennes (n = 16)		Teneurs en lipides totaux valeurs minimales ¹ (n = 16)		Teneurs en lipides totaux valeurs maximales ² (n = 16)	
	Teneur g / 100g	% ANC *	Teneur g / 100g	% ANC *	Teneur g / 100g	% ANC*
Entrecôte muscle	8,72	13	4,74	7	13,57	20
Entrecôte morceau	17,05	25	9,44	14	24,12	36
Faux filet	6,74	10	4,05	6	14,24	21
Plat de côte muscle	7,56	11	4,34	6	11,91	18
Plat de côte morceau	23,72	35	12,12	18	36,05	54
Tende de tranche	2,34	3	1,39	2	3,6	5
Macreuse	3,36	5	1,78	3	6,45	10
Paleron	6,54	10	3,18	5	9,17	14
Bavette	5,66	8	2,39	4	13,29	20
Joue	5,02	7	2,89	4	8,4	13
Hampe	8,63	13	5,32	8	15,06	22

* % ANC en lipides (67 g) couvert par la consommation de 100 g de viande

¹ Valeur minimale observée sur les 16 mesures effectuées pour chaque muscle

² Valeur maximale observée sur les 16 mesures effectuées pour chaque muscle

III.5. Lipides

La forte variabilité de teneurs en lipides des différents échantillons pour un même muscle de bœuf devrait être prise en compte lors de l'utilisation en nutrition humaine de valeurs moyennes. Il serait intéressant pour les lipides de la viande d'observer également les valeurs limites (minimales et maximales).

Il existe une forte variabilité individuelle de la teneur en lipides de la viande de bœuf. Ainsi, l'utilisation de valeurs nutritionnelles moyennes comme pour les autres nutriments ne permettrait pas de tenir compte de cette grande variabilité. C'est la raison pour laquelle en ce qui concerne les lipides, il peut être intéressant de tenir compte des valeurs extrêmes (valeurs minimales et maximales observées sur les 16 mesures effectuées pour chaque muscle) afin d'évaluer l'impact de la variabilité sur la couverture des besoins.

La viande de bœuf peut contribuer fortement aux apports en lipides en fonction de l'animal dont le muscle provient. L'écart entre les valeurs extrêmes en lipides est important. Par conséquent la part des ANC couvert par 100 g de viande va fortement varier pour un même muscle (Tableau XX).

Ainsi 100 g de muscle d'entrecôte ayant la teneur moyenne en lipides la plus élevée va pouvoir couvrir en fonction de l'animal dont elle provient entre 7 % et 20 % des ANC en lipides.

Par conséquent, il peut être plus judicieux de tenir compte des valeurs extrêmes plutôt que des valeurs moyennes lorsque l'on s'intéresse aux teneurs en lipides de la viande de bœuf.

III.6. Acides gras

La viande de bœuf peut contribuer de manière importante aux apports en acides gras saturés. Les AGS doivent être limités dans l'alimentation afin de prévenir les maladies cardio-vasculaires. Le fait de découper le gras visible et de ne pas le consommer pourrait permettre de diminuer les apports en acides gras saturés. La viande de bœuf n'apporte pas des quantités importantes d'AG essentiels (linoléique et α -linoléique), cependant elle peut être une source intéressante d'AGPI-LC.

Tableau XXI. Parts des ANC en acide gras couverts par la consommation de 100 g de viande de bœuf

	AGS		AGMI		AL		ALA		AGPI-LC		DHA		AGT	
ANC (% AET)	8%		20%		4%		0,80%		0,20%		0,05%		< 2 %	
ANC (mg / jour)	18000		22000		9000		1800		440		110		< 4400	
	Teneur mg / 100g (n = 16)	% ANC												
Entrecôte muscle	3880	22	3331	15	130	1,4	31	1,7	79	18	0	0	234	5,3
Entrecôte muscle + déchet d'assiette	8061	45	6365	29	189	2,1	53	2,9	93	21	0	0	497	11,3
Faux filet	1696	9	1700	8	84	0,9	18	1,0	83	19	0	0	84	1,9
Plat de côte muscle	3171	18	2991	14	106	1,2	25	1,4	119	27	1	0,91	189	4,3
Plat de côte muscle + déchet d'assiette	10642	59	9562	43	216	2,4	60	3,3	126	29	0	0	662	15,0
Tende de tranche	799	4	817	4	68	0,8	14	0,8	96	22	2	1,82	46	1,0
Macreuse	1229	7	1215	6	93	1,0	18	1,0	110	25	2	1,82	73	1,7
Paleron	2586	14	2605	12	134	1,5	31	1,7	125	28	1	0,91	180	4,1
Bavette	2200	12	2256	10	133	1,5	28	1,6	108	25	1	0,91	135	3,1
Joue	1812	10	1750	8	232	2,6	40	2,2	203	46	6	5,45	132	3,0
Hampe	3906	22	2956	13	191	2,1	39	2,2	164	37	2	1,82	229	5,2

Les ANC en lipides limitent la part des lipides à 30-35 % de l'AET et précisent les teneurs en acides gras à atteindre (Tableau VIII). Les ANC ont pour objectif de limiter l'apport en AGS et AGT et de favoriser l'apport en acides gras essentiels (acide linoléique et acide α -linoléique) et en AGPI-LC (Martin *et al.*, 2001).

Le tableau XXI montre que la viande de bœuf peut couvrir une part importante des ANC en AGS surtout pour les morceaux qui peuvent être consommés avec le gras (entrecôte et plat de côte muscles + déchets d'assiette : 45 % de l'ANC en AGS pour 100 g de morceau d'entrecôte et 59 % pour 100 g de morceau de plat de côte). Certains muscles, les plus maigres, ont un apport modéré en AGS comme le tendre de tranche et contribuent faiblement à la couverture des apports en acides gras saturés (4 % de l'ANC couvert pour 100 g de tendre de tranche, 7 % de l'ANC couvert pour 100 g de macreuse).

Concernant les AGPI, la viande de bœuf ne permet pas de couvrir une part significative des ANC en AL, AAL et DHA (Tableau XXI). Par contre, il est intéressant de noter que la viande de bœuf permet de couvrir une part importante des ANC en AGPI-LC (jusqu'à 46 % de l'ANC couvert pour 100 g de joue).

Conclusion

Les données Inra 2007 pour le CIV ont été établies selon un protocole rigoureux et ont l'ambition de fournir des valeurs fiables sur les morceaux de viande bovine les plus consommés en France.

L'analyse des résultats a permis de montrer que les valeurs nutritionnelles des muscles de bœuf ne varient pas en fonction de la race bovine. Par contre, il semblerait que la race ait un effet sur la quantité de tissu adipeux entourant les morceaux (déchets d'assiette).

Le type métabolique des fibres musculaires est un facteur important de variation des teneurs en certains nutriments de la viande bovine (fer, sélénium, vitamine B12). Lorsque la variabilité entre les muscles n'est pas expliquée par le type métabolique, la variabilité des teneurs en nutriments est liée à la localisation du muscle dans la carcasse (lipides, vitamines B3 et B6).

La viande bovine est très souvent critiquée pour ses teneurs élevées en lipides. Or l'analyse des résultats permet de montrer que les muscles débarrassés du tissu adipeux qui les entourent apportent en moyenne 6 % de lipides ce qui d'un point de vue nutritionnel peut représenter une contribution modérée aux apports conseillés en lipides. Cette observation doit être nuancée. Il faut en effet tenir compte de la forte variabilité des teneurs en lipides en fonction d'une part de l'animal et d'autre part de la localisation du muscle dans la carcasse. Cette forte variabilité nous amène à conseiller d'utiliser pour les lipides de la viande, en plus des moyennes, les valeurs minimales et maximales. De plus si l'on considère les morceaux (muscles + déchets d'assiette), les teneurs en lipides et plus particulièrement en acides gras saturés sont beaucoup plus élevées. Ce qui montre l'intérêt nutritionnel de découper le gras entourant les morceaux de viande et de ne pas le consommer.

L'analyse détaillée des acides gras permet de montrer un effet du type métabolique des muscles sur les teneurs en acides gras polyinsaturés. Cependant les acides gras essentiels (acide linoléique et alpha-linolénique) ne sont pas présents en quantité intéressante d'un point de vue nutritionnel dans la viande de boeuf. Par contre, la teneur en DPA (précurseur du DHA) est particulièrement intéressante dans la viande de bœuf bien que son rôle nutritionnel ne soit pas encore bien connu.

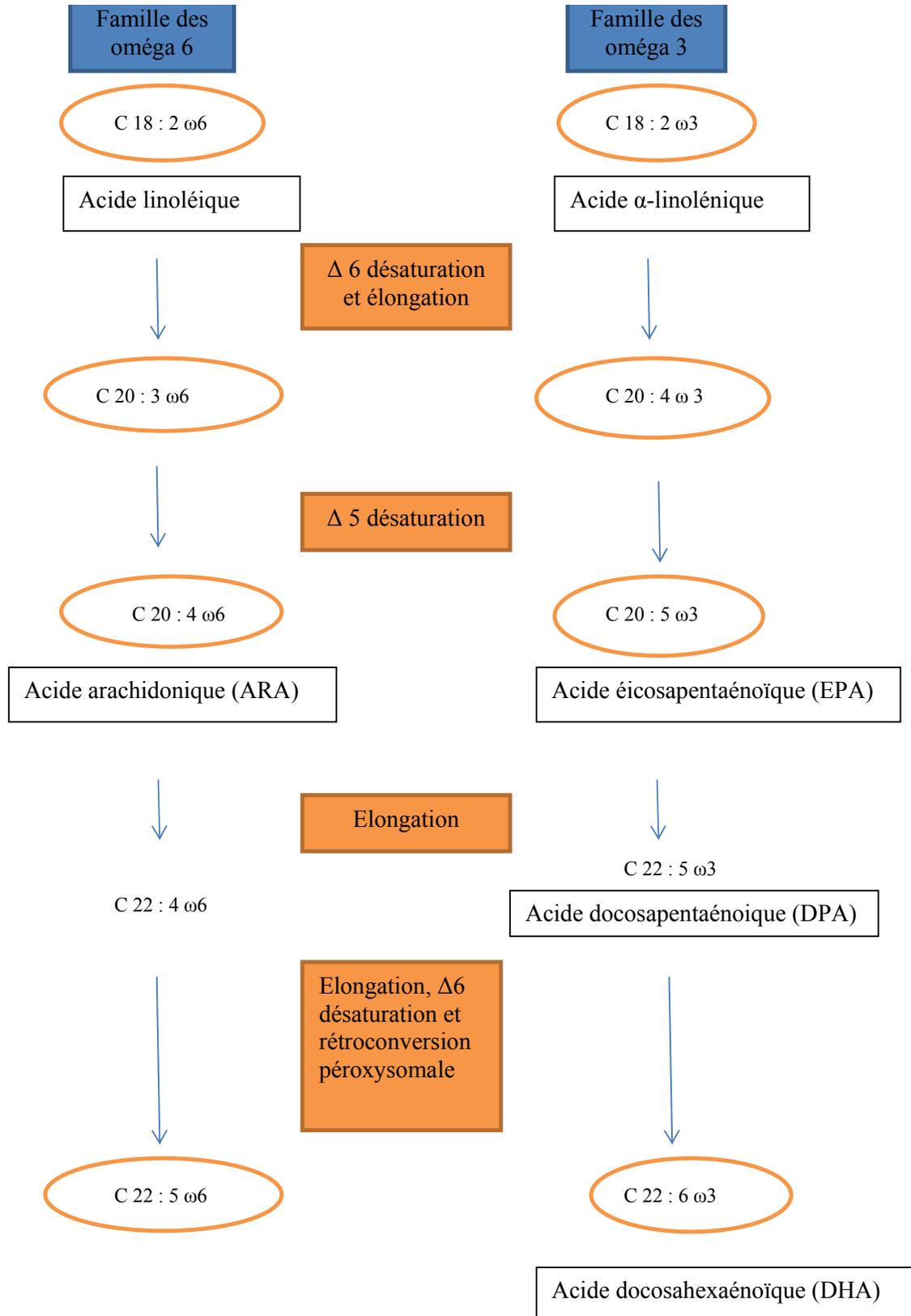
De manière générale, la viande de bœuf est un aliment capable de couvrir une part importante de nos besoins nutritionnels en divers nutriments indispensables. Elle peut couvrir une part très importante des besoins en fer, zinc et vitamine B12 et cette caractéristique est à prendre en compte pour conseiller les populations à risque de carence.

Ces données actualisées sur la composition nutritionnelle de la viande de bœuf sont importantes pour la filière bovine car elles permettent de fournir des données fiables qui seront utiles pour l'information du consommateur, les professionnels de santé, les chercheurs....

Ces données devront être complétées par des données sur l'effet de la cuisson sur la composition nutritionnelle de la viande de bœuf.

Annexes

Annexe 1. Voies de biosynthèse des AGPI à longue chaîne à partir des AGPI précurseurs indispensables



Annexe 2. Apports journaliers recommandés (AJR) pour les vitamines et minéraux d'intérêt nutritionnel dans la viande de bœuf selon la directive 2008/100/EC

	AJR
Fer (mg)	14
Zinc (mg)	10
Selenium(μg)	55
Vitamine B3 (mg)	16
Vitamine B6 (mg)	1,4
Vitamine B12 (μg)	2,5

Annexe 3. Définition des sommes d'acides gras utilisées dans les annexes 4 à 9

Somme des AGS linéaires : somme de tous les acides gras saturés dont la chaîne carbonée est linéaire de type pair et impair.

Somme des AGS ramifiés : somme de tous les acides gras saturés dont la chaîne carbonée contient au moins une ramification méthyle.

Somme des AGS totaux : somme des acides gras saturés linéaires + acides gras saturés ramifiés.

Somme des AGMI cis : somme de tous les acides gras ayant une seule double liaison et cette double liaison est de configuration géométrique cis.

Somme des AGMI trans : somme de tous les acides gras ayant une seule double liaison et cette double liaison est de configuration géométrique trans.

Somme des AGMI totaux : somme des AGMI cis + AGMI trans.

Somme des AGPI n-6 : somme de tous les acides gras insaturés de la série n-6 ayant au moins 2 doubles liaisons

Somme des AGPI n-3 : somme de tous les acides gras de la série n-3 ayant au moins 2 doubles liaisons

Somme des AGPI-LC n-3 : somme de tous les AGPI de la série n-3 dont le nombre de carbone est supérieur ou égal à 20

Somme des AGPI-LC n-6 : somme de tous les AGPI de la série n-6 dont le nombre de carbone est supérieur ou égal à 20

Somme des AGPI-LC : somme de tous les AGPI de séries n-6 et n-3 dont le nombre de carbone est supérieur ou égal à 20

Somme des AGPI cis : somme de tous les AGPI dont toutes les doubles liaisons sont de configuration cis.

Somme des AGPI trans : somme de tous les AGPI dont au moins une des doubles liaisons est de configuration trans. Pour la viande de bœuf, il s'agit de la somme AGPI n-6 trans + ALC.

Somme AGPI totaux : somme AGPI n-6 + somme AGPI n-3 + somme ALC

Somme des ALC : somme des tous les acides gras isomères conjugués de l'acide linoléique c'est-à-dire les acides octadécadiénoïques dont les doubles liaisons sont conjuguées. Pour la viande de bœuf, les ALC ont tous au moins une double liaison de configuration géométrique trans.

Somme des acides gras trans : somme de tous les acides gras ayant au moins une double liaison en configuration trans. Pour la viande de bœuf il s'agit des AGMI trans + AGPI n-6 trans + ALC.

Annexe 4. Composition en acides gras saturés des lipides de la viande de bœuf (en % des acides gras totaux)

	Morceau								
	Bavette	Entrecôte	Faux Filet	Hampe	Joue	Macreuse	Paleron	Plat de Côte	Tende de Tranche
C 12 :0	0,08 b	0,09 c	0,08 b	0,07 b	0,09 c	0,08 b	0,08 b	0,08 b	tr
C 13 :0	0,04	tr	0,01	tr	tr	0,03	tr	0,04	0,04
C 14 :0	3,01 cd	3,30 de	3,15 de	2,73 bc	2,43 ab	2,75 bc	2,82 c	3,40 e	2,34 a
C 15 :0	0,47 cd	0,54 de	0,44 cde	0,41 bc	0,53 de	0,37 ab	0,48 cd	0,44 c	0,34 a
C 16 :0	26,03 b	29,13 cd	28,28 cd	25,65 b	21,24 a	26,11 b	25,54 b	27,80 c	25,65 b
C 17 :0	1,24 c	1,33 cd	1,12 b	1,38 d	1,58 e	1,05 ab	1,29 c	1,12 b	0,97 a
C 18 :0	13,45 abc	15,46 cd	13,28 ab	21,43 e	16,51 d	13,40 abc	14,54 c	13,33 bc	12,78 a
C 20 :0	0,11 b	0,13 d	0,12 cd	0,16 e	0,09 a	0,11 bc	0,11 bc	0,13 d	0,12 bc
C 22 :0	0,08 d	0,03 b	0,06 c	0,08 d	0,01 a	0,10 e	0,07 d	0,04 b	0,13 f
C 23 :0	0,05 c	tr c	tr c	tr c	0,12 a	tr c	tr c	tr c	tr c
C 24 :0	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr
∑ Saturés linéaires	44,57 b	50,01 e	46,54 cd	51,90 f	42,59 a	44,00 ab	44,97 bc	47,37 d	42,37 a
Iso 13	tr c	tr c	tr c	tr c	tr c	0,02 a	tr c	tr c	0,01 b
Iso 14	0,04 b	0,07 c	0,04 b	0,05 b	0,04 b	0,04 b	0,05 b	0,04 b	0,01 a
Iso 15	0,15 b	0,20 d	0,17 c	0,17 c	0,13 ab	0,13 a	0,17 c	0,18 c	0,12 a
Anté Iso15	0,17 bc	0,23 d	0,18 c	0,21 cd	0,21 cd	0,16 ab	0,20 c	0,20 c	0,15 a
Iso 16	0,23 bc	0,28 d	0,23 bc	0,24 c	0,25 cd	0,21 ab	0,26 cd	0,24 c	0,20 a
Iso 17	0,53 b	0,52 b	0,46 a	0,50 b	0,66 c	0,46 a	0,53 b	0,45 a	0,44 a
Anté Iso 17	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr
Iso 18	0,17 abc	0,16 b	0,17 abc	0,19 c	0,18 c	0,17 abc	0,20 c	0,18 abc	0,16 a
Acide phytanique	0,14 de	0,08 ab	0,15 e	0,06 a	0,09 bc	0,13 de	0,14 de	0,15 e	0,12 cd
∑ Saturés ramifiés	1,43 c	1,52 de	1,41 bc	1,45 cd	1,57 e	1,31 ab	1,56 de	1,46 cde	1,20 a
∑ Saturés totaux	46,00 c	51,53 f	47,95 de	53,35 f	44,16 ab	45,31 bc	46,53 cd	48,83 e	43,57 a

Sur la même ligne, les moyennes avec des lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5%.

Annexe 5. Composition en acides gras monoinsaturés des lipides de la viande de bœuf (en % des acides gras totaux)

	Morceau								
	Bavette	Entrecôte	Faux Filet	Hampe	Joue	Macreuse	Paleron	Plat de Côte	Tende de Tranche
C 13 :1Δ9	0,01 ab	tr a	tr a	tr a	0,05 c	0,01 ab	Tr a	Tr a	0,02 b
C 14 :1Δ9	0,72 de	0,55 bc	0,80 ef	0,30 a	0,44 b	0,59 c	0,61 cd	0,85 f	0,48 bc
C 16 :1Δ9	4,62 e	3,54 c	4,70 e	2,33 a	2,95 b	4,08 d	3,89 cd	4,55 e	3,80 c
C 17 :1Δ8-9	1,07 e	0,83 bc	0,88 c	0,72 a	1,10 e	0,95 d	1,02 e	0,81 b	1,17 f
C 18 :1Δ9	35,89 bcd	34,83 b	36,54 cd	32,89 a	33,05 a	35,27 bc	37,02 cd	35,77 bc	35,55 bc
C 18 :1Δ11	1,88 e	1,31 b	1,47 c	1,10 a	2,10 f	1,56 cd	1,54 cd	1,39 bc	1,59 d
C 18 :1Δ12	0,21 e	0,19 d	0,16 ab	0,16 ab	0,32 f	0,16 ab	0,17 bc	0,17 bcd	0,15 a
C 18 :1Δ13	0,21 cd	0,22 c	0,29 ef	0,17 a	0,21 b	0,27 e	0,29 ef	0,31 f	0,25 cde
C 18 :1Δ14	0,08 b	0,15 c	0,08 b	tr a	0,13 c	tr a	tr a	tr a	tr a
C 18 :1Δ15	tr a	0,10 c	tr a	0,06 b	tr a	tr a	0,01 a	0,09 c	0,05 b
C 20 :1Δ12	0,10 c	0,11 c	0,12 d	0,09 b	0,08 a	0,10 c	0,10 c	0,12 d	0,11 c
C 20 :1Δ9	0,17 b	0,15 ab	0,15 abc	0,15 ab	0,16 abcd	0,16 abcd	0,16 abcd	0,18 bcd	0,17 cd
C 22 :1Δ13	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr
C 24 :1Δ15	tr	tr	0,01	tr	tr	tr	tr	tr	tr
Σ AGMI cis	44,95 d	41,99 bc	45,24 d	37,99 a	40,58 b	43,13 c	44,81 d	44,24 cd	43,29 c
C 16 :1Δ9 trans	0,95 ab	0,95 ab	0,91 a	1,07 c	1,05 c	0,96 ab	1,07 c	0,92 a	0,90 a
C 18 :1Δ9 trans	0,26 b	0,21 a	0,27 bc	0,29 bc	0,30 bc	0,28 bc	0,31 c	0,30 bc	0,30 bc
C 18 :1Δ10-11 trans	0,75 b	1,02 c	0,79 bc	0,89 cd	0,94 de	0,61 a	0,81 bc	0,82 bc	0,53 a
C 18 :1Δ12 trans									
Σ AGMI trans	1,97 bc	2,24 e	1,97 bc	2,25 e	2,29 e	1,85 ab	2,19 de	2,04 cd	1,73 a
Σ AGMI totaux	46,91 e	44,23 bc	47,12 e	40,22 a	42,87 b	44,98 cd	47,00 e	46,27 de	45,02 cd

Sur la même ligne, les moyennes avec des lettres différentes diffèrent significativement au seuil de 5%.

Annexe 6. Composition en acides gras polyinsaturés des lipides de la viande de bœuf (en % des acides gras totaux)

	Morceau								
	Bavette	Entrecôte	Faux Filet	Hampe	Joue	Macreuse	Paleron	Plat de Côte	Tende de Tranche
C 18 :2 n-6 t,t	0,18 c	0,15 ab	0,15 ab	0,14 a	0,19 cd	0,17 bcd	0,19 cd	0,16 bc	0,15 ab
C 18 :2 n-6 t,cis	0,09 a	0,20 e	0,12 b	0,18 de	0,14 bc	0,16 c	0,18 d	0,15 c	0,15 c
C 18 :2 n-6 cis,t	0,26 b	0,28 bc	0,26 b	0,26 b	0,27 bcd	0,25 b	0,29 d	0,26 b	0,23 a
∑ AGPI n-6 trans	0,53 a	0,63 cd	0,54 ab	0,58 bc	0,59 bc	0,58 ab	0,65 d	0,57 ab	0,54 ab
C 18 :2 n-6	3,01 c	1,80 a	1,81 a	2,68 bc	5,84 e	3,70 d	2,49 b	1,69 a	4,01 d
C 18 :3 n-6	tr a	tr a	tr a	tr a	0,03 c	0,02 b	0,01 a	tr a	tr a
C 20 :2 n-6	0,03 b	0,02 a	0,02 a	0,04 b	0,06 c	0,05 bc	0,05 bc	0,04 b	0,07 cd
C 20 :3 n-6	0,32 c	0,16 a	0,22 ab	0,24 ab	0,52 d	0,48 d	0,29 bc	0,24 ab	0,64 e
C 20 :4 n-6	0,71 b	0,36 a	0,44 a	0,79 b	2,15 e	1,46 c	0,78 b	0,59 ab	1,84 d
C 22 :2 n-6	tr a	0,04 c	tr a	tr a	tr a	0,02 b	tr a	0,01 a	tr a
C 22 :4 n-6	0,20 b	0,09 a	0,12 a	0,19 bc	0,32 d	0,26 c	0,18 b	0,13 a	0,33 d
∑ AGPI n-6 LC cis	1,27 b	0,66 a	0,80 ab	1,26 b	3,08 a	2,29 c	1,30 b	1,01 ab	2,88 d
∑ AGPI n-6 cis	4,28 b	2,46 a	2,61 a	3,94 b	8,93 e	5,99 c	3,79 b	2,69 a	6,89 d
∑ AGPI n-6 cis + trans	4,81 b	3,09 a	3,14 a	4,53 b	9,52 e	6,56 c	4,44 b	3,27 a	7,42 d
C 18 :3 n-3	0,61 bc	0,42 a	0,43 a	0,53 b	0,99 e	0,71 c	0,56 b	0,39 a	0,81 d
C 20 :3 n-3	0,01 a	0,01 a	0,13 c	0,08 b	0,03 ab	0,13 c	0,05 ab	0,07 b	0,16 c
C 20 :4 n-3	0,08 b	0,01 a	0,07 bc	0,07 b	0,13 d	0,15 d	0,09 bcd	0,09 bcd	0,18 e
C 20 :5 n-3	0,25 b	0,09 a	0,20 b	0,23 b	0,39 c	0,48 d	0,20 b	0,19 b	0,72 f
C 22 :5 n-3	0,94 c	0,35 a	0,56 abc	0,74 bc	1,44 cd	1,29 d	0,78 c	0,57 b	1,71 e
C 22 :6 n-3	0,04 b	tr a	0,02 ab	0,03 ab	0,15 d	0,10 c	0,02 ab	0,01 ab	0,13 d
∑ AGPI n-3 LC cis	1,33 c	0,47 a	0,98 b	1,14 bc	2,14 d	2,15 d	1,15 bc	0,93 b	2,91 e
∑ AGPI n-3 cis	1,94 d	0,89 a	1,41 b	1,67 bcd	3,14 e	2,85 e	1,70 bcd	1,31 bc	3,72 f
∑ AGPI LC n-6 + n-3	2,60 d	1,13 a	1,78 abc	2,40 cd	5,23 f	4,44 e	2,44 cd	1,93 bcd	5,79 f
-c-11 t ALC	0,31de	0,26 ab	0,31 de	0,23 a	0,31 de	0,29 cd	0,33 e	0,31 de	0,27 bc
-c-13 t ALC	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr
c,cALC	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr
t,t ALC	0,02 bc	0,02 b	0,03 bc	0,04 c	0,03 bc	tr a	0,03 bc	0,08 b	tr a
∑ ALC	0,35 c	0,28 a	0,34 c	0,27 a	0,34 c	0,29 ab	0,35 c	0,32 bc	0,27 a
∑ AGPI trans	0,88 abc	0,91 bc	0,87 abc	0,85 ab	0,93 c	0,87 abc	1,01 d	0,89 bcd	0,81 a
∑ AGMI+AGPI trans	2,85 b	3,15 cd	2,84 bc	3,09 cd	3,22 d	2,72 ab	3,19 d	2,93 bcd	2,54 a
∑ CLA + trans	2,85 b	3,15 d	2,84 b	3,09 cd	3,22 d	2,72 ab	3,20 d	2,93 bc	2,54 a
∑ AGPI cis	6,23 b	3,35 a	4,02 a	5,62 b	12,07 e	8,84 c	5,49 b	4,01 a	10,60 d
∑ AGPI cis+trans	7,11 b	4,26 a	4,90 a	6,46 b	13,00 e	9,71 c	6,50 b	4,91 a	11,42 d

Sur la même ligne, les moyennes avec des lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5%.

Annexe 7. Composition en acides gras saturés des lipides de la viande de bœuf (en mg pour 100g de tissu frais)

Acides gras (mg/100g)	Morceau								
	Bavette	Acides gras (mg/100g)	Faux Filet	Hampe	Joue	Macreuse	Paleron	Plat de Côte	Tende de Tranche
C 12 :0	4 bcd	12 :0	3 de	5 b	4 cde	2 de	4 b	5 b	< 1 f
C 13 :0	2 a	13 :0	<1 c	<1 c	<1 c	1 b	<1 c	2 a	1 b
C 14 :0	147 cd	14 :0	104 de	197 b	100 de	76 ef	154 c	224 ab	44 f
C 15 :0	23 bc	15 :0	13 d	32 b	22 c	10 d	28 bc	29 bc	6 a
C 16 :0	1251 cd	16 :0	1009 de	1882 b	872 e	710 ef	1417 e	1806 b	474 f
C 17 :0	59 b	17 :0	35 c	105 a	65 b	28 c	74 b	72 b	18 c
C 18 :0	636 de	18 :0	478 ef	1557 a	678 de	360 fg	809 cd	928 c	229 g
C 20 :0	5 cd	20 :0	4 de	12 a	4 de	3 e	6 c	8 b	2 e
C 22 :0	3 b	22 :0	2 c	5 a	<1 d	3 c	4 b	2 c	2 c
C 23 :0	2 b	23 :0	1 c	<1 d	5 a	<1 d	<1 d	<1 d	<1 d
C 24 :0	<1 b	24 :0	<1 b	<1 b	<1 b	<1 b	1 a	<1 b	<1 b
∑Saturés linéaires	2133 cd	Saturés linéaires	1650 de	3795 a	1749 de	1194 ef	2497 c	3076 b	777 f
Iso 14	2 cd	Iso 14	4 ab	4 ab	1 de	1 de	3 bc	3 bc	<1 e
Iso 15	7 c	Iso 15	5 cd	13 a	6 cd	4 de	1à b	1é ab	2 e
Anté Iso15	8 c	Anté Iso15	5d	16 a	8 c	4 e	12 b	13 b	3 d
Iso 16	10 c	Iso 16	6 d	19 ab	10 c	6 d	15 b	16 ab	4 d
Iso 17	25 b	Iso 17	16 c	38 a	27 b	12 cd	30 b	29 b	8 d
Anté Iso 17	<1 b	Anté Iso 17	<1 b	2 a	<1 b	<1 b	1 a	2 a	<1 b
Iso 18	8 c	Iso 18	5 cd	15 a	7 c	4 d	11 b	11 b	3 d
Acide phytanique	7 bc	Acide phytanique	5 cde	5 cde	4 de	4 de	8 b	10 a	2 e
∑Saturés ramifiés	68 b	Saturés ramifiés	46 bc	111 a	64 b	35 cd	89 a	94 a	22 d
∑Saturés totaux	2200 cd	Saturés totaux	1696 de	3906 a	1812 de	1229 ef	2586 c	3171 b	799 f

Sur la même ligne, les moyennes avec des lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5%.

Annexe 8. Composition en acides gras monoinsaturés des lipides de la viande de bœuf (en mg pour 100g de tissu frais)

	Morceau								
	Bavette	Entrecôte	Faux Filet	Hampe	Joue	Macreuse	Paleron	Plat de Côte	Tende de Tranche
C 13 :1Δ9	tr b	tr b	tr b	tr b	2 a	tr b	tr b	tr b	tr b
C 14 :1Δ9	35 bc	42 b	25 cd	21 d	17 de	16 de	33 bc	56 a	9 e
C 16 :1Δ9	228 bc	271 ab	164 cd	167 cd	120 de	113 de	212 bc	296 a	71 e
C 17 :1Δ8-9	50 ab	61 a	33 c	54 ab	45 b	25 c	57 ab	52 ab	21 c
C 18 :1Δ9	1724 c	2624 a	1342 de	2419 ab	1350 de	951 ef	2054 bc	2310 ab	643 f
C 18 :1Δ11	89 a	98 a	50 b	81 a	85 a	41 bc	85 a	89 a	29 c
C 18 :1Δ12	10 bc	14 a	4 d	12 abc	13 ab	4 d	16 b	20 a	4 e
C 18 :1Δ13	10 de	16 b	10 c	12 c	8 cd	7 de	tr d	tr d	tr d
C 18 :1Δ14	4 c	11 a	3 c	tr d	6 b	tr d	tr d	tr d	tr d
C 18 :1Δ15	tr d	7 a	1 d	4 c	tr d	tr d	tr d	6 b	1 d
C 20 :1Δ12	5 de	8 a	4 ef	6 bc	3 fg	3 fg	6 de	8 ab	2 g
C 20 :1Δ9	8 bc	11 d	9 c	11 d	6 b	4 a	9 c	11 d	3 a
C 22 :1Δ13	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr
C 24 :1Δ15	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr
Σ AGMI cis	2163 cd	3165 a	1642 de	2789 ab	1655 de	1165 ef	2481 bc	2860 ab	785 f
C 16 :1Δ9 trans	45 c	69 ab	29 d	80 a	43 c	26 a	60 b	59 b	16 d
C 18 :1Δ9 trans	12 cd	16 bc	8 de	22 a	12 cd	8 de	18 ab	19 ab	5 e
C 18 :1Δ10-11 trans	36 c	77 a	21 d	65 a	39 c	17 d	46 bc	53 b	10 d
Σ AGMI trans	93 c	166 a	57 d	167 a	94 c	50 d	124 bc	130 b	31 d
Σ AGMI totaux	2256 cd	3331 a	1700 de	2956 ab	1750 de	1215 ef	2605 bc	2991 ab	817 f

Sur la même ligne, les moyennes avec des lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5%.

Annexe 9. Composition en acides gras polyinsaturés des lipides de la viande de bœuf (en mg pour 100g de tissu frais)

	Morceau								
	Bavette	Entrecôte	Faux Filet	Hampe	Joue	Macreuse	Paleron	Plat de Côte	Tende de Tranche
C 18 :2 n-6 t,t	9 ab	11 a	5 c	10 ab	8 b	5 c	10 ab	10 ab	3 c
C 18 :2 n-6 t,cis	4 de	15 a	6 d	13 b	6 d	4 de	10 c	10 c	3 e
C 18 :2 n-6 cis,t	12 c	21 a	7 d	19 ab	11 c	7 d	16 b	17 b	4 d
∑ AGPI n-6 trans	25 c	47 a	17 cd	42 ab	24 c	16 d	36 b	37 b	10 d
C 18 :2 n-6	133 c	130 c	84 de	191 b	232 a	93 de	134 c	106 cd	68 e
C 18 :3 n-6	tr b	tr b	tr b	tr b	1 a	tr b	tr b	tr b	tr b
C 20 :2 n-6	1 b	1 b	1 b	3 a	2 a	1 b	3 a	3 a	1 b
C 20 :3 n-6	14 cd	12 de	12 de	17 b	20 a	12 de	15 bc	15 bc	11 e
C 20 :4 n-6	29 ef	25 f	34 cde	53 b	83 a	36 cd	39 c	36 cd	30 def
C 22 :2 n-6	tr b	2 a	tr b	tr b	tr b	1 b	tr b	tr b	tr b
C 22 :4 n-6	8 b	6 c	4 d	13 a	13 a	7 c	9 b	8 b	6 c
∑ AGPI n-6 LC cis	53 ef	46 f	50 ef	86 b	119 a	56 de	66 c	62 cd	48 ef
∑ AGPI n-6 cis	186 cd	177 cd	135 ef	277 b	351 a	150 de	200 c	168 cd	116 f
∑ AGPI n-6 cis + trans	211 c	223 c	152 de	319 b	376 a	166 d	236 c	205 c	125 e
C 18 :3 n-3	28 b	31 b	18 cd	39 a	40 a	18 cd	31 b	25 bc	14 d
C 20 :3 n-3	tr ed	1 cd	tr e	5 a	1 d	3 c	3 c	4 b	3 c
C 20 :4 n-3	4 cd	1 e	4 bcd	4 abcd	5 ab	4 bcd	5 ab	6 a	3 d
C 20 :5 n-3	11 b	7 c	10 b	15 a	15 a	12 b	10 b	12 b	12 b
C 22 :5 n-3	39 c	24 f	18 g	51 b	57 a	32 de	40 c	35 cd	28 ef
C 22 :6 n-3	1 bcd	tr d	tr d	2 b	6 a	2 b	1 cd	1 d	2 bc
∑ AGPI n-3 LC cis	55 bc	32 d	32 d	78 a	84 a	53 bc	59 b	57 b	48 c
∑ AGPI n-3 cis	83 bc	63 de	51 e	117 a	124 a	71 cd	89 b	82 bc	62 de
∑ AGPI LC n-6 + n-3	108 de	79 f	83 f	164 b	203 a	110 de	125 c	119 cd	96 e
-c-11 t ALC	15 ab	19 a	9 c	17 ab	12 b	8 c	18 a	20 a	5 c
-c-13 t ALC	1 a	tr b	tr b						
c,cALC	tr	tr							
t,t ALC	1 b	2 b	tr c	3 a	1 b	tr c	2 b	1 b	tr c
∑ ALC	17 ab	21 a	9 c	19 a	14 b	9 c	20 a	21 a	5 c
∑ AGPI trans	42 b	68 a	26 c	62 a	38 b	23 c	56 a	57 a	15 c
∑ ALC + trans	135 c	234 a	84 d	229 a	132 c	73 d	180 b	189 b	46 d
∑ AGPI cis	269 cd	240 d	135 f	394 b	475 a	222 d	290 c	250 cd	178 e
∑ AGPI cis+trans	311 c	308 c	212 d	456 b	514 a	245 d	346 c	308 c	193 d

Sur la même ligne, les moyennes avec des lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5%.

Bibliographie

- AFSSA, 2005. Risques et bénéfices pour la santé des acides gras trans apportés par les aliments. AFSSA, 217p.
- AFSSA, 2007. Apports en protéines : consommation, qualité, besoin et recommandation. AFSSA, 461p.
- Ashmore C.R., Doerr L, 1971. Postnatal development of fiber types in normal and dystrophic skeletal muscle of the chick. *Exp. Neurol.*, 30, 431-446.
- Bartlett G.R, 1959. Phosphorus assay in column chromatography. *J Biol Chem*, 234, 466-468.
- Cassens R.G et Cooper C.C, 1971. Red and white muscle. *Adv Food Res*, 19, 1-74.
- CREDOC pour CIV, 2008. *La place des produits carnés dans l'alimentation des français, synthèse des résultats des enquêtes du Credoc : Inca 1999, CCAF 2003 et CCAF 2007*. Etude non publiée.
- Dallongeville J, Gruson E et Dauchet L, 2008. Acides gras alimentaires et risque cardio-vasculaire. *Cah. Nutr. Diét.*, 43, HS 1 : 1S52-1S57.
- De Smet S, Raes K, Demeyer D, 2004. Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: a review. *Anim Res*, 53, 81-98.
- Ducros V, et Favier A, 1992. Gas chromatographic-mass spectrometric method for the determination of selenium in biological samples. *J Chromat*, 583, 35-44.
- Ducros V, Ruffieux D, Belin N, Favier A, 1994. Comparison of two digestion methods for the determination of selenium in biological samples. *Analyst*, 119, 1715-1717.
- Evrat-Goergel C, 2005. *Etude préalable sur la construction d'une table de composition nutritionnelle des produits carnés (viande et abats de ruminants)*. Etude CIV OFIVAL, Institut de l'élevage, Compte-rendu 170532016, 153 p.
- Folch J, Lees M, Sloane-Standley G.R, 1957. A simple method for isolation and purification of total lipids from animals tissues. *J. Biol. Chem.* 226, 497-509.
- Gandemer G, 1990. Les phospholipides des muscles : composition et altération au cours des traitements technologiques. *Rev. Fr. Corps Gras*, 37, 3-4 : 75-81.
- Gandemer G, 1992. Les lipides de la viande : vers une estimation précise de leurs apports nutritionnels dans l'alimentation de l'homme. *Cahiers de l'ENSBANA*, 8, 25-48.
- Gandemer G, 1995. Qualité nutritionnelle des lipides de la viande bovine. *Le point vétérinaire*, 26, 167-172.
- Gruffat D, Rémond C, Durand D, Loreau O et Bauchart D, 2008. 9 cis-11 trans conjugated linoleic acid CLA is synthesised and desaturated into conjugated 18:3 in bovine adipose tissues. *Animal*, 2:4, 645-652.

- Hornsey H.C, 1956. The colour of cooked cured pork. I – Estimation of the nitric oxide-haem pigments. *J Sci Food Agric*, 7, 534-540.
- Howard B.J, Van Horn L, Hsia J, et al, 2006. Low-fat dietary pattern and risk of cardiovascular disease: the women's health initiative randomized controlled dietary modification trial. *JAMA*, 295, 655-666.
- Hu F.B, Stampfer M.J, Manson J.E, 1999. Dietary saturated fats and their food sources in relation to the risk of coronary heart disease in women. *N. Engl. J. Med*, 337, 1491-1499.
- Juaneda P et Rocquelin G, 1985. Rapid and convenient separation of phospholipids and non phosphorus lipids from rat heart using silica cartridges. *Lipids*, 20, 40-41.
- Juaneda P, 2002. Utilisation of reversed-phase high-performance liquid chromatography as an alternative to silver-ion chromatography for the separation of *cis*- and *trans*-C18:1 fatty acid isomers. *J Chromat*, 954, 285-289.
- Kazlusny M.A, Duncan L.A, Merrit M.V, Epps D.E, 1985. Rapid separation of lipid classes in high yield and purity using bonded phase columns. *J Lipid Res*, 26, 135-140.
- Keeton J.T et Eddy S, 2004. Chemical composition. In *Encyclopedia of meat sciences*. Jensen W, Devine C et Dikeman M, Eds, Elsevier, vol 1, 210-217.
- Kooba M, Enser M, Whittington F.M, Nute G.R et Wood J.D, 2003. Effect of a high linolenic acid diet on lipogenic enzyme activities, fatty acid composition and meat quality in the growing pig. *J Animal Sci*, 81, 1967-1979.
- Kris-Etherton P.M, 1999. Monounsaturated fatty acids and risk of cardiovascular disease. *American heart association Nutrition Committee Circulation*. 100 : 1253-1258.
- Larsson S.C, Wolk A, 2006. Meat consumption and risk of colorectal cancer: a meta-analysis of prospective studies. *Int. J. Cancer*, 119, 2657-2664.
- Ledoux M, Juaneda P, Sébédio J.L, 2005. Définition, origines et méthodologies analytiques dans *Risques et bénéfices pour la santé des acides gras trans apportés par les aliments, Recommandation AFSSA*, Ed AFSSA, 15-46.
- Leseigneur-Meynier A, Gandemer G, 1991. Lipid composition of pork muscle in relation to the metabolic type of the fibers. *Meat sci*, 29, 229-241.
- Mainsant P, 2006. Recherche d'explication aux divergences d'évolutions entre les 2 approches de la consommation des viandes les approches par bilan et par panels. *Viandes et produits carnés, HS 11^e JSMTV*, 37-45.

- Martin A, 2001. *Apports nutritionnels conseillés pour la population française*, 3^e édition, AFSSA CNERNA-CNRS, éditions TEC et DOC, Paris, 605 p.
- Mellman, I.S, Youngdahl-Turner, P, Willard, H.F et Rosenberg, L.E, 1977. Intracellular binding of radioactive hydroxocobalamin to cobalamin-dependent apoenzymes in rat liver. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 74: 916–920.
- Mensink R.P et PetKatan M.B, 1992. Effect of dietary fatty acids on serum lipids and lipoproteins. A meta-analysis of 27 trials. *Arterioscler.Thromb.*, 12, 911-919.
- Morrison W.R et Smith L.M, 1964. Identification of ceramide monohexoside and ceramide dihexoside in bovine milk. *Biochim Biophys Acta - Specialized Section on Lipids and Related Subjects* 84 (6): 759-761.
- Mozaffarian D, Katan M.B et Asherio A, 2006. Trans fatty acids and cardiovascular disease. *N. Engl. J. Med.*, 354, 1601-1613.
- Norat T, Lukanova A, Ferrari P, Riboli E, 2002. Meat consumption and colorectal cancer risk : dose-response meta-analysis of epidemiological studies. *Int. J. Cancer*, 98, 246-256.
- Normand J, 2006. *Cartographie de la composition en acides gras des viandes bovines françaises*. Etude Interbev Ofival, Institut de l'élevage, Compte-rendu n° 170532017, 37p.
- Office de l'élevage, *La consommation des produits carnés*, édition 2006. <http://www.office-elevage.fr/consommation/conso-06/conso05.htm>
- Ortigue-Marty I, Micol D, Prache S, Dozias D et Girard CL, 2005. Nutritional value of meat: influence of nutrition and physical activity on vitamin B12 concentrations in ruminant tissues. *Reproduction Nutrition Development*, 45, 453-467.
- Ortigue-Marty I, Thomas E, Prévéraud D.P, Girard C.L, Bauchart D, Durand D et Peyron A, 2006. Influence of maturation and cooking treatments on the nutritional value of bovine meats: water losses and vitamin B12. *Meat Sci*, 73, 451-458.
- Pierre F, Santarelli R et Corpet D, 2008. Consommation de viande et risque de cancer : bilan critique des études épidémiologiques et expérimentales. *Cah. Nutr. Diét.*, 43, HS 1, 1S61-1S65.
- Robelin J, Geay Y, Cuyllé G, Jailler R. Jailler R et Raynal-Rongerec C, 1976. Estimation de la composition des carcasses de jeunes bovins à partir de la composition d'un morceau monocostal prélevé au niveau de la 11^e côte. *Ann zootech*, 25 (2) : 259-272.
- Rock E, 2002. Les apports en micronutriments par la viande. *Viandes et produits carnés*, HS 9^e JSMTV, 36-41.
- Scislowski V, Bauchart D, Gruffat D, Laplaud P.M, Durand D, 2005. Effects of dietary n-6 or n-3 polyunsaturated fatty acids protected or not against ruminal hydrogenation on plasma lipids and their susceptibility to peroxidation in fattening steers. *J Anim Sci*, 83, 2162-2174.
- Scollan N.D, Choi N.J, Kurt E, Fisher A.V, Enser M et Wood J.D, 2001. Manipulating the fatty acid composition of muscle and adipose tissue in beef cattle. *British J Nutr*, 85, 115-124.

Sébédio J.-L., Juanéda P., Dobson G., Ramilison I., Martin J.-C., Chardigny J.-M. et Christie W.W (1997). Metabolites of conjugated linoleic acid in the rat. *Biochim Biophys Acta*, 1345, 5-10.

Sharp P et Srai S.K, 2007. Molecular mechanisms involved in intestinal iron absorption. *World J Gastroenter*, 13, 4716-4724.

Sherz H, Kirchhoff E, 2006. Trace elements in food : Zinc contents of raw foods – A comparison of data originating from different geographical regions of the world. *J Food Comp Anal*, 19, 420-433.

Soucheyre V, 2008. Teneur et biodisponibilité du fer héminique et non héminique dans la viande et les abats de boeuf. *Cah. Nutr. Diét.*, 43, HS 1 : 1S46-1S51.

Tomé D, Bos C, Mariotti F, Gaudichon C, 2002. Protein quality and FAO/WHO recommendations. *Sci Alim*, 22, 393-405.

Volatier J.L, 2000. *Enquête individuelle et nationale sur les consommations alimentaires*, CREDOC, AFSSA, ministère de l'agriculture et de la pêche, éditions TEC et DOC, Paris, 158 p.

Volatier JL et Dufour A, 2006. La place des viandes et des produits à base de viande comme aliments-vecteurs dans les apports nutritionnels de la population française. *Viandes et produits carnés, HS 11^e JSMTV*, 55-60.

Wachira A.M, Sinclair L.A, Wilkinson R.G, Enser M, Wood J.D et Fisher A.V, 2002. Effects of dietary fat source and breed on the carcass composition, n-3 polyunsaturated fatty acid and conjugated linoleic acid content of sheep meat and adipose tissue. *British J Nutr.*, 88, 697-709.

WCRF, 2007. *Food, nutrition, physical activity and the prevention of cancer : a global perspective*. Washington DC, WCRF and American institute for cancer research, 517p.

WHO/FAO/UNU expert consultation, 2007. Protein and aminoacid requirements in human nutrition. WHO, 2007.

Wood J.D, Enser M, Fisher A.V, Nute G.R, Sheard P.R, Richardson R.I, Hugues S.I, Whittington F.M, 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: a review. *Meat Sci*, 78, 343-358.

Liste des figures

- Figure 1. Consommation individuelle de viande bovine dans UE en 2005 (Office de l'élevage, 2006).
- Figure 2. Achats des ménages en viandes de boucherie en France en 2005 (Office de l'élevage, 2006).
- Figure 3. Evolution de la consommation de viandes de boucherie en g / j / personne entre 1999 et 2007 (CREDOC pour CIV, 2008).
- Figure 4. Evolution de la consommation de bœuf en g / j / personne entre 1999 et 2007 (CREDOC pour CIV, 2008).
- Figure 5. Composition anatomique d'une entrecôte de bœuf (Gandemer, 1992).
- Figure 6. Schéma d'un faisceau musculaire.
- Figure 7. Voies principales de la biohydrogénation ruminale des acides gras polyinsaturés (Ledoux et al, 2005).
- Figure 8. Protocole de prélèvement des échantillons de muscles.
- Figure 9. Corrélation entre teneur en lipides et matière sèche des muscles de bœuf.
- Figure 10. Corrélation entre teneur en lipides et teneur en lipides des muscles de bœuf.
- Figure 11. Teneur en protéines des muscles de bœuf (en g / 100g de tissu frais).
- Figure 12. Teneurs en lipides des muscles de bœuf (g / 100g de tissu frais).
- Figure 13. Teneur en zinc des muscles de bœuf (en mg / 100g tissu frais).
- Figure 14. Teneur en vitamine B3 des muscles de bœuf (mg / 100g).
- Figure 15. Teneur en vitamine B6 des muscles de bœuf (mg / 100g).
- Figure 16. Teneur en fer total des muscles de bœuf (mg / 100g).
- Figure 17. Teneur en fer héminique des muscles de bœuf (mg / 100g).
- Figure 18. Teneur en sélénium des muscles de bœuf (en µg / 100g de tissu frais).
- Figure 19. Corrélation entre teneur en fer héminique et teneur en sélénium dans les muscles de bœuf.
- Figure 20. Teneur en vitamine B12 des muscles de bœuf (en µg / 100g de tissu frais).
- Figure 21. Proportion des 3 familles d'acides gras dans les muscles de bœuf.
- Figure 22. Teneur en acides palmitique (C 16 :0), stéarique (C 18 :0) et myristique (C 14 :0) exprimés en % des acides gras totaux.
- Figure 23. Teneur en AGPI de la viande de bœuf exprimée en mg / 100g et part des AGPI à longue chaîne.

Figure 24. Contribution de 100 g de viande de bœuf à la couverture de l'ANC en énergie (exprimée en % de l'ANC en énergie).

Figure 25. Contribution de 100 g de viande de bœuf à la couverture de l'ANC en protéines (exprimée en % de l'ANC en protéines).

Figure 26. Contribution de 100 g de viande de bœuf à la couverture de l'ANC en fer d'une femme adulte (exprimée en % de l'ANC en fer).

Figure 27. Contribution de 100 g de viande de bœuf à la couverture de l'ANC en fer d'une homme adulte (exprimée en % de l'ANC en fer).

Figure 28. Contribution de 100 g de viande de bœuf à la couverture de l'ANC en vitamine B12 (exprimée en % de l'ANC en vitamine B12).

Liste des tableaux

Tableau I. Profils de référence en acides aminés indispensables proposés par l'AFSSA et l'OMS.

Tableau II. Teneur en acides aminés indispensables de protéines exprimée en pourcentage du profil de référence WHO/FAO/UNU 2007.

Tableau III. Composition moyenne en acides gras de la viande de vaches de réforme (neuf muscles confondus, n = 45) en % des acides gras totaux (Normand, 2006).

Tableau IV. Composition en acides gras (%) des TG (lipides neutres) et des phospholipides du muscle *longissimus* chez le porc, l'agneau et les bovins nourris avec un régime type (Wood *et al.*, 2008).

Tableau V. Teneurs en acide gras trans C 18 :1 t des laits et viandes de ruminants (Ledoux *et al.*, 2005).

Tableau VI. Teneurs en ALC du lait de vaches et des viandes exprimées en g/100g de matières grasses (Ledoux *et al.*, 2005).

Tableau VII. Apports nutritionnels conseillés en énergie pour la population française (Martin, 2001).

Tableau VIII. Apports nutritionnels conseillés en lipides et acides gras pour l'adulte exprimés en % de l'apport énergétique total (Martin, 2001).

Tableau IX. Apports nutritionnels journaliers conseillés en minéraux et vitamines d'intérêt dans les viandes (Martin *et al.*, 2001).

Tableau X. Contribution des principaux groupes d'aliments aux apports en macro-nutriments de la population adulte selon les apports énergétiques moyens (Volatier, 2006).

Tableau XI. Contribution des viandes et principaux groupes d'aliments vecteurs aux apports en vitamines de la population adulte (Volatier, 2006).

Tableau XII. Contribution des viandes et principaux groupes d'aliments vecteurs aux apports en minéraux de la population adulte (Volatier, 2006).

Tableau XIII. Composition centésimale des muscles de bœuf et signification statistique.

Tableau XIV. Valeurs minimales et maximales de teneurs en lipides de la viande de bœuf (n = 16).

Tableau XV. Teneurs en acides gras trans de la viande de bœuf.

Tableau XVI. Composition des morceaux composites de la viande de bœuf.

Tableau XVII. Composition centésimale des déchets d'assiette pour les morceaux composites de la viande de bœuf.

Tableau XVIII. Teneurs en lipides et acides gras de l'entrecôte et du plat de côte muscles, morceaux et déchets d'assiette en fonction de la race.

Tableau XIX. Contribution de la consommation de 100 g de viande de bœuf à la couverture des apports nutritionnels conseillés pour la population française.

Tableau XX. Contribution de la consommation de 100 g de viande de bœuf à la couverture des apports nutritionnels conseillés en lipides en tenant compte des valeurs extrêmes de teneur en lipides (valeurs minimales et maximales).

Tableau XXI. Parts des ANC en acide gras couverts par la consommation de 100 g de viande de bœuf.

Mémoire d'ingénieur CNAM, Paris 2011.

Composition chimique et intérêt nutritionnel de la viande de bœuf à partir de l'analyse des données INRA 2007 pour le Centre d'Informations des Viandes.

Résumé

Il est indispensable d'avoir des valeurs nutritionnelles fiables et représentatives des viandes consommées habituellement en France. Le CIV a ainsi confié à l'INRA de Theix la mise en place d'un protocole rigoureux et l'analyse de la composition nutritionnelle des viandes et abats de ruminants (bœuf, veau, agneau). Les résultats concernant la viande de bœuf montrent que la race bovine n'a pas d'effet sur les teneurs en nutriments des muscles. Par contre le type métabolique des fibres musculaires est un facteur important de variation des teneurs en fer, sélénium, vitamine B12 de la viande bovine. Les muscles apportent en moyenne 6 % de lipides. Mais il faut tenir compte de la très forte variabilité des teneurs en lipides en fonction d'une part de l'animal et d'autre part de la localisation du muscle dans la carcasse. De plus la race peut avoir un effet sur la quantité de tissu adipeux entourant les muscles dans les morceaux composites (entrecôte, plat de côte). Ce tissu adipeux peut facilement être découpé et laissé en bord d'assiette ce qui permet de diminuer considérablement l'apport en lipides et en acides gras saturés des morceaux. La viande de bœuf est un aliment capable de couvrir une part très importante de nos besoins nutritionnels en protéines, fer, zinc, vitamine B12 et aussi en acides gras polyinsaturés à chaîne longue grâce à sa richesse en acide docosapentaénoïque (DPA).

Mots clés : bœuf, viande, muscles, type métabolique des fibres, acides gras de la viande, apports nutritionnels conseillés

Chemical composition and nutritional interest of beef meat from the analysis of INRA 2007 data for the Centre d'Information des Viandes.

Summary

It is essential to have reliable and representative nutritional values of meat consumed in France generally. The CIV has assigned to INRA Theix the establishment of a strict protocol and the analysis of the nutritional composition of meat and offal from ruminants (beef, veal, lamb). The results for beef show that bovine breed has no effect on the nutrient content of the muscles. On the other side, the metabolic type of muscle fibers is an important factor of variation in levels of iron, selenium, vitamin B12 for beef. The muscles provide an average of 6 % fat. But we must take into account the highly variable levels of lipids according to the animal and also the location of the muscle in the carcass. In addition, the breed may affect the amount of fat surrounding the muscles in the composite pieces. This fat can be easily cut and left on a plate which will greatly reduce the intake of fat and saturated fatty acids. Beef is a food capable of covering a very important part of our nutritional needs of proteins, iron, zinc, vitamin B12 and also long chain polyunsaturated fatty acids thanks to its high content in docosapentaenoic acid (DPA).

Key words : beef, meat, muscles, metabolic type of fibers, meat fatty acids, recommended dietary intakes