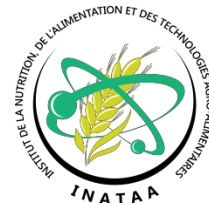


REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE FRERES MENTOURI CONSTANTINE1
INSTITUT DE LA NUTRITION, DE L'ALIMENTATION
ET DES TECHNOLOGIES AGRO-ALIMENTAIRES (I.N.A.T.A.A.)



N° d'ordre :96/DS/2021

N° de série :10/IN/2021

Thèse de Doctorat en Sciences

Spécialité : Sciences Alimentaires

Thème

Etude de l'effet des conditions pré-abattage et niveau de stress sur la qualité de la viande de poulet de chair : cas de l'Est algérien

présenté par : HARKATI Ameni

Soutenu le : 07 /10 / 2021

Devant le Jury composé de :

Président(e) :	Agli A.	Professeur	Université Mohamed KHidher Biskra
Rapporteur :	Zidoune M.N.	Professeur	I.N.A.T.A.A. Université Constantine 1
Examineurs :	Abbes K.	Professeur	Université Ferhat Abbas Sétif
	Krid F.A.	M.C.B.	I.N.A.T.A.A. Université Constantine 1
	Adoui F.	M.C.B.	I.N.A.T.A.A. Université Constantine 1

Remerciements

Je remercie en premier lieu Allah pour tout ce qu'il m'a donné avec son miséricorde et grâce.

Mes vifs remerciements vont à mon enseignant et Directeur de thèse le Professeur Mohammed Nasreddine Zidoune, Professeur à l'université de Constantine et Chef de l'équipe Transformation et Elaboration des Produits Agro-alimentaires (T.E.P.A.) du Laboratoire de Recherche en Nutrition et Technologie Alimentaire (L.N.T.A.), pour son encadrement et ses remarques pertinentes et constructives qu'il n'a cessé de me faire. Que ce travail soit le témoignage de ma sincère gratitude et de mon estime pour la confiance et la disponibilité que vous m'avez accordées.

A Miguel Anjel Santandeu du Laboratory of Biochemistry of Meat and Meat Products, Institute of Agrochemical and Food Technologie, Valencia, Spain (I.A.T.A.) qui m'avais accueilli et donné la chance de travailler au sein de son laboratoire au cours de la préparation de cette thèse. Je tiens à vous adresser mes plus vifs remerciements et ma profonde reconnaissance.

J'exprime mes vifs remerciements à mon enseignant le professeur Abd el Nacer AGLI, de l'université de Biskra (ex enseignant à l'I.N.A.T.A.A.) pour son intéressement ininterrompu à mon travail, ses conseils, ses encouragements et avec un grand plaisir et chaleureusement. Je le remercie pour son acceptation de présider le jury de ce travail.

Monsieur le Professeur Abesse Khaled de l'I.N.R.A. Université de Setif. Je suis très honorée que vous ayez accepté de participer à ce jury et c'est un immense privilège de voir mon travail évalué par vous, Merci pour le temps précieux que vous avez accordé à ce travail.

A Madame Krid Feriel Aziza, du Laboratoire GENIAL (Génie Alimentaire), I.N.A.T.A.A. Je suis très sensible à l'honneur que vous me faite d'avoir bien voulu juger ce travail et de me faire l'honneur de siéger au sein du jury de cette thèse, veuillez trouver ici mes sincères remerciements et l'expression de toute ma reconnaissance.

Je remercie vivement Madame Adoui Faiza du Laboratoire GENIAL (Génie Alimentaire), I.N.A.T.A.A., pour sa gentillesse, son intéressement à mon sujet de thèse, ses précieuses et clairvoyantes orientations et en fin pour avoir accepté d'évaluer mon travail et de m'honorer par sa participation au jury d'évaluation de cette thèse.

Je tiens également à remercier le directeur de l'Abattoir Avicole EST de la wilaya de Skikda ainsi que tous les enquêtés le long de ce travail et les étudiants qui m'ont aidé pour le déroulement des enquêtes.

Merci à mon amie très chère Soulef Benkadri pour son soutien inoubliable et son aide à Valence ou elle a été une deuxième famille pour moi. Par ces quelques mots, je t'a adresse un énorme MERCI.

Un grand Merci à mes amies très chers de l'I.N.T.A.A. Boughelout Halima , Boucheham Nouhad, Ben Attalah Leila , Aissauoi Zitoune Warda aussi à l'I.A.T.A., Claudia Garcia, et mes amis de valencia merci pour les moments agréables et d'autres plus difficiles que votre présence m'a aidé à les dépasser et passer de l'avant.

Mes remerciements vont également à tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à l'avancement de ma thèse, et à tous les amis et collègues qui n'ont cessé de me supporter tout au long de ces années.

*À mes très chers parents qui ne cessent d'attendre mes
réussites*

*À mon marie Nadir avec son bon cœur qui m'a soutenu
avec tous ce qu'il peut et qui par sa présence me motive toujours
positivement*

*Aux lumières de mon cœur et mon esprit : Mouhamed
Akram, Abdel Allah Djed et Ahmed Racime*

À tous ceux qui me sont chers

*Et à tous ceux qui ont besoin du savoir
je dédie le fruit de mon travail*

Sommaire

Liste des abréviations.....	I
Liste des tableaux.....	II
Liste des figures.....	III

Introduction Générale01

Méthodologie générale.....04

Bibliographie05

1. Le poulet de chair.....05

1.1. Filière avicole.....	05
1.2. Elevage de poulet.....	06
1.3. Abattoirs et abattage des volailles.....	06
1.3.1. Définition de l'abattoir.....	06
1.3.2. Conditions d'agrément des établissements d'abattage avicole.....	06
1.3.3. Modes d'abattage.....	07
1.3.4. Procédés d'abattage des poulets.....	09

2. Viande et qualité11

2.1. Tissu musculaire.....	12
2.2. Métabolisme musculaire au cours de la vie et conséquences de la saignée.....	13
2.3. Transformation du muscle en viande.....	13
2.4. Evolutions biologiques au cours de la maturation.....	16
2.4.1. Evolutions physico-chimiques.....	17
2.4.2. Evolutions enzymatiques.....	18
2.4.3. Evolutions structurales.....	22
2.5. Notion de qualité.....	23
2.5.1. Qualité nutritionnelle.....	23
2.5.2. Qualité microbiologique.....	23
2.5.3. Qualité organoleptique.....	23
2.5.4. Qualité technologique.....	26
2.6. Facteurs influençant la qualité de la viande.....	26

3. <u>Notion du bien-être et de stress chez le poulet.....</u>	27
3.1. Définition du bien-être.....	27
3.2. Conditions assurant le bien-être des animaux.....	27
3.3. Historique et approche actuel du stress.....	28
3.3.1. Définition du stress.....	28
3.3.2. Mécanisme du stress.....	28
3.3.2.1. Effet du stress sur le système neuroendocrinien.....	29
3.3.2.2. Effet du stress sur le système immunitaire.....	31
3.3.2.3. Effet du stress sur le comportement.....	31
3.4. Impacte du stress prés abattage sur la qualité de la viande.....	31
3.4.1. Mise à jeûn	32
3.4.2. Manipulations et mise en caisses.....	33
3.4.3. Transport et changements thermiques.....	33
3.4.4. Déchargement et accrochage.....	35
3.4.5. Etourdissement et abattage.....	36

Expérimentation38

Volet 1 : Enquête sur le segment poulet de chair dans Est algérien..... 38

Préambule.....38

Méthodologie.....39

1. Enquête	39
1.1. Présentation de l'enquête et période de réalisation	39
1.2. Questionnaire utilisé.....	39
2. Zone d'étude.....	40
3. Présentation des établissements enquêtées	40
4. Difficultés rencontrées lors de l'enquête.....	41
5. Traitement des données	42

Résultats et discussion43

1. Parcours de l'élevage à l'abattage	43
---	----

1.1. Principales différences rencontrés.....	44
1.2. Schémas enregistrés.....	44
2. Avant abattage.....	45
2.1.Souches de poulet de chair utilisées.....	45
2.2.Facteurs déterminant la fin de l'élevage.....	45
2.3.Manipulations des animaux destinés à l'abattage.....	46
2.3.1. Utilisation des anti-stress.....	46
2.3.2. Jeûn des animaux avant ramassage.....	47
2.3.3. Inspection vétérinaire, ramassage et transport.....	48
2.3.4. ramassage et transport des animaux.....	48
3. Sur les lieux d'abattage.....	49
3.1. Moyens et procédés d'abattage.....	49
3.1.1. Les abattoirs.....	50
3.1.2. Les tueries.....	53
3.1.3. Les locales d'abattage.....	54
3.1.4. L'abattage à l'air libre.....	56
3.2.Facteurs liées au niveau d'instruction du personnel.....	57
Conclusion.....	63

Volet 2 : Effet des conditions prés abattage sur le bien-être des poulets

Préambule.....	64
Matériel et méthodes.....	65
1. Méthodologie.....	65
1.1.Modes d'abattage.....	66
1.2.Matériel biologique.....	66
1.3.Echantillonnage.....	67
2. Paramètres physiologiques.....	67
2.1.Détermination de la glycémie.....	69
2.2.Détermination du cortisol sanguin.....	69
3. Etude statistique.....	70
Résultats et discussions.....	71
1. Evolution de la glycémie.....	71
2. Evolution du cortisol sanguin.....	75

3. Classification des groupes d'animaux selon le niveau de stress	75
Conclusion	76

Volet 3 : Relations entre le stress des animaux et la qualité de la viande.....78

Préambule	78
------------------------	----

Matériel et méthodes	79
-----------------------------------	----

1. Paramètres de qualité.....	79
-------------------------------	----

1.1. Paramètres technologiques.....	79
-------------------------------------	----

1.1.1. Mesure du pH	79
---------------------------	----

1.1.2. Mesure des pertes en eau.....	80
--------------------------------------	----

1.1.3. Mesure du rendement technologique de Napole.....	81
---	----

1.1.4. Estimation de la tendreté.....	81
---------------------------------------	----

1.2. Paramètres protéomiques.....	82
-----------------------------------	----

1.2.1. Extraction des protéines musculaires.....	83
--	----

1.2.2. Dosage des protéines.....	84
----------------------------------	----

1.2.3. Séparation monodimensionnelle des protéines.....	84
---	----

1.2.4. Identification des protéines.....	85
--	----

2. Etude statistique.....	86
---------------------------	----

Résultats et discussions	87
---------------------------------------	-----------

1. paramètres technologiques	87
------------------------------------	----

1.1. pH	87
---------------	----

1.2. Pertes en eau.....	90
-------------------------	----

1.3. Rendement technologique de Napol.....	91
--	----

1.4. Profondeur de pénétration.....	92
-------------------------------------	----

2. Relation entre les paramètres technologiques.....	92
--	----

3. Paramètres protéomiques.....	95
---------------------------------	----

3.1.1. Protéines sarcoplasmiques.....	95
---------------------------------------	----

3.1.2. Protéines myofibrillaires..... ;	96
---	----

Conclusion	105
-------------------------	------------

Conclusion générale.....107

Références bibliographiques.....110

Liste des abréviations

A : Absorbance

BSA : Sérum Albumine Bovine

Da : Dalton

MM : Masse Molaire

SDS : Sodium Dodécyl Sulfate

SDS-PAGE : Electrophorèse sur Gel de PolyAcrylamide en présence de SDS

TEMED : N, N, N', N'-tetraméthyl-éthylène diamine

Tris :Tris-hydroxy-méthyl-amino-méthane

FAO : organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.

DFD: Sombre, Ferme et Sèche ; [Dark, Firm and dry].

PSE: Pâle, Molle et Exsudative ; [Pale, Soft and Exudative].

ATP : Adénosine Triphosphate.

RTN : Rendement Technologique de NAPOLE.

CRE : Capacité de Rétention de L'Eau.

kDa : kiloDalton.

Liste des figures

N° Figure	Titre	Page
1	Evolution de la production des volailles et de poulet de chair en Algérie	05
2	Les étapes d'abattage des volailles (Baccar et al., 2005).	09
3	Niveau d'organisation du muscle (a), la fibre musculaire (b), une myofibrille (c) et des myofilaments (d). (Sherwood et al. 2006)	12
4	Arrêt de la circulation sanguine dans le tissu musculaire (Molette, 2004).	14
5	Les différentes phases de transformation du muscle en viande (Ouali et al., 2006).	15
6	Voies de l'apoptose myonucléaire chez le muscle squelettique en atrophie. 1) Signal provenant de facteurs extracellulaires menant à l'activation des caspases. 2) Signal provenant du relâchement du calcium par le réticulum sarcoplasmique. 3) Signaux dépendants et indépendants des caspases provenant de la mitochondrie. (Basée sur Powers et al. 2007; Pouliot , 2015)	20
7	Principaux indicateurs de réponses au stress intervenant au niveau du système nerveux orthosympathique et de l'axe corticotrope (Debut et al, 2004).	30
8	Répartition géographique des wilayas enquêtées	40
9	Parcours générale enregistré de l'élevage à l'abattage dans les wilayas de l'étude.	43
10	Principales vois enregistrées pour l'abattage du poulet dans l'Est algérien.	44
11	Souches de poulet de chair utilisés par wilaya de notre zone d'étude	45
12	Fréquences des facteurs de vente des poulets de chair dans les wilayas d'étude.	46
13	Répartition par wilayas de structures enquêtées selon l'utilisation des agents anti-stress avant ramassage des animaux.	47
14	Répartition par wilayas des structures enquêtés selon la pratique du jeun des animaux.	47
15	Réception des poulets	51
16	Propagation de l'accrochage, étourdissement et saignée des poulets	52
17	Machines de plumaison	53
18	Réception des poulets dans les tueries.	54
19	Etapes de la saignée dans les tueries artisanales.	55
20	Etape d'échaudage et plumaison	55
21	Ressuyage des poulets dans les tueries	56
22	Exemples de locale d'abattage	56
23	Exemples des conditions d'abattage à l'air libre	57
24	Répartition des responsables de production selon wilaya et niveau d'enseignement.	58

25	Répartition des responsables de production par wilayas selon la tranche d'âge	58
26	Répartition des responsables de production selon wilaya et le mode d'acquisition du métier.	59
27	Répartition des responsables de production selon wilaya et l'ancienneté dans le métier.	60
28	Répartition des travailleurs par wilaya et mode d'apprentissage du métier.	61
29	Répartition des travailleurs par wilaya et ancienneté dans le métier.	61
30	Méthodologie générale	65
31	Illustration du lieu anatomique pour prélèvement du sang des poulets.(Alders et Spradbrow, 2000)	67
32	Niveaux de mesure de la glycémie et du cortisol sanguin.	68
33	Taux de glycémie avant abattage des poulets de la souche ISA 15	71
34	Évolution de la glycémie en mg/dl au cours de l'abattage avec accrochage.	73
35	Évolution de la glycémie en mg/dl au cours de l'abattage avec accrochage et electrocution.	74
36	Prélèvement du muscle Pectoral du poulet de chair.	79
37	Cylindre de gel de viande après cuisson.	82
38	Méthodologie de la partie protéomique.	83
39	Courbe d'étalonnage avec BSA de 0 à 0.6 mg/ml	84
40	Evolutions du pH des poulets de la souche ISA 15	89
41	évolutions du pH des poulets de la souche <i>Arbor Acres</i>	89
42	Analyse en composantes principales de la projection des paramètres de l'étude.	93
43	Biplot pour la distribution des trois groupes d'animaux et corrélation avec les paramètres de l'étude.	94
44	SDS-PAGE à 12% des fractions 30 min obtenues à partir d'extraits sarcoplasmiques des trois groupes d'animaux de l'étudiés.	95
45	SDS-PAGE à 12% des fractions 24h obtenues à partir d'extraits sarcoplasmiques des trois groupes d'animaux de l'étudiés.	96
46	cerce de corrélation et biplot de l'intensité des bandes et les groupes d'animaux.	98
47	SDS-PAGE à 12% des fractions 30 min obtenues à partir d'extraits myofibrillaires des trois groupes d'animaux de l'étudiés.	99
48	SDS-PAGE à 12% des fractions 24h obtenues à partir d'extraits myofibrillaires des trois groupes d'animaux de l'étudiés.	100
49	Analyse en composantes principales de la projection de protéines myofibrillaires et de Biplot pour la distribution des trois groupes d'animaux et la corrélation avec les protéines myofibrillaires.	104

Liste des tableaux

N° Tableau	Titre	Page
01	Répartition des effectifs et du nombre de structures enquêtés par wilaya.	41
02	Réparation des structures d'abattage dans les wilayas de l'enquête.	50
03	Intensité moyenne et écart type (ET) des bandes de protéines sarcoplasmiques sélectionnées	97
04	Moyennes d'abondance et écart type des neuf bandes sélectionnées dans les trois groupes différents, en faisant la moyenne des valeurs des trois individus de chaque groupe. Les bandes ont été quantifiées en unités arbitraires.	101
05	Principales différences de bande trouvées entre les trois groupes de viande analysés par SDS PAGE ensemble avec leur identification par LC-ESI-MS / MS, en utilisant le moteur de recherche MASCOT et les bases de données de protéines NCBIInr et Uniprot KB. Toutes les protéines identifiées appartiennent à l'espèce Gallus gallus.	102

INTRODUCTION GENERALE

Jusqu'à nos jours, la viande constitue une denrée de première nécessité dans le monde, suivant qu'elle est une source importante de nutriments et par suite de son tonus émotif. Elle est l'aliment par excellence dont la consommation est freinée seulement, par le prix. Les viandes de volailles spécialement, sont riches en protéines pour une teneur en lipides assez faible, ce qui les classe parmi les viandes peu grasses ; ces viandes ont une quantité intéressante d'acides gras insaturés et une digestibilité élevée due à une teneur en collagène réduite (Paquin, 1992).

En Algérie, l'aviculture est l'un des secteurs stratégiques qui peut subvenir aux besoins nutritionnels en protéines d'origine animale, en réduisant le coût des importations des viandes. Cette filière a connu un développement considérable à partir de l'année 2009 (FAO, 2018) suite au défi de l'Etat vis à vis de l'amélioration de la productivité, de l'assurance de la durabilité des systèmes et de la stabilité de production.

La production de poulet occupe la première place des productions de volaille algériennes avec 99,86% en 2014 (FAO, 2018). Cependant, les conditions d'élevage et d'abattage dans la filière ne sont plus standardisées dans la totalité des établissements du secteur et varient en fonction de plusieurs facteurs technologiques, économiques et religieux. Ceci conduit à des variabilités importantes vis-à-vis du bien-être des animaux vivants et des quantités et qualités des viandes.

Le bien-être des animaux est un état d'harmonie entre l'animal et son environnement, aboutissant à la complète santé mentale et physique. Son respect nécessite d'éviter la souffrance lors des manipulations inhérentes aux diverses techniques d'élevage, de parage, de transport et d'abattage qui peuvent conduire à des états de stress aigu ou chronique. Le stress constitue l'ensemble des réactions comportementales et physiologiques en réponse à une menace réelle ou imaginaire, associées à un état émotionnel négatif. L'abattage comprend une série d'interventions potentiellement stressantes qui débutent par la mise à jeun pour le départ à l'abattoir et s'achève lors de la mise à mort de l'animal (Terlow, 2012).

Gallo et Huertas (2015), rapportent que les déficiences et les mauvaises manipulations des animaux producteurs de viande conduit à des pertes commerciales causées par la mort des animaux, les pertes de poids des carcasses et les écrasements qui affectent négativement la qualité des viandes.

Le stress accompagnant la production animale d'une manière générale est devenu un

indicateur de bien-être et un facteur affectant les paramètres économiques (Damaziak *et al.*, 2017). Les animaux sont confrontés à un grand risque de peur à cause des changements répétées

de situations qu'ils subissent lors des différentes procédures et manipulations (Ducan, 2004). L'effet de la densité d'élevage, le microclimat, les facteurs d'aménagement, la durée et les conditions de transport ont un impact sur le bien-être des animaux d'une part (stress, santé, fatigue, hydratation, température corporelle, mortalité et morbidité) et sur la qualité des viandes (pH, couleur, pertes en eau...) d'autre part (Shawkat *et al.*, 2012).

Dans le secteur avicole, les conditions entourant l'abattage sont liées spécialement au contact des animaux avec l'être humain avant et au cours du transport et à l'abattage (Velard *et al.*, 2015 ; Jayaprakach *et al.*, 2016). Les sources de stress au cours de ces manipulations sont d'origine émotionnelle et physique, et comprennent spécialement la chaleur ambiante, la privation alimentaire et l'accrochage (Terlouw *et al.*, 2015) ; ceci déclenche certaines réponses comportementales et physiologiques qui ont un impact sur le métabolisme ante et post mortem et par ce biais sur les qualités technologiques et/ou sensorielles des viandes des volailles (Debut *et al.*, 2003 ; Berri *et al.*, 2005 ; Terlouw *et al.*, 2009 ; Terlouw *et al.*, 2015). Le stress va être perçu puis intégré au niveau du système nerveux central extra-hypothalamique. Cette information va être transmise à l'hypothalamus et au système nerveux orthosympathique et entraîne la sécrétion, à partir des glandes surrénales de la noradrénaline et l'adrénaline. Ces deux hormones peuvent être considérées comme les premiers indicateurs de la réponse immédiate au stress ; ce qui cause l'augmentation de la glycémie et de la pression sanguine avec l'accélération des rythmes cardiaque et respiratoire des oiseaux.

Une autre voie exprimant une réponse au stress c'est l'axe corticotrope qui fait intervenir la corticolibérine et qui à son tour activera la sécrétion d'adénocorticotropine ou ACTH stimulant ainsi les glandes surrénales pour libérer des corticostéroïdes comme la corticostérone, dont l'élévation de la concentration sanguine est utilisée comme un indicateur de stress (Hill, 1966). En conséquence, cet état de stress provoque une baisse des réserves glycolytiques et une augmentation de l'activité ATPasique ; ce qui provoque une glycogénolyse et une acidification plus rapide des muscles, pouvant conduire à des viandes avec un pouvoir de rétention d'eau réduit. Les effets du stress sur le glycogène sont toutefois très variables en intensité d'un muscle à l'autre, dans la mesure où le taux de glycogène définit la valeur du pH ultime (Monin, 1988).

Selon Ouali *et al.* (2006), si le stress est particulièrement intense, les cellules recevront des messages déclencheurs d'apoptose via les récepteurs de mort cellulaire alors que dans le cas contraire, ils permettent aux cellules de préparer leur défense aussi rapidement par synthèse de

diverses protéines protectrices que sont les HSP(*Heat Shock Proteins*) qui ont une activité anti-apoptotique pouvant ralentir les processus de maturation des viandes.

Ces changements peuvent altérer, par conséquent, le contenu protéique du muscle reflétant plusieurs changements au niveau des processus biochimiques que l'organisme utilise pour son rééquilibrage (Lopez-Hellin *et al.*, 2005). Des résultats de recherche rapportent qu'au cours d'un stress du poulet il y a des changements dans les paramètres sanguins qui influencent par la suite les profils protéiques (Zanetti *et al.*, 2013).

Les analyses protéomiques fournissent des informations supplémentaires sur la relation entre le stress avant l'abattage et la qualité de la viande. Comme test de qualité, la fragmentation des myofibrilles à 1 jour post mortem semble prédire la tendreté de la viande du muscle *Longissimus dorsi* mieux que la valeur de la force de cisaillement de la viande cuite par exemple (Vestergaard *et al.*, 2000). Picard *et al.*, (2010) rapportent aussi que la protéomique est utile pour l'explication et l'estimation de la tendreté de la viande ou d'autres qualités de viande.

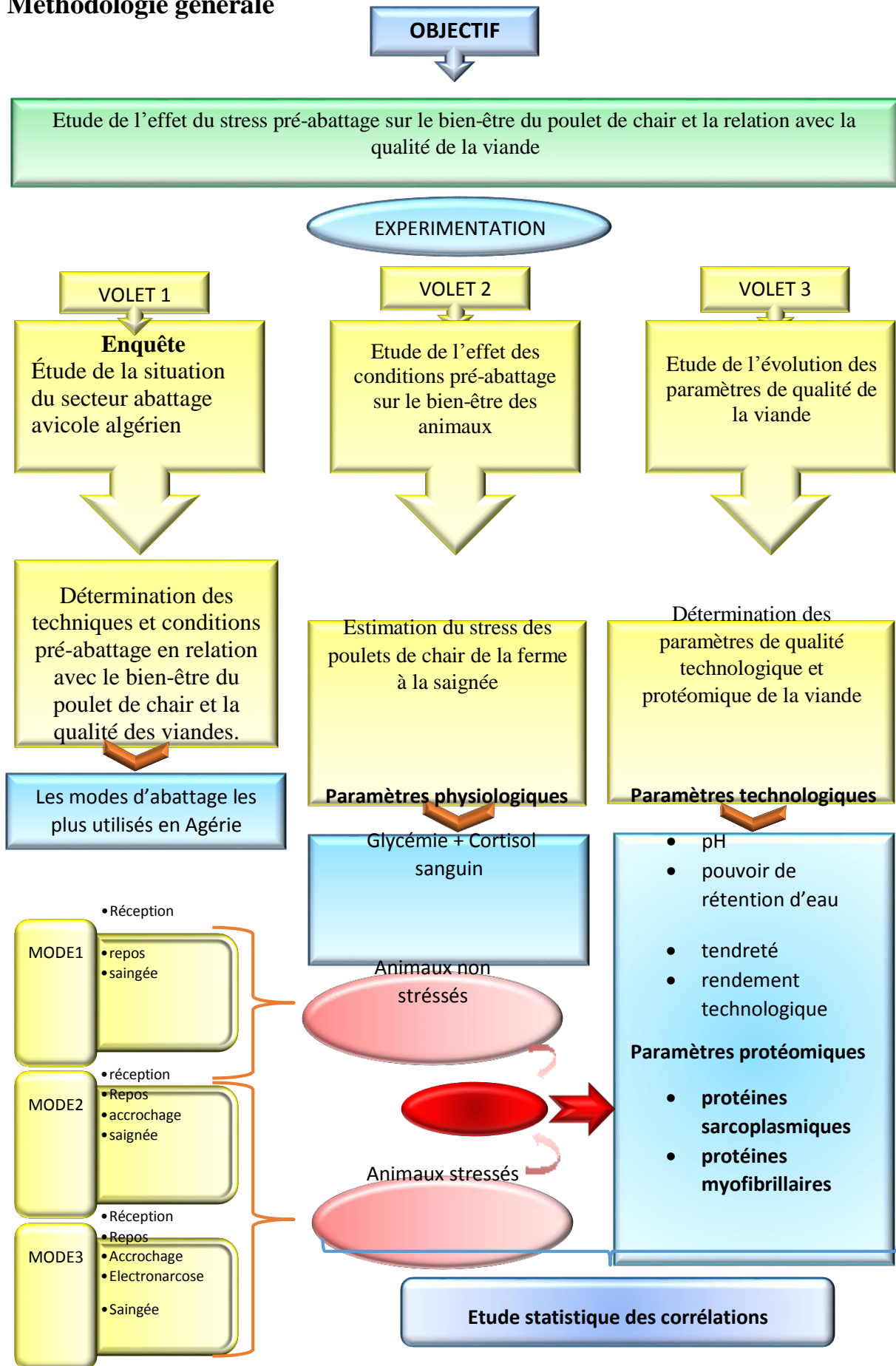
Dans ce contexte, s'inscrit ce travail de thèse qui porte sur l'étude de l'effet du stress pré-abattage sur le bien-être du poulet de chair et de la relation avec la qualité de la viande.

Trois volets expérimentaux sont prévus pour apporter des réponses à notre étude :

- 1) Enquête visant la connaissance et la description de la situation du secteur abattage du poulet de chair en Algérie.
- 2) Distinction des conditions pré-abattage prédominantes depuis la ferme jusqu'à la saignée avec une première évaluation des causes et niveaux de stress (glycémie et cortisol) pouvant survenir dans la zone d'enquête.
- 3) Evaluation des incidences des stress distingués à travers les paramètres technologiques et protéomiques.

L'étude statistique aura pour objectif final de révéler les corrélations existantes entre les pratiques de la zone d'enquête, le stress et les répercussions sur la production et qualité de la viande.

Methodologie generale



1. Poulet de chair

La volaille est une source de protéines animale acceptée à l'échelle mondiale elle ne subit pas de tabous religieux et éthique. Pour le poulet de chair, les cycles très courts de 45 à 60 jours et la croissance de la capacité des poulaillers permettent une très grande productivité (Kaci, 2014). C'est la principale source des viandes de volailles. En plus qu'elles constituent une source de protéines animales, vitamines, minéraux et oligo-éléments intéressante sur le marché, ses viandes sont maigres et peuvent être considérées comme viandes santé par excellence.

1.1. Filière avicole : aspect économique

Malassis (1996), définit la filière par rapport aux itinéraires suivis par un produit (ou un groupe de produits) au sein de l'appareil de production ; elle concerne l'ensemble des agents (entreprise et administrations) et des opérations (de production, de répartition et de financement) qui concourent à la formation et au transfert du produit jusqu'au stade final d'utilisation, ainsi que les mécanismes d'ajustement des flux des produits et des facteurs de production le long de la filière et à son stade final. Concernant la filière avicole ou l'aviculture, c'est l'art d'élever les volailles en englobant tous les secteurs intervenants.

En Algérie, l'aviculture est le seul secteur stratégique qui peut subvenir aux besoins nutritionnels en protéines d'origine animale de notre population en réduisant le coût de la facture d'importation des viandes. Durant les trois dernières décennies, cette filière a connu l'essor le plus spectaculaire parmi les productions animales. L'engouement des algériens pour les viandes blanches est passé de 95000 à 300000 tonnes, soit une progression de + 212% (MAPR, 2011). Selon la FAO (2018), cette filière est constituée par 99,86% de poulet dont la production reste en croissance constante depuis l'année 2009 et arrive à 137 075 mille têtes en 2016 (Figure 1)

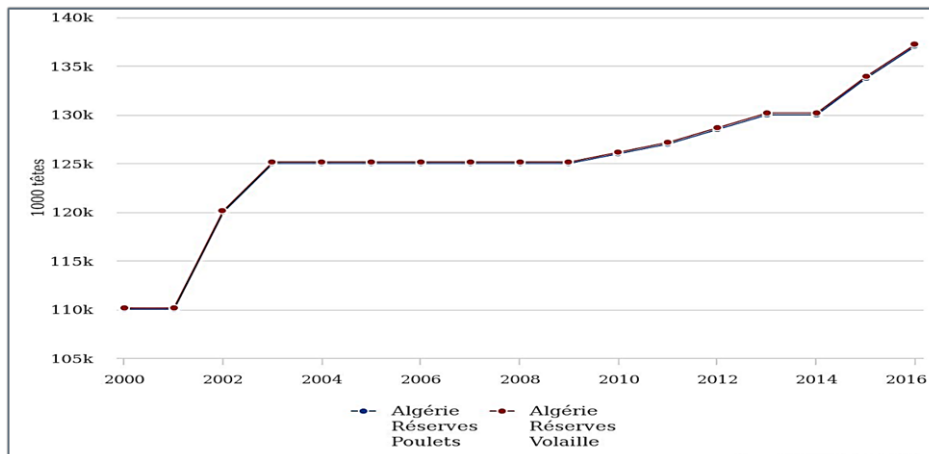


Figure 1 : Évolutions de la production des volailles et de poulet de chair en Algérie

Cependant la filière avicole reste fragile et accuse un retard technologique considérable par rapport aux pays industrialisés. [Belaid \(2015\)](#), précise que pour assurer un développement durable dans la filière avicole il y a une nécessité de la protection des marges des aviculteurs en encourageant la mise en place de groupements de producteurs et par ailleurs le renforcement des capacités de production locale de substituts de maïs et soja (l'orge, les triticales, la fèverole, le tournesol et le colza).

1.2. Elevage de poulet

Réussir l'élevage, c'est avant tout s'assurer que les animaux sont dans les meilleures conditions. L'élevage peut se faire soit en cage (batterie), soit au sol sur litière, ce dernier est le plus répandu pour l'élevage de poulet de chair. C'est le plus ancien, Il peut être intensif ou extensif dans le cas des élevages traditionnels familiaux ([Djerou, 2006](#)).

*** L'élevage intensif**

Il se fait pour le poulet de chair, pour les grands effectifs. En Algérie, il a pris sa naissance avec l'apparition des couvoirs au sein des structures du Ministère de l'Agriculture et de la Révolution Agraire (M.A.R.A.) ([Belaid, 1993](#)).

*** L'élevage extensif**

[Belaid \(1993\)](#) rapporte aussi que ce type d'élevage se pratique pour les poules pondeuses, il s'opère en zone rurale. La production est basée sur l'exploitation de la poule locale, et les volailles issues sont la somme de rendement de chaque éleveur isolé.

1.3. Abattage et abattoirs des volailles

L'abattage est l'opération la plus délicate de toutes celles qui la succèdent pour transformer l'animal en un morceau de viande propre à la consommation humaine. Cette opération permet d'obtenir des carcasses, des abats (cœurs, gésiers, foies) et des cous pouvant être commercialisés en état ou destinés à une transformation ultérieure ([Jouve, 1996](#)).

1.3.1. Définition de l'abattoir

L'abattoir est le siège d'activités diverses dont le but principal est d'obtenir, à partir des animaux vivants sains, des carcasses, dans les conditions d'efficacité technique, sanitaire et économique les meilleurs possibles ([Frayse et Darre, 1990](#)).

1.3.2. Conditions d'agrèage des établissements d'abattage avicole

Devant tous les risques causés par les intoxications alimentaires et les maladies aviaires, la réglementation algérienne, a identifiée et agréé un ensemble de structure pour les abattoirs et

les tueries qui conduisent à une meilleure manipulation du cheptel abattu dans le cadre d'un abattage sanitaire. Ceci conduit à une bonne maîtrise du circuit de distribution de la viande blanche. L'abattoir avicole doit répondre à plusieurs conditions imposées par la réglementation pour répondre au besoin du marché :

- Il doit être assez grand pour toutes les activités liées à l'abattage et à la transformation sans qu'il y ait un encombrement.
- Il faut prévoir une séparation obligatoire entre le secteur souillé et le secteur propre.
- L'abattoir doit être conçu de manière à permettre l'application facile des règles d'hygiène à tous les niveaux (construction, outils, équipements et personnel).
- Un apport en eau important au fonctionnement de l'abattoir et suffisant pour assurer les conditions d'abattages.
- L'unité doit être un peu éloignée de l'urbanisme pour éviter les problèmes de nuisance, d'odeur...etc.

Les modalités et les conditions d'abattage des animaux terrestres selon la religion musulmane, doivent être conformes aux règles ci-après précisées par le [journal officiel de la république algérienne \(2014\)](#) :

- * L'animal destiné à l'abattage doit être autorisé par la religion musulmane, sain, vivant au moment de l'abattage et habituellement nourri par des aliments "halal".
- * La personne chargée de l'abattage doit être musulmane, adulte, saine d'esprit et connaissant bien les règles et les conditions fondamentales de l'abattage des animaux, selon la religion musulmane.
- * Les instruments et ustensiles d'abattage l'animal doit être abattu avec un instrument préalablement nettoyé et bien aiguisé, les outils d'abattage, doivent couper avec leurs bords, les équipements d'abattage, les outils et les ustensiles doivent être propres et en acier inoxydable.
- * Les lieux d'abattage : les lignes et les processus d'abattage doivent être conçus de manière à répondre aux exigences "halal" fixées par le présent règlement technique et doivent satisfaire aux exigences des normes et des règlements en vigueur.
- * Le Contrôle sanitaire des animaux avant l'abattage doit être effectué par un vétérinaire habilité, selon L'étourdissement peut être utilisé à condition qu'il ne cause pas la mort de l'animal.
- * Pour la procédure d'abattage, l'animal doit être abattu après avoir été soulevé ou posé

de préférence sur son côté gauche en direction de la Qibla (direction de la Mecque) ;

une attention doit être accordée, pour réduire la souffrance de l'animal pendant l'abattage. Au moment de l'abattage, la personne chargée de cette opération, doit prononcer la « *BESMALLA* », avant l'abattage de chaque animal ; l'abattage doit se faire en une seule fois pour chaque animal. L'action de sciage est autorisée sans que l'outil d'abattage soit levé de l'animal lors de l'abattage. La trachée et les veines jugulaires doivent être coupées simultanément ; le saignement doit être spontané et complet. Le temps du saignement doit être suffisant, pour assurer une saignée complète.

1.3.3. Modes d'abattages

Les différences dans les habitudes humaines d'une manière générale sont fonction de plusieurs facteurs socio-économiques et religieux et pour les mêmes raisons nous pouvons distinguer des abattages rituels à côté de l'abattage non rituel classique.

1.3.3.1. Abattage rituel

L'abattage rituel peut être islamique (*Dhabihah*) ou juif (*Shehita*) principalement. Selon [Katem \(1986\)](#) la méthode islamique d'abattage (*halal*) nécessite que :

- * L'animal doit être licite à la consommation, vivant, en bonne santé, abattu pour l'unique raison alimentaire, au nom du dieu.
- * Le sacrificateur doit être en pleine conscience et pas sous l'effet de l'alcool ou des médicaments, compétent pour ce travail, conscient de ce qu'il est en train de faire.
- * L'acte d'abattage (Al-Dhabh) commence par la prononciation du nom d'ALLAH « *BISMILLAH ALLAHU AKBAR* », Il s'agit d'une coupe rapide et profonde, par un couteau bien affûté, des vaisseaux sanguins du cou, la trachée et l'œsophage.

Pour la *shehita* des règles très précises sont à prendre en considération :

- * Examen avant l'abattage.
- * Contention lors de l'abattage Tout étourdissement ou anesthésie (électrique, chimique...) préalables sont interdits et rendent l'animal *nevela* c'est à dire impropre à la consommation (*RAV YTHZAK WEISS, MINHAT YTZHAK*, tome 2, chapitre 27).
- * Les règles de l'incision sont très précises. Elles ont une signification religieuse et visent à réduire au maximum le stress et la souffrance de l'animal.
- * L'inspection : La dernière étape consiste en une *bediqua* (contrôle) de la carcasse et des principaux viscères par le *shohet*.

1.3.3.2. Abattage non rituel (classique)

Dans les abattoirs, l'abattage non rituel peut être rencontré ; il existe plusieurs techniques pour l'effectuer (mécanique, électrique et gazeuse). La différence entre ces techniques réside

principalement dans la phase d'étourdissement, pour les volailles, la plus utilisée consiste à tremper les têtes des poulets dans un bain électrique en vue d'engendrer une électronarcose.

L'étourdissement gazeux des poulets de chair représente une alternative dont le principe repose, entre autres, soit sur l'anoxie (l'inconscience se produisant par une diminution de la pression partielle de l'oxygène dans le cerveau), soit sur l'hypercapnie (l'inconscience est due à une diminution du pH du fluide cérébrospinal), il se fait par différents mélanges gazeux adaptés aux volailles (CO₂/ O₂/N₂ ; CO₂/Air) (Gomez, 2007).

Les différentes opérations effectuées lors de ce mode d'abattage sont bien illustrées dans la figure 2 commençant par ramassage dans les poulaillers jusqu'à l'obtention du poulet prêt à la consommation.

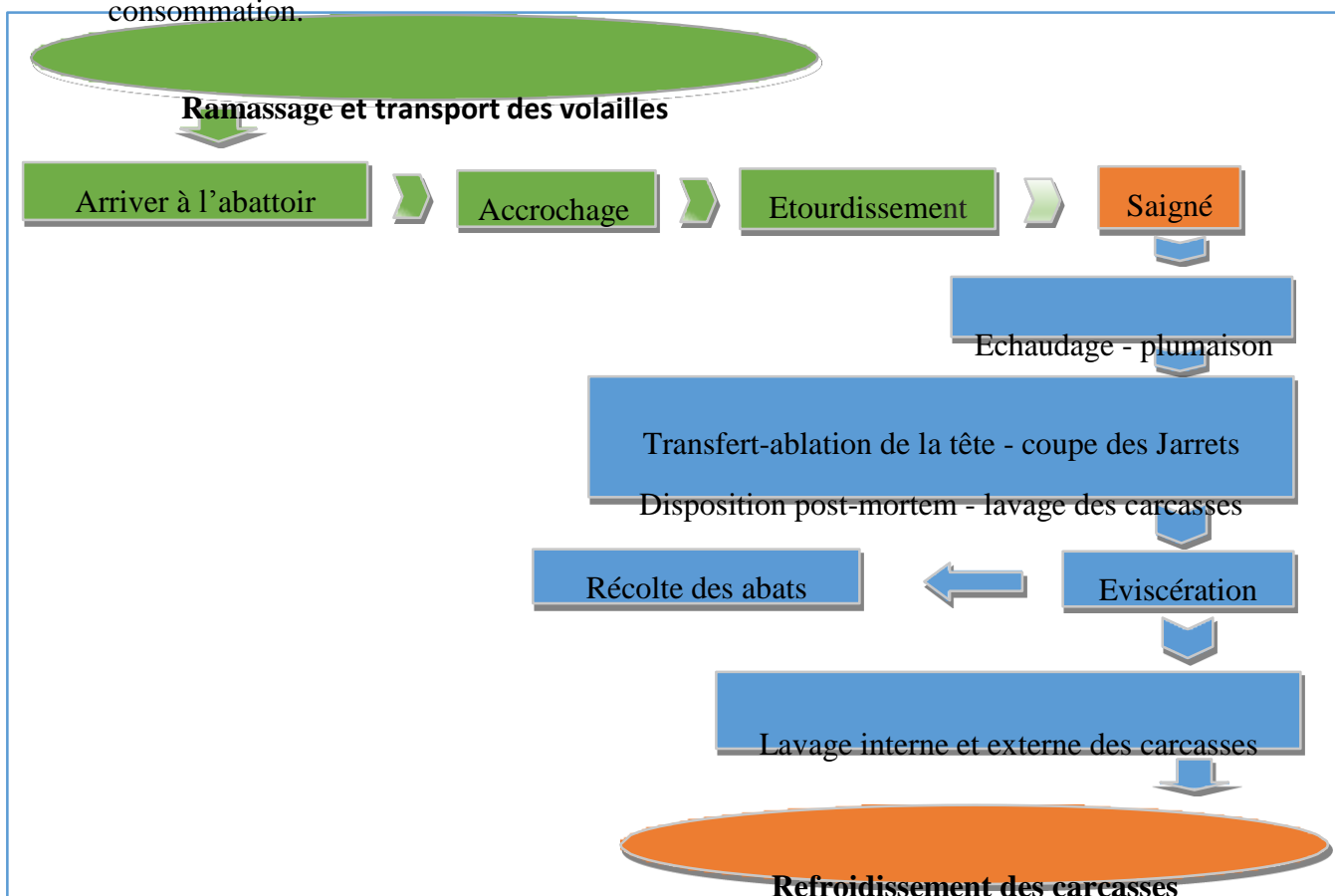


Figure 2 : Etapes d'abattage des volailles (Baccar *et al.*, 2005).

1.3.4. Procédé d'abattage des poulets

1.3.4.1. Ramassage et transport des volailles

Les volailles sont mises au repos et en diète hydrique (12 heures en moyenne) ce qui permet la vidange du jabot pour réduire le risque de contamination des carcasses de volailles. Les poulets peuvent être capturés et chargés dans des caisses en plastique puis dans le camion

avec prudence la nuit (Baccar *et al.*, 2005). Terlow *et al.*, (2007) rapportent que la durée de transport ne pouvant excéder 2h pour les poulets type label et au maximum 8h pour les autres.

1.3.4.2. L'arrivée à l'abattoir, accrochage et étourdissement

Les animaux doivent être entreposés dans un local spécifique qui leur assure une ventilation et des conditions 'd'attente' optimales pour un stress minimal. Le temps d'attente des animaux à l'abattoir ne dépasse pas 5 heures. En générale les volailles sont entreposées dans leurs caisses pendant la stabulation.

L'accrochage de la volaille aux manilles devrait être faite de manière à ce que les oiseaux se débattent le moins possible. D'après Baccar *et al.* (2005) le lieu d'accrochage doit être peu éclairé.

L'étourdissement des animaux selon Santé *et al.* (2007) est une obligation légale (Directive 93/119/CE) qui doit satisfaire les conditions suivantes :

1. Induction de l'insensibilité non aversive et indolore
2. Insensibilité effective chez tous les animaux et maintenue jusqu'à la mort de l'animal

1.3.4.3. Saignée / Égouttage

La saignée se fait par jugulation à l'aide d'un couteau manuel ou avec un couteau mécanique. L'égouttage se fait dans un couloir isolé du reste de la chaîne de telle sorte que le sang ne puisse être une cause de souillure en dehors du lieu d'abattage.

1.3.4.4. Échaudage, plumaison et étêtement

L'échaudage permet le ramollissement des follicules plumeux et selon Baccar *et al.* (2005) cette opération peut être faite soit :

- A basse température : 51-52°C (mauvais ramollissement)
- A moyenne température : 53-54°C (plus couramment utilisée)
- A haute température : 70-72°C (ramollissement mais risque de brûlure)

La plumaison se fait mécaniquement, il faut toujours s'assurer du réglage et de l'entretien des plumeuses.

L'opération d'étêtement peut avoir lieu dans la zone de plumage. Le cou de l'oiseau passe à travers un dispositif qui retient la tête tandis que le corps est tiré par le convoyeur aérien.

1.3.4.5. Eviscération et Lavage

C'est l'étape qui consiste à dégager les viscères des carcasses de poulets. Elle se fait par retournement du cloaque (incision circulaire autour du cloaque) et ouverture de la cavité

abdominale. Les carcasses entièrement vidées sont nettoyées par aspersion d'eau potable sous pression pour enlever les souillures organiques d'une part et le découlement des

microorganismes, d'une autre part. Cette opération permet d'améliorer la présentation du produit final et de diminuer le niveau de contamination.

Après être passées par une machine à laver, les carcasses sont acheminées vers un instrument qui tranche le jarret au niveau de l'articulation. Ensuite ils sont accrochés sur des étriers par les ailes, puis entrent dans la chambre de ressuyage.

Le pré ressuyage est de plus en plus utilisé à ce stade, il permet par le transfert des carcasses sur une chaîne de pré-refroidissement, de sécher ces carcasses et descendre leur température interne à +8°C. Les volailles sont accrochées sur des étriers à deux points, qui ouvrent la carcasse, un système qui envoient de l'air froid et sec dans et autour des volailles abattues ; cette étape permet de limiter la multiplication ultérieure des micro-organismes et éviter la souillure par l'humidité présente à la surface des carcasses (Joire, 1996).

En ressuyage proprement dit la chaleur résiduelle de la carcasse est totalement évacuée et la température des muscles profonds d'une volaille de 2kg (poids vivant) est abaissée à 2°C en moins de 70 minutes avec une perte de poids inférieure à 1%.

1.3.4.6. Opérations complémentaire

- **Emballage** : L'emballage des volailles abattues ne doit pas altérer les caractères organoleptiques de la viande, ni de transmettre des substances nocives. Il doit être en matériaux appropriés et inertes, il est réalisé avec des films en plastiques.
- **Réfrigération** : C'est le maintien de la température de l'aliment légèrement au-dessus du 0°C, pour prolonger la durée de conservation du poulet de plusieurs jours. Selon Budo *et al.* (1990). Elle se fait par différentes techniques : l'aspersion d'eau froide sur des carcasses, l'immersion des carcasses dans l'eau froide, passage dans une salle à air ventilé, vaporisation sous vide et le refroidissement par cryogénie N2.
- **Congélation** : permet des durées de conservation de plusieurs mois. En milieu congelé (-25°C), et sous emballage en sachets plastiques, la volaille peut se conserver jusqu'à 6 mois.
- **La surgélation** : la température interne doit être inférieure ou égale à -18°C. La congélation et la surgélation doivent être immédiates après l'abattage et maintenues jusqu'à la vente au consommateur.

2. Viande et qualité

La viande est le produit issu de l'évolution post mortem du tissu musculaire

squelettique, qui représente 40 à 50 % du poids vif des animaux. Pour comprendre les

mécanismes responsables de la détermination des qualités des viandes et les facteurs intervenant, la connaissance de ce tissu paraît indispensable.

2.1. Tissu musculaire

Le muscle squelettique est constitué de cellules musculaires (fibre) juxtaposées parallèlement, organisées en faisceaux et entourées de tissu conjonctif vasculaire (figure3). l'épimysium d'où partent des travées conjonctif formant un tissu plus fin le perimysium. Ce dernier, entoure l'ensemble des éléments nerveux ; l'endomysium est une mince couche du tissu conjonctif qui provient du perimysium et entoure la fibre musculaire. La fibre musculaire apparait en microscopie optique comme un élément allongé pluri-nucléaire présentant une striation transversale régulière, elle est entourée d'une membrane plasmique doublée d'une lame basale et l'ensemble forment le sarcolemme qui délimite le sarcoplasme. Les myofibrilles ou l'élément contractile occupent la majeure partie du cytoplasme et la striation apparait comme alternance bandes claires isotropes I et de bandes sombre anisotropes A.

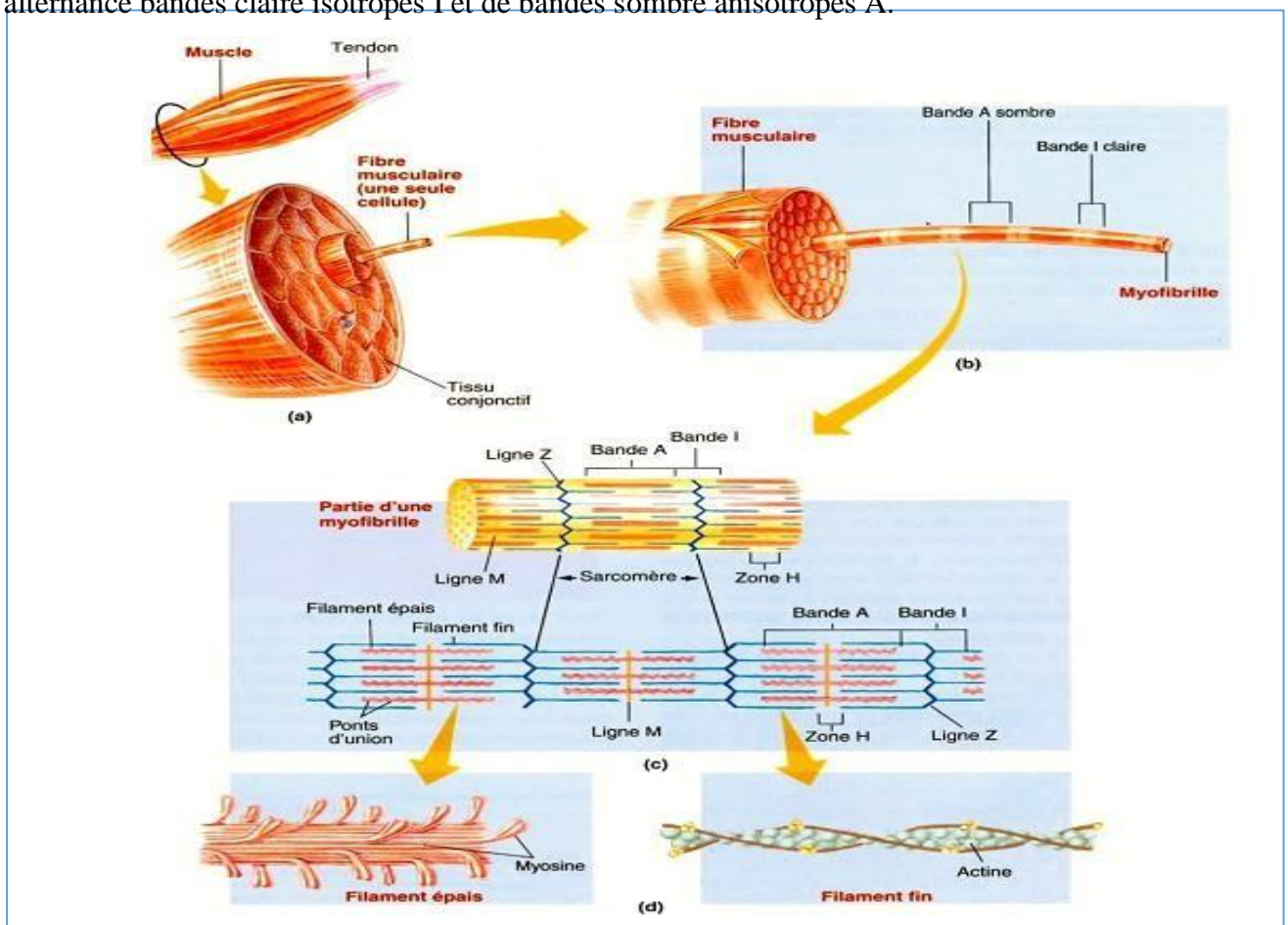


Figure 3 : Niveau d'organisation du muscle (a), la fibre musculaire (b), une myofibrille (c) et des myofilaments (d). ([Sherwood *et al.*, 2006](#))

2.2. Métabolisme musculaire au cours de la vie et conséquences de la saignée

L'animal vivant produit l'ATP à partir de la dégradation du glucose par respiration cellulaire (le cycle de Krèbs) ou bien la glycolyse anaérobie. Lors d'un exercice fort et violent, le muscle peut produire l'ATP à partir de ses propres réserves en glycogène ; l'acide pyruvique formé ne pénètre plus dans les mitochondries, ce dernier est converti dans le cytoplasme par le lactate déshydrogénase en acide lactique (El rammouz, 2005).

Cette glycolyse peut s'effectuer aussi lors de l'épuisement des réserves de glycogène à partir du glucose hépatique véhiculé par le sang. Lorsque l'effort violent se prolonge il va y avoir une baisse du pH musculaire à des valeurs inférieures à 6, l'activité des enzymes musculaires se modifie, l'efficacité de la contraction diminue et l'animal entre en phase d'acidose (fatigue).

Au cours de la phase de repos, l'acide lactique passe du muscle au sang qui le transporte au foie pour être converti en glycogène par gluconéogenèse (Scheurs, 2000).

Après la saignée, la circulation sanguine s'arrête mais les mécanismes de maintien de l'hémostase continuent à fonctionner dans la cellule musculaire pendant un certain temps ; c'est les mécanismes anaérobies, la figure 4 illustre bien toutes ces transformations post mortem.

2.3. Transformation du muscle en viande

Après abattage des animaux, les muscles subissent des modifications qui influencent la qualité organoleptique de la viande. Cependant, on peut considérer qu'au cours de sa transformation en viande. Le muscle passe successivement par trois états différents : état pantelant, état rigide et état de maturation (Craplet, 1965).

2.3.1. État pantelant

L'arrêt de la circulation sanguine stoppe l'oxygénation, le muscle continue à vivre mais en épuisant ses réserves énergétiques, c'est la viande chaude caractérisée par des masses musculaires molles, relâchées et élastiques. La couleur du muscle est foncée par manque d'oxygénation, la durée de l'état pantelant est très courte chez les volailles, elle dure de 30mn à 01 heure. Cependant Molette (2004) rapporte que cette phase correspond chez les volailles, aux secondes qui suivent la mort de l'animal et que c'est la durée de survie du système nerveux.

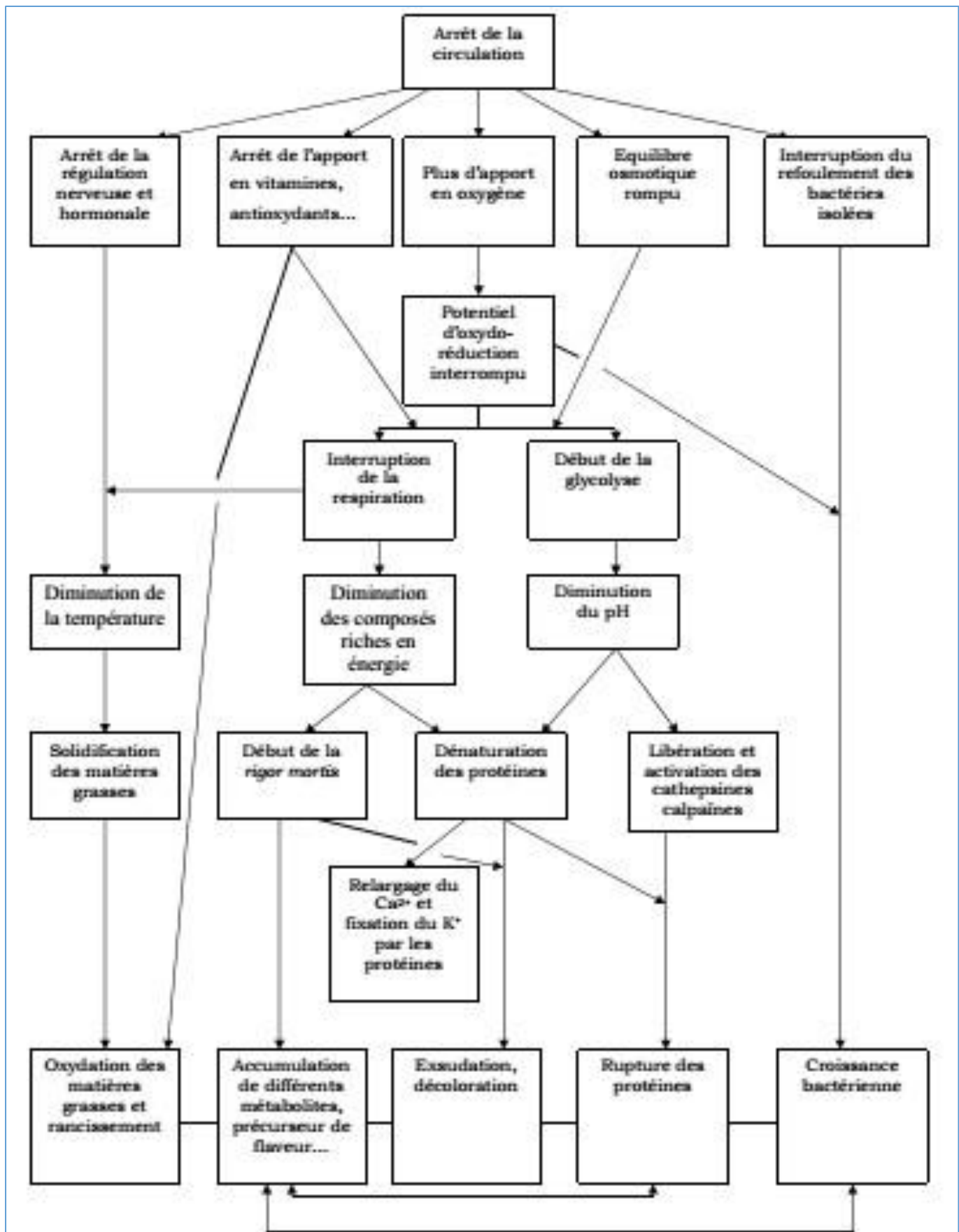


Figure 4 : Conséquences de l'arrêt de la circulation sanguine dans le tissu musculaire (Molette, 2004).

2.3.2. La mort cellulaire

Ouali *et al.* (2006), rapportent que dans le schéma traditionnel de transformation du muscle en viande, il serait donc nécessaire de rajouter une étape avant la phase de *rigor mortis* qui correspondrait à la phase de mise en place de la mort cellulaire et de l'apoptose avec toutes les conséquences qui lui sont associées et ses effets sur les phases de *rigor* et de maturation (Figure 5). L'entrée des cellules musculaires en apoptose ou la mort cellulaire programmée est un fait qu'il est difficile de contester compte tenu des conditions environnementales qui existent après la saignée de l'animal. C'est un passage obligé pour l'ensemble des cellules et des tissus de l'animal qui vient d'être abattu et, cela, quelle que soit l'espèce considérée.

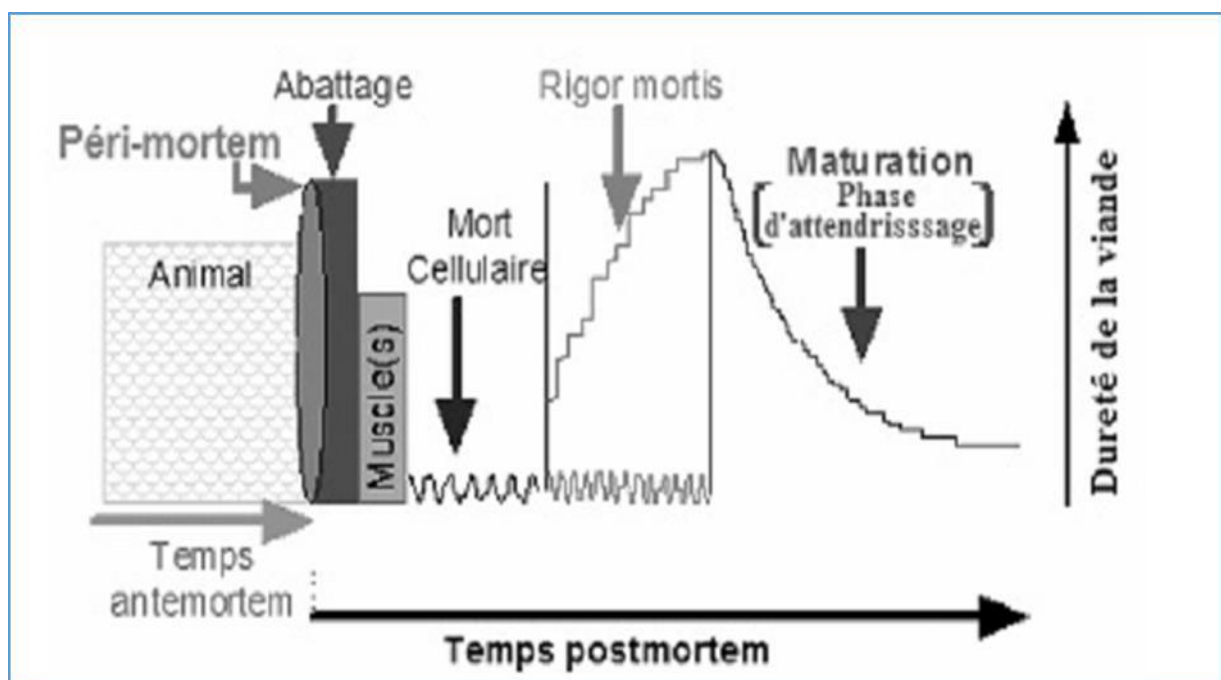


Figure 5 : Différentes phases de transformation du muscle en viande (Ouali *et al.*, 2006).

La notion d'apoptose a été introduite en 1972 par Kerr *et al.*, pour désigner une forme de mort cellulaire totalement différente de la nécrose, tant d'un point de vue morphologique que biochimique.

Selon Ouali *et al.* (2006) l'apoptose est considérée comme une mort cellulaire "ordonnée", procédant en différentes étapes :

- Tout d'abord, les cellules en apoptose s'isolent des autres par perte des contacts entre les cellules.

- On assiste ensuite à une importante condensation à la fois du noyau et du cytoplasme ce qui induit une diminution significative du volume cellulaire.

- Les mitochondries de la cellule apoptotique subissent plusieurs modifications majeures : libération du cytochrome c dans le cytoplasme, diminution du potentiel membranaire et altération de la perméabilité membranaire avec ouverture de pores spécialisés.
- Après condensation du noyau, la chromatine est clivée en fragments réguliers d'environ 180 paires de bases. Parfois, la membrane plasmique bourgeonne et forme des corps apoptotiques renfermant une partie du cytoplasme de la cellule.
- Afin de faciliter la reconnaissance des corps apoptotiques par les phagocytes, la cellule signale son état apoptotique à son environnement grâce au changement de localisation des molécules de phosphatidylsérines qui passent d'une orientation cytoplasmique à une orientation extracellulaire.

2.3.3. Etat rigide *rigor -mortis*

Les masses musculaires deviennent dures, raides et inextensibles, ces phénomènes sont dus à l'épuisement des réserves de glycogènes transformé en acide lactique ceci entraîne l'abaissement du pH de 7 à 5,4 (Sekhri, 2003). La durée de la *rigor mortis* varie entre 10 à 48 heures, cela est en fonction spécialement, de la température de conservation et l'espèce animale.

2.3.4. État de maturation

C'est un phénomène naturel qui résulte du relâchement des liens entre les fibres musculaires et liens établis lors de la *rigor mortis* grâce à l'action de divers enzymes protéolytiques (endopeptidases). Des réactions chimiques se produisent également, au niveau des lipides sous l'action des lipases. La vitesse de maturation est supérieure dans les muscles blanc lorsque la température est élevée (Berri et Jehl, 2001). Les masses musculaires deviennent molles, souples, et laissent exsuder du suc musculaire ; la tendreté augmente, la couleur s'éclaircit. La phase de maturation est la phase idéale pour la consommation de la viande mais ce critère n'est pas toujours respecté (Drieux et Ferrando, 1962).

2.4. Evolutions biologiques au cours de la maturation

La maturation des viandes est une période pendant laquelle s'élaborent les qualités organoleptiques du produit final, en fonction des évolutions positives et négatives des caractéristiques et mécanismes qui y contribuent (Ouali, 2006).

Ce même auteur rapporte en 1990, que la mort de l'animal provoque des changements dans le métabolisme musculaire, dont les modifications sont issues de deux processus,

physicochimique et enzymatique. Cependant, ces évolutions ne sont en aucun cas dues aux phénomènes microbiologiques.

2.4.1. Evolutions physico-chimiques

L'étude de ce processus nécessite la connaissance des évolutions dans le temps post mortem de plusieurs paramètres intervenant dans le phénomène de transformation du muscle en viande et agissant sur la qualité finale du produit. La température de l'animal vivant est d'environ 38°C, après abattage la carcasse doit arriver à 4°C ce qui contribue aussi dans ses phénomènes.

- **Evolution du pH**

le pH est la caractéristique de la viande fraîche la plus fréquemment mesurée, elle diminue jusqu'à une valeur appelée pH ultime, le pH du muscle décroît progressivement après l'abattage et passe de sa valeur physiologique (pH=7,0-7,2) à une valeur entre 5,3-5,8 selon l'espèce animale considérée et, au sein d'une même espèce, selon le muscle considéré. Chez la volaille, [Santé et al., \(2001\)](#) rapportent que le pH décroît à des valeurs comprises entre 5,7 et 5,9.

L'ensemble des réactions survenant dans la cellule musculaire post mortem suite à la libération dans le sarcoplasme des ions calcium qui stimulent l'activité ATPasique du complexe actomyosine, entraînant ainsi la libération de phosphate inorganique, conduit à l'accumulation d'acide lactique et la libération de protons (H^+) en proportion sensiblement équivalente ([Bendall,1973](#) ; [El rammouz, 2005](#)).

Cette acidification du tissu musculaire aura des conséquences sur la structure myofibrillaire elle-même en réduisant la solubilité des protéines contractiles et sur les interactions eau-protéines myofibrillaires ainsi que sur les potentialités d'action des protéases endogènes sur ces structures.

Le pH ultime dépend de la concentration en glycogène dans les muscles au moment de l'abattage ([Bendall et Lawrie, 1992](#)). La chute de pH se caractérise par sa vitesse et son amplitude.

- **La capacité de rétention d'eau**

Le pouvoir de rétention d'eau de la viande caractérise son aptitude à conserver, dans ses structures au cours des traitements technologiques, l'eau qu'elle contient initialement ou qui lui a été ajoutée ([Goutefongea et Guussaut, 1982](#)).

Deux facteurs peuvent ainsi agir qui sont le pH et la liaison des métaux aux protéines myofibrillaires (Labord, 1984). Lorsque la cohésion entre les molécules diminue par une augmentation de la répulsion électrostatique entre les groupes de même charge ou par une diminution des liens hydrogènes, le réseau protéique est élargi, le gonflement augmente et l'eau peut être alors immobilisée dans les interstices (Hamm, 1975). Le même auteur précise en 1960 qu'à l'inverse, si l'attraction entre les molécules adjacentes augmente, il y a moins d'espace disponible pour l'eau qui peut être relâchée sous l'influence d'une faible pression et durant les premières 24 heures après l'abattage le pouvoir de rétention d'eau diminue, à cause d'une diminution du pH se rapprochant du point isoélectrique des protéines.

Le réseau se resserre ainsi et il y a moins de place pour les molécules d'eau. Selon Goutefongea et Guossaut (1982), cette diminution a pour origine trois phénomènes : la glycolyse anaérobie entraînant l'abaissement du pH des protéines musculaires, la dénaturation des protéines du réticulum sarcoplasmique et en fin les variations du taux de Ca^{++} myofibrillaire en raison de l'hydrolyse et de la non régénération du stock. D'après Offer et Knith (1988), l'aptitude de la viande à retenir son eau est un facteur qui influence très largement sa texture finale.

Lorsque le pH diminue jusqu'au point isoélectrique des protéines, la charge nette des protéines diminue provoquant ainsi un resserrement du réseau protéique myofibrillaire, l'eau se déplace du compartiment intramyofibrillaire vers l'espace intermyofibrillaire et réduit par conséquent la pression osmotique dans le sarcoplasme ; il y aura donc un transfert d'eau de l'espace intracellulaire vers l'espace extracellulaire (Boutten, 2003).

La vitesse de chute du pH augmente la vitesse de chute de la capacité de rétention d'eau des protéines (Boakky et Mihal, 1993) ; les résultats d'Allen *et al.*, (1997) montrent que la capacité de rétention d'eau du muscle pectorale et de la cuisse augmente significativement avec le pH de la viande. Plus la température est élevée et plus la capacité de rétention d'eau des protéines sera faible (Lesak *et al.*, 1996). La capacité de rétention d'eau peut être un indicateur de l'intensité de la maturation post mortem (Offer et Knith, 1988).

2.4.2. Evolutions enzymatiques

Les systèmes protéolytiques impliqués durant ce processus vont assurer la dégradation des protéines au cours des cycles de renouvellement successifs (Ashgar et Bhatti, 1987). Différents systèmes protéolytiques semblent être impliqués dans ce processus de

dégradation de la structure contractile dont les plus connus sont les calpaines, les cathepsines, protéasome, les serines protéases et plus récemment les caspases qui constituent une famille de cystéines protéases responsable de la dégradation des structures cellulaires au cours de la mort cellulaire (Sentandreu *et al.*, 2002 ; Ouali *et al.*, 2006).

2.4.2.1. Les caspases

Au cours de l'apoptose qui est la première phase intervenant lors de l'attendrissage des viandes, les caspases qui sont des enzymes de la famille des cystéines peptidases et nécessitent la présence d'un résidu d'acide aspartique (Sakamaki et Satou, 2009), seraient les premières peptidase mises en place pour altérer la structure contractile (Ouali *et al.*, 2006). Selon les mêmes auteurs, On distingue trois classes :

- les caspases impliquées dans les processus inflammatoires (caspases 1, 4, 5). La fonction précise de ces caspases est moins bien connue que celles des deux autres classes.
- les caspases impliquées dans la phase d'initiation de l'apoptose (caspases 8, 9, 10). Ces caspases sont caractérisées par des pros domaines de grande taille contenant souvent des régions essentielles pour leurs interactions avec d'autres protéines. Ces structures vont permettre la liaison de ces caspases aux molécules régulatrices (activatrices ou inhibitrices) porteuses de domaines similaires.
- les caspases effectrices qui déstructurent la cellule lors de la phase d'exécution (caspases 3, 6 et 7). Par rapport aux caspases initiatrices, celles-ci ont généralement des pros domaines de petite taille.

L'apoptose myo-nucléaire peut être activée par trois voies plus ou moins reliées ; les caspases sont normalement présentes sous forme inactive, les pros caspases. Les voies illustrées dans la figure 6 engendrent le clivage de différentes pros caspases qui, une fois actives, ont la capacité d'activer d'autres caspases. Ces protéases ont comme substrat plus de 280 protéines, dont plusieurs ont un rôle dans la régulation ou la structure du cytosquelette et du noyau des cellules (Fischer *et al.*, 2003).

L'incubation de myofibrilles de bœuf avec de la caspase 3 ou de la caspase 6 a permis de reproduire une partie de la dégradation des protéines myofibrillaires observée lors de la période post mortem (Huang *et al.*, 2011).

Dans le cas de la caspase 3, elle engendrait une dégradation de la titine et de la nébuline, de même que l'apparition d'un fragment de troponine-T à 28 kDa. Pour ce qui

est de la caspase 6, elle engendrait une dégradation de la titine, de la nébuline et de la desmine. Les auteurs de l'étude, concluaient que les caspases reproduisent seulement une partie de la dégradation protéique observée durant la période postmortem et qu'elles doivent donc agir in vivo avec d'autres protéases endogènes lors de l'attendrissement, possiblement les calpaïnes (Huang *et al.* 2011).

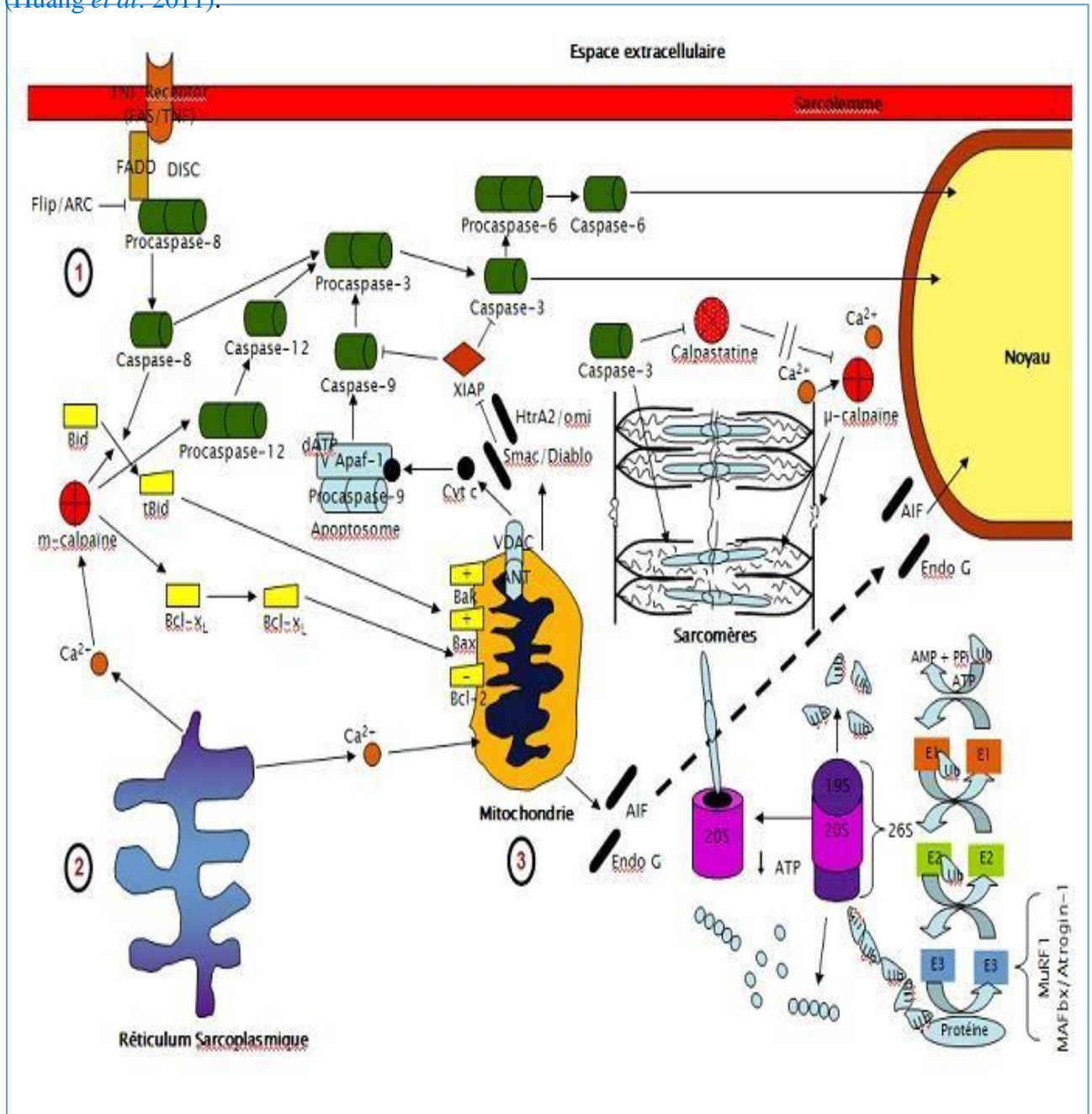


Figure 6 : Voies de l'apoptose myonucléaire chez le muscle squelettique en atrophie. 1) Signal provenant de facteurs extracellulaires menant à l'activation des caspases. 2) Signal provenant

du relâchement du calcium par le réticulum sarcoplasmique. 3) Signaux dépendants et indépendants des caspases provenant de la mitochondrie. (Basée sur Powers *et al.*, 2007; Pouliot, 2015)

2.4.2.2. Les calpaïnes

Ce sont des cystéines protéases C^{++} -dépendantes. Le système des calpaïnes est le principale responsable de l'attendrissement post mortem de la viande (Christensen, 2003). La fragilisation de la strie Z est la principale modification structurale obtenue ainsi que l'apparition d'un fragment de 30 kDa sont reproduites.

On retrouve parmi les substrats des calpaïnes (μ et m) la titine, la desmine, la nébuline, la vinculine et la troponine-T (Goll *et al.*, 2003). Ce système ferait intervenir les μ - et m -calpaïnes, la calpaïne 3 et la calpastatine. Cependant, les calpaïnes ne peuvent à elles seules reproduire l'ensemble des modifications post-mortem intervenant au niveau de la structure myofibrillaire (Taylor *et al.*, 1995). Le rapport calpaïne /cal pastatine joue aussi un rôle très important (Geay *et al.*, 2002).

2.4.2.3. Les enzymes lysosomales

L'incubation de myofibrilles avec un extrait lysosomal du muscle ou avec de la cathepsine L montre que ces fractions reproduisent des changements structuraux comme la fragmentation transversale des myofibrilles au niveau de la bande I (Mikami *et al.*, 1987). Les cathepsines B, H et D sont également capables d'induire des changements au niveau de la bande M et de la jonction entre les bandes A et I (Ouali, 1992).

Par conséquent, les cathepsines sont susceptibles d'intervenir dans le phénomène d'attendrissement de la viande, mais elles ne devraient pouvoir agir que lorsque le pH sera proche de sa valeur ultime. Les cathepsines hydrolysent essentiellement la myosine et l'actine.

2.4.2.4. Le protéasome

Le protéasome est capable de dégrader la majorité des protéines myofibrillaires ; Mykles (1989) et Mykles et Hair (1995) ont réalisé des incubations de protéines myofibrillaires et de protéasome purifié à partir de muscle de homard. Dans ces conditions, ces auteurs ont montré que le protéasome pouvait dégrader la plupart des protéines myofibrillaires. Taylor *et al.* (1995), ont incubé des myofibrilles avec du protéasome purifié et ont montré que la strie Z et les bandes A et I étaient altérées.

2.4.2.5. Les sérine-protéinases :

parmi les paramètres mesurés et apparaissant comme les plus discriminants, le taux d'inhibiteurs de sérine protéinases revenait à plusieurs reprises en première place (Zamora *et al.*, 2005).

2.4.3. Evolutions structurales

2.4.3.1. Evolution de la structure myofibrillaire

A partir d'études de la structure myofibrillaire en fonction du temps post mortem, en microscopie à contraste de phases ou électronique, on note plusieurs modifications (Ouali, 1990), la disparition progressive du disque Z, la diminution de la densité de la bande M, la perte de l'alignement transversal des stries Z et des autres structures sarcomériques et la fragmentation transversale des myofibrilles.

Globalement, on observe une fragilisation de la structure myofibrillaire. Il a été montré que ses myofibrilles, homogénéisés de façon contrôlée, étaient de plus en plus fragmentées au fur et à mesure de la durée de stockage et ce, en étroite relation avec la tendreté de la viande (Olson et Parrish, 1977). Il a été montré que l'apparition d'un fragment de 30kDa lors du stockage à 4°C est le produit de la dégradation de la troponine T (Ho et Stromer, 1994; Nigishi et al., 1996).

Des chercheurs de l'université de Athènes et celle de Tübingen en collaboration avec le centre international de l'alimentation ont identifié les protéines qui se dégradent au cours de la maturation de la viande bovine par électrophorèse et ont trouvé que les principaux fragments apparents sont de : 30, 32, 16, 90 et 110kDa. Les fragments de 30 et 32 kDa sont liés à la dégradation de la troponine T.

Pour le fragment de 16 kDa il s'agit d'une protéine sarcoplasmique, glyceraldehyd-3-phosphatedeshydrogénase. L'origine du fragment de 90kDa au cours de la maturation est inconnue. Le fragment de 110 kDa en plus de certains autres fragments de 44kDa a comme origine la créatine kinase, celui de 23 kDa est liée à la glyceraldehyde-3-phosphates déshydrogénas et en fin le fragment de 21.5 kDa (la vinculine) (Troy, 1999).

La myosine et l'actine ne sont pratiquement pas dégradées lors des stockages à 4°C (Greaser et Fritz, 1995). De même, l' α actinine n'est pas dégradé au cours de la conservation à 4°C (Goll et al., 1991).

2.4.3.2. Evolution de la structure collagenique

Wibreak *et al.*(1954) ont montré que le tissu conjonctif ne subissait pas de modifications significatives lors du stockage et donc n'intervient pas dans l'attendrissage de la viande. La notion de dureté de base de la viande a donc été proposée par ces auteurs.

2.5. Notion de qualité

La qualité de la viande est l'ensemble des caractères tissulaires et des propriétés organoleptiques réclamés par une majorité de consommateurs (Drieux *et al.*, 1962). Cette qualité peut être perçue au travers plusieurs composantes dont la qualité nutritionnelle, microbiologique, organoleptique et technologique.

2.5.1. Qualité nutritionnelle

La valeur nutritionnelle est influencée par la perte ou la concentration en certains nutriments, Brunel *et al.* (1960) affirment que chaque espèce a ses propres spécificités concernant sa composition nutritionnelle, qui peut alors varier selon le muscle considéré et l'espèce elle-même

Les viandes de volailles sont riches en eau et en protéines (27,3g) pour une teneur en lipides assez faible (3,79g), ce qui les classe parmi les viandes peu grasses ; ces viandes ont une quantité intéressante d'acides gras insaturés (plus de 60%). En plus de sa richesse nutritionnelle elle présente les caractéristiques suivantes :

- Digestibilité élevée due à une teneur en collagène réduite et une richesse en protéines.
- Faible teneur en graisse ; teneur la plus élevée en acides gras insaturés de toutes les viandes. (Paquin, 1992).

2.5.2. Qualité microbiologique

Campylobacter et *Salmonella* sont de loin les principaux germes pathogènes provenant des volailles. La plupart des contaminations des volailles par ces germes sont ante mortem (Mead, 2000). De même La staphylococcie est un sérieux problème de santé pour les volailles avec plusieurs espèces de *Staphylococcus* qui sont impliquées dans des maladies ante-mortem. Ils causent surtout un problème économique en jouant un rôle important dans les problèmes de croissance des volailles (Barbut *et al.*, 2002). Après abattage, *E. coli* est le germe largement étudié dans les usines de volailles, c'est un indicateur indirect de contamination fécale

2.5. 3. Qualités Organoleptiques

Ce sont des qualités perçues par le consommateur comme l'aspect, la saveur, la texture, et la jutosité.

2.5.1.1. La couleur

La couleur est souvent considérée par le consommateur comme un indicateur de fraîcheur et de qualité globale de la viande (Fletcher, 1999) c'est la principale caractéristique qui oriente l'achat parce qu'elle est la première perçue par le consommateur.

La couleur dépend de la concentration de pigment héminique ainsi que de son état physico-chimique, du pH et de la structure de la viande qui influence la réflexion de la lumière. Millar *et al.* (1994), rapportent que la concentration de la myoglobine est significativement plus faible chez les volailles que chez les autres espèces d'où l'appellation viande blanche.

(Santé *et al.*, (2001), précisent que l'abaissement du pH augmente la quantité d'eau extracellulaire et en conséquence la réflexion de la lumière incidente ce qui provoque un éclaircissement des viandes. Castellin *et al.*,(2002), concluent qu'un pH ultime bas est associé à une viande moins rouge et plus jaune.

La couleur est en effet sous la dépendance des caractères génétiques que l'on favorise ou atténue par la consommation d'aliments plus ou moins riches en pigment jaune. L'absence de graisse sous cutané laisse apparaître directement le muscle naturellement rose (Tremolière *et al.*, 1984). La couleur de la viande varie en fonction de l'espèce, du sexe, des races, de l'alimentation, du niveau d'exercice, des conditions d'abattage et des caractéristiques métaboliques et contractiles du muscle (Fletcher, 2002). Santé *et al.*(2001), rapportent que la luminésence dépend essentiellement des conditions prés abattage et les manipulations après abattage.

Boliane et King (1998), rapportent que la valeur du pH des pectoraux de couleur foncés est plus élevée que celle des pectoraux de couleur normale

2.5.1.2. La jutosité

Elle comporte deux composantes, la première est l'impression d'humidité pendant les premières mastications, produite par une libération rapide du fluide de la viande, la seconde est celle de jutosité soutenue, largement due à l'effet stimulant du gras sur la salivation (Laroche, 1990). Selon Girard *et al.*, (1988), La jutosité, est liée à la quantité d'eau libre subsistante dans la viande et elle varie avec le pouvoir de rétention d'eau, de plus les carcasses ayant une moindre tendreté et moins riches en lipides leur jutosité est également plus réduites. L'évolution *post mortem* du pH et les pertes à la cuisson ont une influence importante dans la détermination de la jutosité de la viande (Monin,1988).

Le pouvoir de rétention d'eau (PRE) représente la capacité de la viande à retenir l'eau qui s'écoule spontanément après la coupe ou au moment des applications de forces externes comme

le chauffage et la pression. Cette capacité de rétention d'eau de la viande est due à 97% aux protéines myofibrillaires. En effet, la myosine, l'actine et, dans une moindre mesure la tropomyosine, sont les principaux composants musculaires capables de fixer l'eau (Smyth *et al.*, 1999).

Le pouvoir de rétention d'eau, est largement influencées par le niveau final et la vitesse de chute du pH dans le muscle après la mort de l'animal (Northcutt *et al.*, 1994 ; Warriss *et al.*, 1999). De nombreux résultats ont montré que la capacité de rétention d'eau du muscle pectoral et de la cuisse augmente significativement avec l'augmentation du pH de la viande chez le poulet (Northcutt *et al.*, 1994 et Allen *et al.*, 1997).

2.5.1.3. La flaveur

C'est une combinaison de goût et d'odeur qui est perceptible par les papilles gustatives et les récepteurs olfactifs du nez (Farmer, 1999).

La viande crue possède une odeur et une saveur peu prononcées, sanguines et légèrement salées. Ce n'est que lorsqu'elle est chauffée que se développe l'arôme intensif et typique de la viande, La cuisson libère en effet des composés volatiles constituant les arômes. Les précurseurs d'arômes responsables de la saveur de base de la viande se trouvent dans la partie maigre du muscle, tandis que les arômes spécifiques de l'espèce animale sont issus des graisses et des phospholipides (Fletcher, 1999).

Pour la viande de volaille la flaveur est largement influencée par l'état d'engraissement, Chambers *et al.*, (1989) retrouvent pour les carcasses les moins riches en lipides, une flaveur réduite. Le goût est la propriété la plus caractéristique de la viande blanche, on observe que pendant une durée de conservation quelconque, le consommateur peut remarquer des modifications divers de celle-ci qui sont liés à l'acidification (Guiraud, 1998).

Les composés aromatiques résultant de l'oxydation des lipides favorisé par la présence d'acides gras insaturés ; ainsi les phospholipides contiennent des proportions importante d'acides gras insaturés qui constituent également une source non négligeable de composés volatiles (Mottram, 1998).

L'arôme agréable qui se dégage quand la viande commence à cuire et les substances aromatiques qui en sont responsables se forment par les voies chimiques suivantes :

- Réaction de Maillard.

- Dégradation de graisses et autres lipides et la dégradation partielle de la thiamine (vitamine B1).

2.5.1.4. Texture et tendreté

La texture est un facteur très important de la qualité organoleptique des viandes (Gasperlin *et al.*, 1999). La tendreté est la facilité avec laquelle la viande est découpée puis broyée lors de la mastication ; c'est la qualité la plus recherchée par le consommateur (Virling, 2003). D'après Koohmaraie *et al.* (2002), il y a trois facteurs qui influencent la texture finale de la viande et qui sont : la longueur du sarcomère, la quantité et qualité du tissu conjonctif en plus du niveau de protéolyse des protéines musculaires.

Dans le cas de la viande de volaille, la maturation est très rapide, la dureté de base de la viande devient alors primordiale et les problèmes de texture relèvent aussi bien d'une dureté excessive que d'un manque de cohésion. Deux facteurs structuraux de la viande contrôlent sa tendreté, c'est la structure collagénique par son abondance et sa nature en plus de la structure myofibrillaire par son état de contraction et son amplitude d'attendrissage après abattage (Lebret et Picard, 2015).

Cependant, la dureté excessive de la viande est devenue un problème réel en production avicole depuis le développement de la découpe des carcasses chaudes, alors que le muscle n'est pas encore en *rigor mortis* (Santé *et al.*, 2001). L'engraissement constitue le facteur principal de la variation de la texture, bien qu'il ne semble pas avoir d'effet sur la qualité du filet il réduirait la tendreté de la cuisse (Ricard et Touraille, 1988). Mais ces résultats ne sont que partiellement corroborés par l'étude de Chambres *et al.*, (1989) qui retrouvent bien une moindre tendreté des carcasses les moins riches en lipides.

2.5.4. Qualité technologique

Les qualités technologiques représentent l'aptitude de la viande à répondre aux besoins des transformateurs, parmi elles les plus significatives sont les rendements en viandes, la stabilité au cours du temps en terme de qualité sanitaire, la capacité de rétention d'eau et l'aptitude à la transformation ou les rendements à la cuisson ; elle sont liées à une demande accrue de produits élaborés à partir des viandes de volaille (Berrie *et al.*, 2001). Ces critères sont fonction principalement du pH de la viande et sa capacité à retenir l'eau.

2.6. Facteurs influençant la qualité de la viande

La transformation du muscle en viande repose très largement sur les mécanismes biochimiques qui après la mort des animaux modifient plus au moins profondément la

composition et la structure du muscle ; Différents facteurs peuvent influencer sur le cours de ces transformations. Selon [Boccard et Bordes \(1986\)](#) nous avons deux sorte de facteur :

- **Facteurs intrinsèques** au muscle traduisant les influences de l'espèce, de l'âge, du sexe, du type de muscle.
- **Facteurs extrinsèques** à savoir les technologies mises en œuvre et en particulier les conditions prés et au cours de l'abattage en plus du régime thermique imposé aux carcasses car les mécanismes enzymatiques sont dépendants de la température.

3. Notions de bien-être et de stress chez le poulet

Certaines réponses comportementales et physiologiques liées aux conditions pré-abattage ont un impact sur le métabolisme ante et post mortem et par ce biais sur les qualités technologiques et/ou sensorielles des viandes de volaille ([Debut et al., 2003](#) ; [Berri et al., 2005](#)).

3.1. Définition du bien-être

Le bien-être est un concept multidimensionnel et ces définitions sont multiples :

D'après le [Code Rural \(articles 214-1 et 214-3\)](#) :

«Tout animal étant un être *sensible* doit être placé par son propriétaire dans des conditions compatibles avec les impératifs biologiques de son espèce». De ce fait, il est interdit d'exercer des «mauvais traitements envers les animaux domestiques » et nécessaire de «leur éviter des souffrances lors des manipulations inhérentes aux diverses techniques d'élevage, de parage, de transport et d'abattage»

[Hughes \(1976\)](#) le définit comme un état d'harmonie entre l'animal et son environnement, aboutissant à la complète santé mentale et physique. Le bien-être d'un animal est un état mental qui dépend de la façon dont cet animal perçoit son environnement. S'il perçoit que l'environnement satisfait toutes ses motivations, alors l'état mental sera le bien-être. Si l'environnement n'est pas idéal mais que l'animal perçoit qu'il pourra s'y adapter, alors l'état mental correspondra à un sentiment de «*coping*» («je fais avec»). Si au contraire l'animal perçoit qu'il a des difficultés pour s'adapter, alors la souffrance peut s'installer, et les fonctions biologiques pourront être perturbées.

3.2. Conditions assurant le bien-être des animaux

Mench (1992), spécifie que les animaux doivent être capables d'exprimer les comportements normaux de l'espèce. Donc ne doivent pas :

- ✓ Souffrir ni de faim, ni de soif ;
- ✓ être dans une situation d'inconfort ;
- ✓ Présenter ni douleur, ni blessures, ni maladies ;
- ✓ présenter de réaction de peur ou de détresse.

Le non-respect de ces conditions provoque un stress aigue ou chronique de l'animale qui se traduit par des effets nuisibles sur son comportement physiologique et par la suit sur la qualité de sa viande.

3.3. Historique et approche actuel du stress

Le mot stress vient du mot latin *Stringere* qui signifie « rendre rapide », « serrer », « presser ». Ce n'est qu'en 1963 que Hans Selye utilise ce mot en médecine, et qu'il le définit comme étant « des tensions faibles ou fortes, éprouvées depuis toujours, et déclenchées par des événements futurs désagréables ou agréable ».

Il y voit des « forces potentiellement destructrices » et parle « d'état de stress » pour décrire les « changements physiques provoqués par une situation stressante ». C'est la notion moderne du stress que nous employons couramment aujourd'hui.

3.3.1. Définitions de stress

Le stress peut se définir comme l'ensemble des réactions comportementales et physiologiques en réponse à une menace réelle ou imaginaire, associées à l'état émotionnel négatif (Terlouw *et al.*, 2008). Mobergf, (1989) définit le stress comme une réaction normale de l'organisme lorsqu'il est soumis à des agents potentiellement nuisibles appelés stressseurs.

Il s'agit, comme le souligne Mormède (1995), d'une situation tout à fait physiologique par laquelle l'organisme se protège afin de maintenir son intégrité.

Une autre définition citée par Debut *et al.* (2004) : «Tous facteur externes de perturbation de l'animal». Et c'est un état réactionnel de l'organisme soumis à une agression brusque.

3.3.2. Mécanisme du stress

Tous les facteurs qui diminuent les réserves énergétiques du muscle pendant la période qui précède l'abattage, sont susceptibles d'influencer l'amplitude de la chute du pH *post mortem* et la valeur du pH ultime. Parmi ces facteurs le plus important est le stress avec ses composantes hormonales et physiques (Monin et Ouali, 1992).

Les réponses de stress qui surviennent au cours de la période qui précède (de quelques heures) et qui entoure l'abattage, peuvent contribuer à augmenter l'activité ATPasique du muscle, l'activité musculaire contractile, la température corporelle et la sécrétion de certaines hormones de stress.

Ces événements sont responsables de la modification de la valeur du pH qui est le paramètre le plus important qui influence la qualité de la viande (Cassens *et al.*, 1975).

De nombreuses méthodes ont été employées pour essayer d'évaluer le stress chez les volailles et d'autres espèces. Elles incluent des techniques physiologiques, des études du comportement ou encore des mesures de la productivité (Hill, 1966) et ainsi, fera le point sur les principaux indicateurs de stress.

3.3.2.1. Effet du stress sur le système neuroendocrinien

Selon (Lefèvre *et al.*, 2008b), ils correspondent à la sécrétion d'hormones dites «de stress» : cortisol et catécholamines, la durée de l'accrochage était également positivement corrélée avec les niveaux plasmatiques de corticostérone, de glucose et de lactate (Kannan *et al.*, 1997 ; Debut *et al.*, 2005 ; Bedanova *et al.*, 2007).

Lorsque l'animal est confronté à une situation stressante, son système nerveux orthosympathique est immédiatement activé et un peu plus tardivement l'axe corticotrope. La plupart des hormones intervenant au niveau de ces deux voies peuvent être considérées comme des indicateurs de réponse au stress des oiseaux. Les étapes et hormones intervenant au niveau de ces deux voies sont représentées sur la figure 7.

Le stress va être perçu puis intégré au niveau du système nerveux central extra-hypothalamique. Cette information va ensuite être transmise via la voie nerveuse à l'hypothalamus et au système nerveux orthosympathique entraînant la sécrétion, à partir des glandes surrénales de la noradrénaline et de l'adrénaline.

Ces deux hormones peuvent, ainsi, être considérées comme les premiers indicateurs de la réponse immédiate au stress. L'adrénaline a pour effet d'augmenter la glycémie et la pression sanguine ou encore le rythme cardiaque et respiratoire qui sont des paramètres mesurable pour estimer le niveau de stress des oiseaux. Une autre voie utilisée lors de la réponse au stress est l'axe corticotrope qui fait intervenir la corticolibérine qui activera la sécrétion d'adénocorticotropine ou ACTH dont la concentration sanguine pourra alors être mesurée.

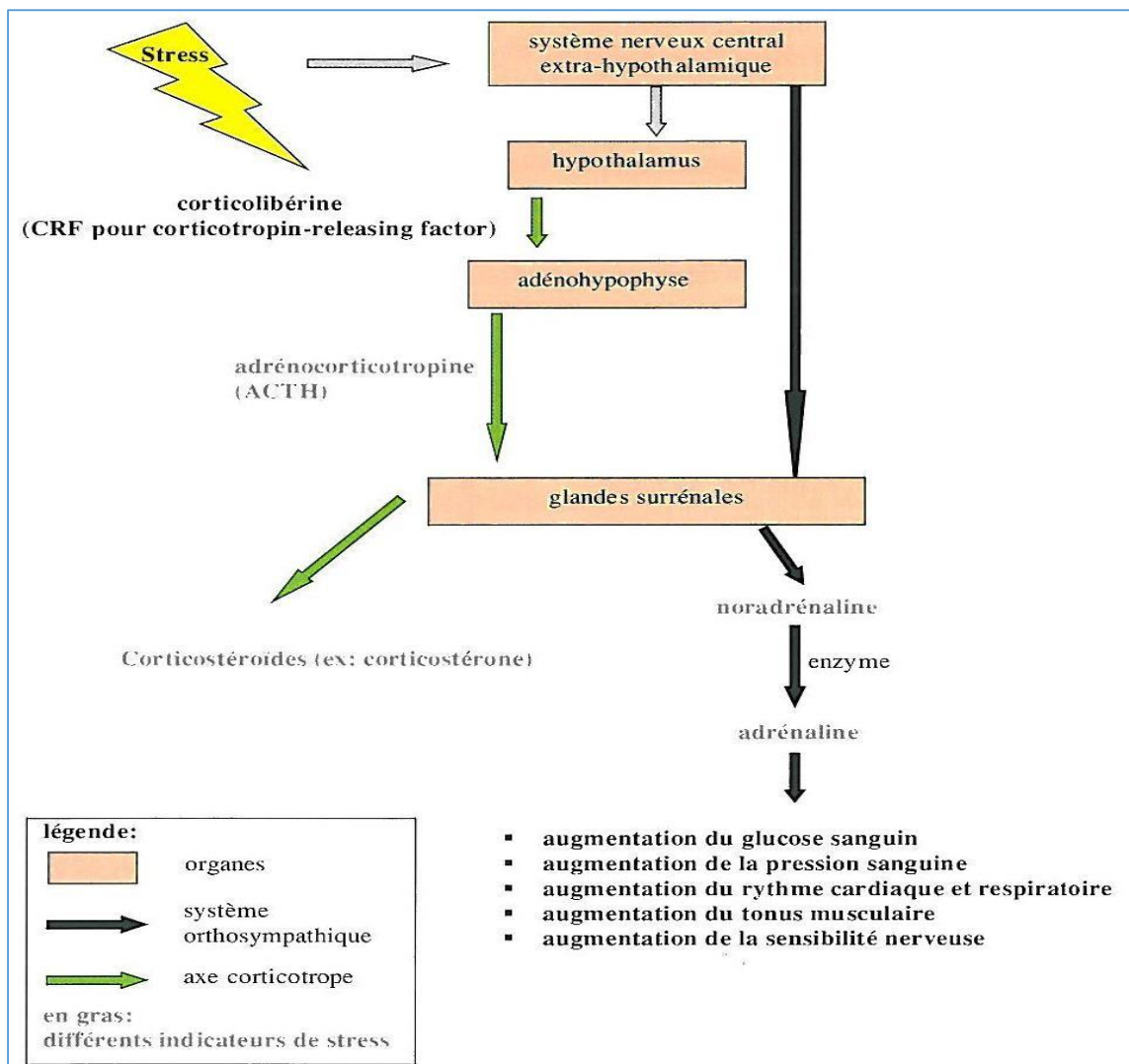


Figure 7 : Principaux indicateurs de réponses au stress intervenant au niveau du système nerveux orthosympathique et de l'axe corticotrope (Debut *et al*, 2004).

L'ACTH va stimuler les glandes surrénales qui vont libérer des corticostéroïdes comme la corticostérone, dont l'élévation de la concentration sanguine est utilisée comme un indicateur de stress (Hill, 1966).

Par ailleurs, un rôle du pancréas dans la réponse au stress a aussi, été identifié. L'élévation de la concentration sanguine de glucagon, responsable en partie, de l'activation de l'axe corticotrope, peut être considérée comme un indicateur de stress. De plus, la sécrétion de cette hormone entraîne une augmentation de la concentration sanguine d'acides gras libres (Freeman *et al*, 1984). Un autre indicateur de la réponse au stress des oiseaux est la mesure de l'activité de la créatine Kinase plasmatique, enzyme importante des muscles squelettiques. L'activité

élevée de cette enzyme au niveau plasmatique est indicatrice de dommages musculaires (Debut *et al*, 2004)

3.3.2.2.Effet du stress sur le système immunitaire

Le corticostérone sécrété par les glandes surrénales, suite à la stimulation expliquée au-dessus par L'ACTH, agit sur les organes lymphatiques. On assiste à un changement de la numération leucocytaire ou encore du ratio hétérophiles /lymphocytes. Parfois utilisé comme indicateur de stress, notamment dans le cas d'un stress chronique (Jones *et al.*, 1988).

3.3.2.3.Effet du stress sur le comportement

Les mesures comportementales concernent généralement, les réponses d'adaptation à la situation. En situation de stress aigu, on peut ainsi observer des comportements de fuite, d'agression ou encore d'immobilisation (Hill, 1966). En particulier, chez la volaille, de violents battements d'ailes apparaissent lorsque les oiseaux sont accrochés par leurs pattes sur la chaîne d'abattage (Gregory et Bell, 1987).

L'accrochage provoque des vocalisations et des battements d'ailes qui peuvent induire des blessures des ailes (Debut *et al.*, 2005). Un tel comportement, assimilable à une tentative de fuite, peut être considéré comme un indicateur de "mal-être" (Sparrey et Kettlewell, 1993), et qui se traduit aussi par des attaques (Terlouw *et al.*, 2012).

Chez les oiseaux des réactions d'immobilité tonique, indiquent le peur (Bedanova *et al.*, 2007), c'est un autre comportement associé à un stress ponctuel, on mesure alors le temps pendant lequel reste l'animal dans cette situation. Plus la durée d'immobilité tonique est longue plus il est considéré comme peureux (Jones, 1986). Le test d'immobilité tonique a été utilisé pour estimer la réaction au stress de transport chez le poulet de chair (Cashman *et al.*, 1989).

3.4. Impact du stress prés abattage sur la qualité de la viande

A la fin de leur vie, les poulets sont capturés et entassés vivants dans des cages pour le transport à l'abattoir. Ils sont privés de nourriture et d'eau plusieurs heures avant de partir pour l'abattoir. La méthode de ramassage, de chargement, de transport et de déchargement provoque des blessures, qui sont parfois mortelles. Au cours de l'abattage, les animaux vont être suspendus conscients par les pattes, ensuite étourdis et en fin égorgés, ce qui constitue un stress complémentaire à ceux de la ferme et du transport.

Plus récemment, les recherches ont permis d'approfondir nos connaissances sur les effets du stress avant l'abattage, qui, même lorsqu'il est limité, peut être à l'origine de variations des qualités technologiques et sensorielles des viandes.

3.4.1. La mise à jeun

Avant le ramassage, la nourriture et l'eau sont retirées des oiseaux afin de réduire le contenu intestinal au moment de l'abattage (généralement 1 heure pour l'eau et 6-9 heures pour la nourriture). Si l'on ajoute la durée de ramassage, de transport et de l'attente à l'abattoir, ils sont souvent privés d'eau et de nourriture pendant plus de 12 heures avant de mourir (Debut *et al.*, 2004). L'effet de la durée de mise à jeun sur la quantité de glycogène dans le foie chez le poulet est marqué avec une réduction d'environ 40% après 36 h (Kotula et Wang, 1994 ; Edwards *et al.*, 1999) Cette réduction des réserves en glycogène pourrait rendre les animaux plus sensibles aux stress subis par la suite pendant le transport et à l'abattoir.

L'amplitude de diminution du pH et le pH ultime d'un muscle dépendent des réserves énergétiques disponibles au moment de l'abattage et donc de l'état de jeûne de l'animal (Bendall, 1973). Chez le poulet, Kotula et Wang (1994) rapportent que la vitesse de chute du pH *post mortem* est influencée par l'augmentation de la période du jeûne *ante mortem* de 0 à 36 heures (pH à l'abattage 6,97 et 6,36 pour 0 et 36 heures de jeûne respectivement), mais cette augmentation n'affecte pas le pH ultime de la viande (pH ultime 5,83 et 5,80 pour 0 et 36 heures de jeûne respectivement).

Selon ces mêmes auteurs cette réduction des réserves en glycogène pourrait rendre les animaux plus sensibles au stress et pouvant occasionner d'avantage de problèmes pathologiques et de morts mais ce fait n'est pas clairement établi. En termes de la qualité de viande.

Une privation de 10 ou 12h diminuait les teneurs en glycogène et augmentait le pH ultime du *biceps* sans effet sur le *pectoralis* (Wariss *et al.*, 1993).

En ce qui concerne la qualité organoleptique, Savenije *et al.* (2002) rapportent qu'il n'y a aucune influence du jeûne avant l'abattage (5 h de jeûne) sur la couleur de la viande de poulet mesurée à 96 h *post mortem*.

Lyon *et al.* (1991) ont cité que le jeûne avant l'abattage influence la tendreté du muscle pectoral de poulet. Ils montrent aussi que la force de cisaillement du muscle pectoral cuit diminue avec l'augmentation de la période de jeûne *ante mortem* (de 0 à 16 h de jeûne). Les animaux mis à jeun pendant 18 h avant l'abattage présentent une moindre quantité de glycogène associée à un pH ultime plus élevé. Le résultat est donc un pouvoir de rétention d'eau plus important et par la suite une viande plus tendre après cuisson.

3.4.2. La manipulation et la mise en caisse

Le ramassage est souvent une source de stress, de peur et de souffrance, du fait de la panique des volailles et de la rude manipulation. D'après [Kannan et al. \(1997\)](#) une grande partie des contusions trouvées sur les carcasses de poulet survient pendant le ramassage et le chargement des volailles avant l'abattage.

Les principaux défauts de carcasse décrits et rapportés par [Debut, \(2004\)](#) sont le plus souvent liés aux conditions de ramassage des volailles comme le cas des hématomes, des griffures, ou encore, ceux-ci peuvent entraîner un déclassement des carcasses à l'abattoir.

Le ramassage est sans doute, à l'origine des plus gros problèmes de bien-être rencontrés. Les oiseaux sont ramassés par les pattes et transportés la tête en bas jusqu'aux caisses de transport. Cette manipulation est à l'origine de fractures et d'hématomes au niveau des pattes et des ailes ([Gregory et Wilkes 1989](#)). Chez le poulet, le maintien des animaux la tête en bas et la mise en caisse provoquent une élévation du taux de corticostérone ([Kannan et Mench, 1996](#)).

Cependant, en termes de qualité de la viande, [Kannan et al. \(1997\)](#) ne notent aucune différence de perte en eau à la cuisson, de texture ou de couleur du filet entre des lots de poulets mis en caisse pendant des durées variant de 0 h à 4 h.

3.4.3. Le transport et les changements thermiques

Le transport a une influence négative sur la qualité de la viande de poulet ([Ehinger, 1977](#)) il provoque un stress complexe ([Freeman et al., 1984b](#)) qui peut à la fois avoir une composante psychologique (due au bruit, à l'entassement dans les caisses...), mais aussi physique, en particulier avec les stress thermiques occasionnés par les températures extrêmes, les courants d'air et l'humidité, en plus des traumatismes subis par les animaux ([Debut, 2004](#)). [Abeyesinghe et al, \(2001\)](#) ; [Terlouw et al. \(2008\)](#) et [Terlouw et al. \(2012\)](#) aussi, voient que Les principaux problèmes de bien-être liés au transport sont le stress causé par l'entassement, la chaleur et les vibrations du véhicule, les poulets détestent les vibrations pendant le transport. En plus d'autres causes d'origines psychologique, comme la présence de l'homme, l'absence de congénères familiers ou la confrontation à des environnements nouveaux.

[Nijdam et al., \(2004\)](#), ont montré que la mortalité est fonction de la durée et surtout de la température pendant le transport, avec une température optimale entre 10 et 15°C.

L'augmentation du niveau de β -endorphine, corticostérone, cortisol et créatine phosphokinase causée par le transport ([Kannan et al., 1997](#)), stimule la sécrétion de l'adrénaline

(Scanes, 1986), provoquent ainsi une augmentation de la glycolyse dans le muscle (Lehninger *et al.*, 1993), et affecte le métabolisme de l'animal vivant (Cashman *et al.*, 1989 ; Parrot et Misson, 1989) et par la suite l'évolution biochimique *post mortem* du muscle. Savenije *et al.* (2002) rapportent que le transport des poulets (pour 1.5 heures) avant l'abattage n'affecte pas l'évolution du pH *post mortem* dans les muscles.

Cashman, (1987) montre que la viande est plus pâle chez les poulets transportés 2 heures que chez ceux qui ne sont pas transportés. Babji *et al.*, (1982) ; Froning, (1995) ; et Allen *et al.*, (1997) montrent que la couleur de la viande de volaille (poulet et dinde) est influencée par les facteurs *péri mortem*, ils rapportent que le transport et la manipulation des oiseaux avant l'abattage diminuent la luminance et donne des viandes foncées et collantes dites DFD,

Sams(2000), montre que la luminance du muscle pectoral des dindes transportés pour 3h avant leur abattage est plus faible que celle de ceux non transportés.

Chez le poulet, (Kannan *et al.*, 1997 et Savenije *et al.*, 2002), de même que chez la dinde (Owens et Sams, 2000), le transport avant l'abattage n'affecte pas le pouvoir de rétention d'eau.

Ehinger (1977) et Cashman *et al.* (1989) observent que le transport avant l'abattage réduit la tendreté de la viande des poulets, et que la force de cisaillement du *Pectoralis major* augmente avec le temps de transport. Cependant, Savenije *et al.* (2002) ne trouvent pas d'effet du transport sur la tendreté du muscle pectorale du poulet.

Les effets du transport sur la qualité de viandes dépendent également du muscle. Ainsi, un transport de 6h a augmenté le pH ultime du biceps et diminué celui du *pectoralis* (Wariss *et al.*, 1993). Ces oppositions s'expliquent en partie par des différences dans les caractéristiques métaboliques de ces muscles et dans leur utilisation pendant le transport : le biceps est moins riche en glycogène et probablement plus sollicité pendant le transport afin de maintenir l'équilibre (Wariss *et al.*, 1993).

Warriss *et al.*, (1999) ont rapporté les commentaires des savants vétérinaires sur les modules dans lesquels sont transportées les volailles :

« En raison de sa conception, le module à tiroirs a tendance à être mal ventilé, particulièrement à l'arrêt du véhicule, que ce soit pendant le trajet vers l'abattoir ou à l'arrivée, où il y a généralement un temps d'attente avant l'abattage des oiseaux. Les modules sont souvent déchargés et empilés dans un entrepôt.» Les volailles commencent à souffrir de la chaleur et à perdre de l'eau par évaporation afin de contrôler la température de leur corps.

En l'absence d'eau, elles commencent à haleter et à se déshydrater. Le stress par le froid survient également souvent pendant le transport, et certains poulets meurent d'hyperthermie pendant le transport (Weeks, 2001).

Le stress thermique se traduit aussi selon Petracci *et al.*, (2001) par une augmentation des pertes en eau de la viande crue ou cuite associée à une texture de la viande cuite plus dure ou encore à une diminution du rendement technologique (Debut *et al.*, 2003).

3.4.4. Déchargement et accrochage

D'autres études ont abordé les effets du stress thermiques à l'abattoir sur la qualité des viandes. L'exposition de poulet à des températures de plus de 30°C avant l'abattage peut augmenter (Aksit *et al.*, 2006) ou diminuer (Debut *et al.*, 2003 ; Berri *et al.*, 2005 ; Schneider *et al.*, 2012) le pH ultime des muscles pectoraux ou des cuisses. D'autres études citées par Debut, (2004) indiquent que des stress thermiques à 29°C pendant 12h, 33°C pendant 2h et 35°C pendant 2h avant la mort, conduit à une diminution du pH ultime.

D'autre part l'exposition à des températures en dessous de 0°C avant l'abattage diminuait les teneurs en glycogène des pectoraux de manière plus prononcée dans les cuisses et augmentait la proportion de viandes à coupe sombre (Dadgar *et al.*, 2012).

Certains poulets reçoivent des blessures pendant le déchargement à l'abattoir. Par exemple, d'après un expert en science de la viande britannique, Les griffes et les doigts de certains oiseaux (environ 3%) sont arrachés lorsque les tiroirs sont retirés des modules. Les doigts dépassent des interstices du plancher perforé et sont arrachés sur le bord du module (Debut *et al.*, 2004). La gestion des animaux sur le site d'abattage peut avoir des conséquences importantes sur le niveau de stress et la qualité de la viande (Debut 2005). Ainsi l'étude de Kannan *et al.*, (1997) souligne aussi l'importance d'un temps de repos en caisse avant l'abattage, conduisant à une diminution significative du taux de corticostérone plasmatique.

Les oiseaux suspendus par les pattes à une chaîne d'abattage se débattent probablement car ils ont mal. De nombreux poulets ont déjà les pattes douloureuses, et le fait d'être suspendus la tête en bas, avec la totalité de leur poids supporté par les pattes, peut être une cause de grande souffrance. Plus les oiseaux sont lourds, plus cela est douloureux. De surcroît, la douleur peut être causée par l'entrave, particulièrement si elle est trop étroite et écrase la patte du poulet (Satarlet *et al.*, 2000).

La gestion des animaux sur le site d'abattage peut avoir des conséquences importantes sur le niveau de stress et la qualité de la viande. Ainsi, l'étude de [Kannan *et al.*, \(1997\)](#) souligne la

nécessité d'un temps de repos en caisse avant l'abattage, qui se traduit par une diminution significative du taux de corticostérone plasmatique. En revanche, l'accrochage sur la chaîne d'abattage met l'animal dans une position angoissante qui se traduit par une augmentation significative du taux de corticostérone plasmatique (Kannan *et al.*, 1997).

Les oiseaux vont tenter de s'échapper en essayant de se redresser et en battant violemment les ailes. La durée d'accrochage doit en effet être limitée en raison de la position inconfortable alors imposée à l'animal. Cependant, elle doit être suffisante pour permettre à l'animal de se calmer avant son étourdissement, et éviter le redressement et l'échappement des animaux au bain d'électronarcose. Quelle que soit cette durée, l'activité sur la chaîne d'abattage apparaît défavorable en termes de qualité de la viande. En comparant des dindes anesthésiées avant l'accrochage à des dindes pouvant se débattre sans aucune contrainte, Ngoka *et al.*, (1982) et Froning (1982) ont montré que l'activité était associée dans le filet, à une chute de pH plus rapide et une capacité de rétention en eau de la viande fraîche plus faible.

L'apparition du phénomène de "contracture au chaud" (*heat shortening*) suite à l'agitation des animaux sur la chaîne d'abattage aboutisse à des viandes dures. Cet état traduit la relation positive entre quantité d'acide lactique dans le muscle au moment de l'abattage et dureté de la viande à 24h *post-mortem* (Khan et Nakamura, 1970).

Schneider *et al.*, (2012) et Berri *et al.*, (2005) ont remarqué que la couleur rouge du *pectoralis* s'augmentait avec la durée de l'accrochage. Cette coloration rouge du filet est augmentée par l'activité très probablement en raison d'un flux sanguin plus important au niveau des muscles. Début (2004), trouve aussi une relation significative entre les battements des ailes et l'indice de couleur rouge liée à l'augmentation de l'hémoglobine dans les muscles actifs.

3.4.5. Etourdissement et abattage

La gestion des animaux sur le site d'abattage peut avoir des conséquences importantes sur le niveau de stress et la qualité de la viande (Debut *et al.*, 2004). D'un point de vue technologique il est de réduire les mouvements voire d'immobiliser les animaux afin de limiter les mouvements excessifs et faciliter la saignée et préserver ainsi la qualité des carcasses et de la viande (Savenije *et al.*, 2002).

L'électro-anesthésie est réalisée "à l'aide d'un appareil mettant en œuvre un courant électrique où il y a un passage d'une partie du corps de volaille (tête, et cou jusqu'à la base des ailes) dans un bac rempli d'eau, c'est la méthode la plus fréquemment utilisée.

Graiget *et al.* (1999), rapportent que les poulets étourdis électriquement avant l'abattage ont une luminance plus faible et une intensité de couleur rouge plus élevée. L'étourdissement des oiseaux avant la saignée est une obligation légale. D'un point de vue éthique, l'objectif est de rendre les animaux insensibles à la douleur jusqu'à ce que la mort survienne pendant la saignée.

Lors de cette méthode, la tête des animaux sont plongée dans un bain d'eau électrifiée par un générateur, outre les problèmes liés à la manipulation des oiseaux et à leur activité sur la chaîne d'abattage, cette méthode présente des inconvénients intrinsèques le plus souvent liés aux difficultés de réglage (intensité et fréquence du courant électrique reçue par l'animal), (santé *et al.*, 1996).

Parfois, les changements de couleur sont directement liés à la méthode d'abattage qui peut gêner l'efficacité de la saignée (CO₂, électricité), (Kiessling *et al.*, 2004). Les conditions d'abattage peuvent également influencer la couleur.

En effet, Craig et Fletcher, (1997) montrent que l'étourdissement électrique influence la couleur du muscle pectoral du poulet. A titre d'exemple, Craig *et al.*, (1999) rapportent que les poulets étourdis électriquement avant l'abattage ont une luminance plus faible et une intensité de couleur rouge plus élevées avec une vitesse de chute du pH moins accentuée que les oiseaux non étourdis.

Northcutt *et al.* (1998) rapportent que le pouvoir de rétention d'eau à 24 heures *post mortem* ne diffère pas entre les animaux étourdis et non étourdis.

Thomson *et al.* (1986) observent que la viande des pectoraux issus des poulets étourdis est significativement plus tendre que celle non étourdis avant la saignée.

Enquête sur le secteur abattage poulet de chair

Préambule

En Algérie et au lendemain de l'indépendance, la production avicole dans sa quasi-totalité se reposait sur l'élevage familial et quelques exploitations et unités de petite taille. L'industrialisation s'est imposée, alors, comme l'unique solution rapide et efficace pour résorber le déficit senti en protéine animale dans le modèle alimentaire algérien.

Selon le [Ministère de l'Agriculture et Développement Rural \(2011\)](#), durant les trois dernières décennies, cette filière avicole a connu l'essor le plus spectaculaire parmi les productions animales. Cependant, cette production a connu des difficultés qui perturbent son amélioration quantitative et qualitative. Outre les contraintes liées aux facteurs de production, il faut insister sur les contraintes organisationnelles et institutionnelles.

[Belaid \(2015\)](#), rapporte qu'il y a une inadaptation des dispositifs législatifs et réglementaires mis en place, une insuffisance du système d'accès au crédit et à d'autres sources de financement pour la mise en place des infrastructures et la dotation de fonds de roulement. Ensuite le caractère extrêmement volatile du prix des intrants importés dans leur totalité et le manque flagrant de professionnalisme. Ceci peut entraîner des dysfonctionnements de la filière avicole nationale et affecte le niveau et la qualité de la production ainsi que le réseau des relations qui devient lâche et manque de cohérence.

Les conditions d'élevage et d'abattage dans la filière, ne sont plus standardisées dans la totalité des établissements du secteur et varient en fonction de plusieurs facteurs. Ceci conduit à des variabilités importantes de l'état physiologique des animaux vivants et les quantités et qualités des viandes. Selon [Berri et al. \(2004\)](#), cette variabilité de qualité technologique de la viande est en fonction spécialement du génotype et des conditions pré-abattage. Cependant, les enquêtes entreprises ces dernières années par de nombreux chercheurs ([Alloui, 2011](#) ; [Kaci, 2013](#) ; [Merzkane, 2013](#) ; [Mouhous et al., 2015](#)) ont été focalisés sur la détermination des performances zootechniques et technico-économiques des ateliers du poulet de chair en Algérie. Mais, très peu d'informations sont disponibles sur l'état du poulet livré à l'abattoir, sur son rendement de carcasse et la qualité de sa viande.

Les conditions pré-abattage diffèrent principalement selon les modes et les pratiques utilisés dans chaque pays ou société qu'il s'agit d'un abattage classique ou rituel ; et pour cela les conséquences sur le bien-être des animaux et la qualité des produits restent discutables jusqu'à nos jours et ouvre plusieurs voies aux chercheurs pour l'explication des phénomènes biologiques accompagnant cette industrie.

Dans ce contexte, s'inscrit notre travail de thèse qui porte dans ce premier volet sur une mise au point d'une enquête descriptive visant l'étude de la situation de la filière avicole algérienne en prenant en considération spécialement le secteur d'abattage.

L'objectif principal consiste en la détermination des techniques et conditions pré-abattage pouvant y exister et ayant relation avec le bien-être du poulet de chair et la qualité des viandes.

Méthodologie

L'étude a été menée au niveau de l'Est algérien selon les mesures de faisabilité par nous-même en plus des étudiants du cycle ingénieur ayant bénéficié d'un encadrement sur la manière de réalisation de l'enquête.

1. Enquête

1.1. Présentation de l'enquête et période de réalisation

Nous avons opté pour une enquête descriptive utilisant un questionnaire au niveau du secteur abattage, réalisée au cours de la période 2012 et 2016 sur un échantillon représentatif quantitativement. L'enquête par questionnaire est l'outil qui, dans une évaluation permet le mieux de collecter des informations avec possibilité de comparer et quantifier le poids respectif des opinions exprimées. Ainsi c'est une méthode simple, rapide et moins gênante pour les personnes enquêtés.

Cette méthode est d'un grand avantage qui est celui de mettre en contact l'enquêteur et l'enquêté. Cela permet si nécessaire de préciser l'objectif du questionnaire et son contenu.

1.2. Questionnaire utilisé

Nos questionnaires s'adressent aux propriétaires et responsables des établissements en plus des inspecteurs vétérinaires des communes dans le cas de difficultés d'accès aux établissements. Lors de la réalisation de notre enquête, Nous avons opté pour des entretiens oraux tout en se référant à un questionnaire présenté dans l'annexe n°1.

Dans notre questionnaire nous avons utilisé les 3 types de questions : Fermée, Ouverte et Cafétéria, chacune de ces formes de questions répond à des besoins distincts et à des situations différentes. Le questionnaire de notre enquête interprète trois principales parties qui concernent :

- Informations générales avant réception à l'abattoir.

- Informations concernant les procédés et les établissements d'abattage.
- Informations concernant le personnel.

Le temps de l'interview varie de 10 à 30 minutes, selon l'intéressement ou le désintéressement de la personne enquêtée.

2. Zone de l'étude

Notre enquête a été réalisée au niveau de neuf wilayas de l'Est algérien qui sont : Skikda, Oum El Bouaghi, Batna, Sétif, M'sila, Tebessa, Bordj Bou Arridj, Ouad Souf et Biskra (Figure8).

Ces wilaya sont choisis selon nos possibilités de déplacement et aux facilités administratifs pour accéder surtout au grandes structures d'abattage.

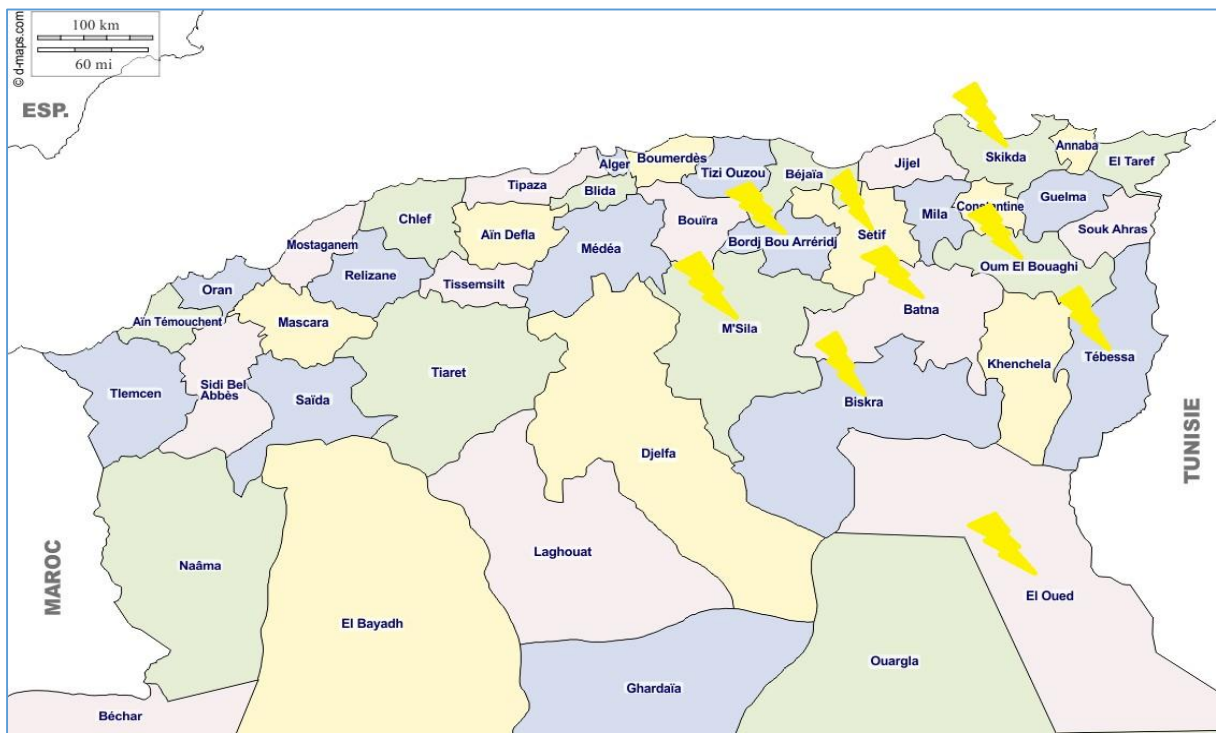


Figure 8 : Répartition géographique des wilayas enquêtées

3. Présentation des établissements enquêtés

Afin de s'assurer de la représentativité statistique de l'échantillon par wilaya, nous avons pris en considération, dans notre étude, tous les établissements d'abattage agréés et dans

la mesure du possible des établissements non agréés et clandestins ce qui a fait un total de 140 structures d'abattage. Les effectifs par wilaya sont représentés dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Répartition des effectifs et du nombre de structures enquêtés par wilaya.

wilaya	Nombre de structures d'abattage enquêtées	
	/wilaya	communes d'enquête / wilaya
Skikda	17	10
Oum El Bouaghi	29	5
Batna	16	4
Sétif	24	8
Ouad Souf	13	2
Bordj BouAriridj	26	3
Biskra	18	4
Tebessa	13	2
M'sila	20	3
Total	176	41

Pour mener à terme nos objectifs, nous avons réalisé une pré-enquête dans deux wilayas de l'Est algérien qui sont Setif et Oum el Bouaghi, ceci au cours de la période Janvier Avril 2010, dans 53 exploitations d'abattage, afin tester la faisabilité, de s'assurer de la bonne compréhension et de la précision des questions. À partir des résultats de cette pré-enquête des modifications ont été apportées, spécialement la précision des questions et la traduction de certains termes scientifiques et techniques en langue arabe.

Les résultats obtenus ont fait l'objet d'une participation scientifique dans les « Neuvièmes Journées de la Recherche Avicole, Tours, 29 et 30 mars 2011 » et la publication de proceeding intitulée : ETUDE DE LA SITUATION DE LA FILIERE AVICOLE DANS L'EST ALGERIEN« SEGMENT POULET DE CHAIR ».

4. Difficultés rencontrées lors de l'enquête

Les difficultés sont apparues dès le premier contact avec les éleveurs, il fallait leur expliquer et les convaincre qu'il ne s'agissait pas d'une enquête gouvernementale ni d'un enquête judiciaire.

Il y a des cas où :

- L'isolation et le manque d'information concernant les sites nous a obligé à les chercher nous-même.

- Les difficultés de déplacement vu la grande distance entre les sites enquêtés, d'où la nécessité d'un véhicule adaptable aux routes rurales sur place (Coûte cher, manque de transport, longue durée..).
- Absence des responsables (cas des tueries spécialement) suite à la phobie envers les services de contrôle de qualité et d'hygiène.
- Manque considérable concernant le côté scientifique et technique et le degré de compréhension des questions par les personnes interrogées.
- L'effet d'échantillon est important pour les explications nécessaires (répétitions) surtout pour les gens n'ayant subi aucune formation dans le domaine.
- L'enquêteur pour se présenter, aurait tout naturellement le souci de justifier sa démarche, et de parler des buts de l'enquête afin de pallier aux réactions de méfiance des individus.
- Problème de la langue : le questionnaire est rédigé en langue française et donc peu accepté par les acteurs du secteur.
- Problème de traduction des connaissances de la langue vernaculaire à la langue d'usage, sans trahir le sens.
- Le choix des structures n'a pas pu être randomisé mais imposé, nous avons rencontré énormément de contraintes à cause du manque de coopération de certains responsables.

5. Traitement des données

Les données ont été traitées par le logiciel Epi info version 5.01b pour la saisie et le traitement des données, la fréquence des réponses sont données en pourcentage(%).

Nous avons utilisé l'Excel 2013 pour les représentations graphiques des résultats obtenus.

Résultats et discussion

Notre enquête vise à mettre en évidence l'existence de manipulations pré-abattage pouvant provoquer un stress pour les poulets d'un côté et de l'autre coté situer les niveaux de stress au cours de la dernière journée de vie des animaux.

En premier lieu nous pouvons signaler d'une manière générale que l'aspect traditionnel est le plus dominant dans la filière aviaire algérienne malgré la mise en place de différents plans de développement par l'état dans le but de modernisation. Les exploitations à caractère industriel se diffèrent par les techniques et matériel mis en place, ce qui nous a conduit à distinguer différents chemins parcourus par le poulet pour être saigné. Nous allons essayer de ressortir les pratiques qui influencent le plus le bien-être des animaux et qui ont un effet sur la qualité des viandes de poulet.

1. Parcours de l'élevage à l'abattage

Nos résultats ont permis l'enregistrement du parcours général des poulets de chair pour être abattus avec certaines différences dans les manipulations près abattage (voir la figure9).

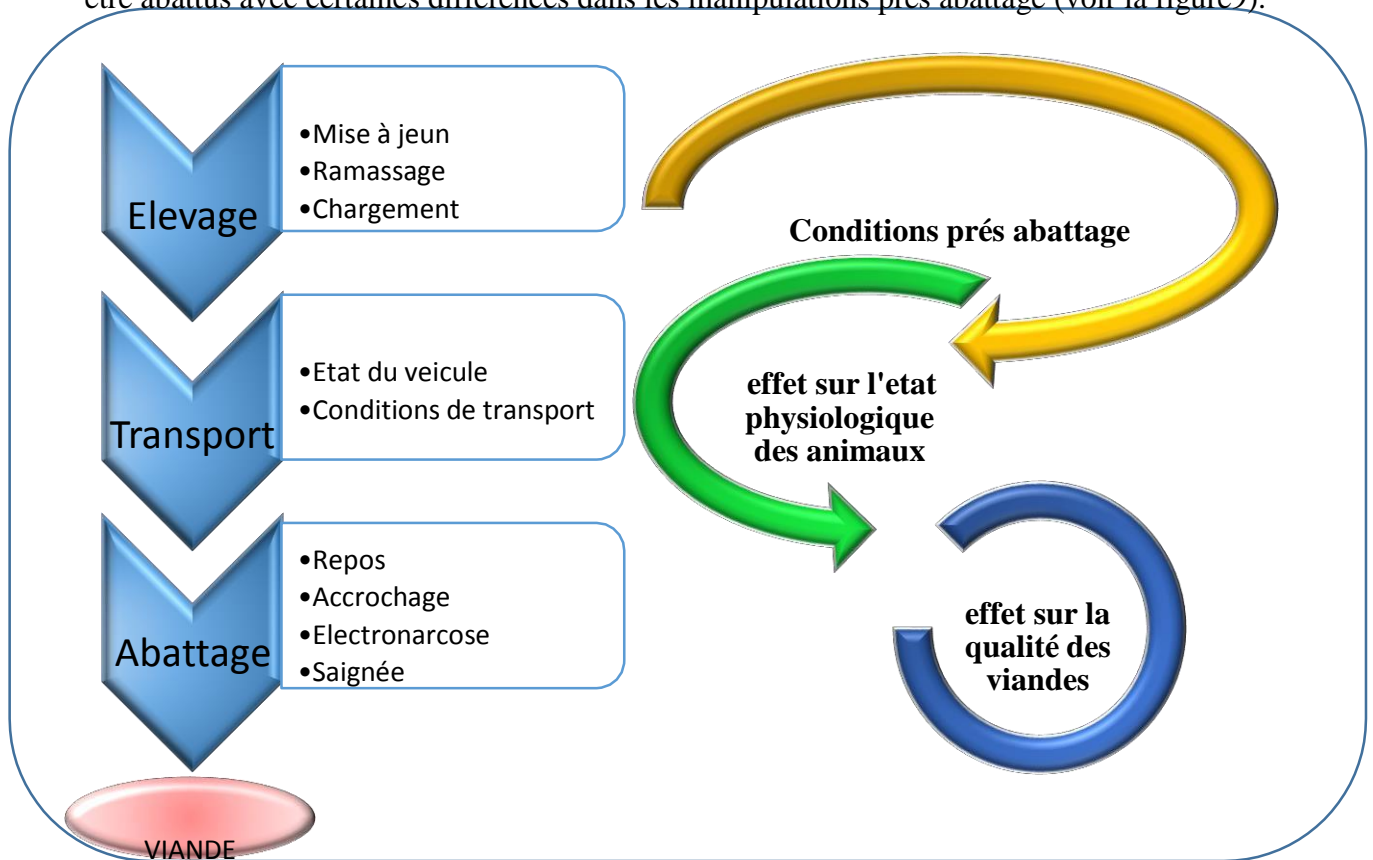


Figure 09 : Parcours générale enregistré de l'élevage à l'abattage dans les wilayas de l'étude.

1.1.Principales différences rencontrées

Certaines opérations prés abattage sont sujettes de différences dans l'ensemble des exploitations de l'étude. La différence réside soit dans l'existence ou non d'une pratique ou bien la manière de sa réalisation ; ceci concerne spécialement les opérations : mise à jeun, ramassage, repos, accrochage et électronarcose.

1.2.Schéma enregistré

Dans notre étude nous avons recensé plusieurs manipulations prés abattage que subit le poulet de chair et qui peuvent se réunir en différentes voies menant cette animale à la portée du consommateur. Ces vois peuvent être résumée dans la figure 10.

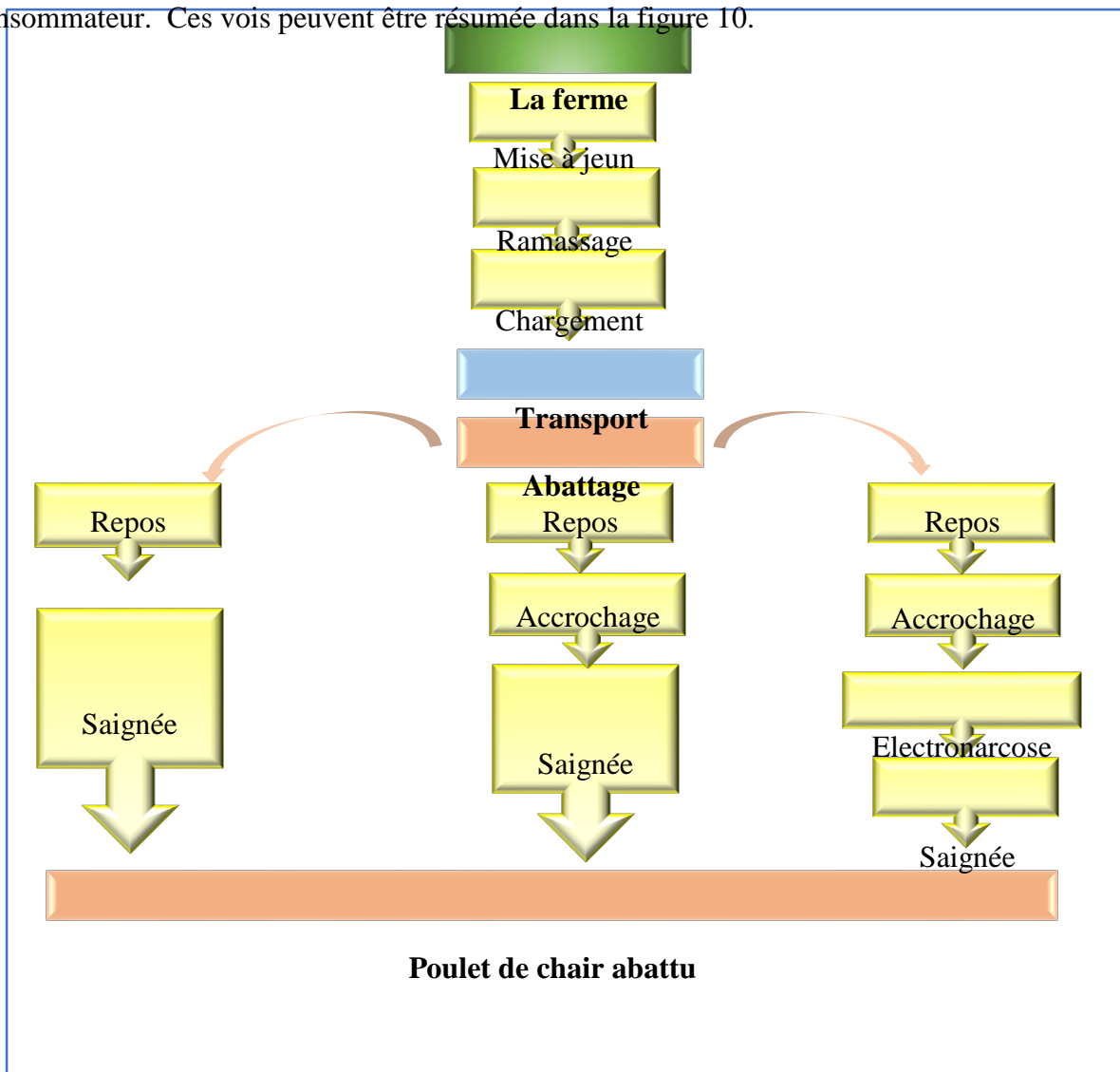


Figure 10 : Principales voies enregistrées pour l'abattage du poulet dans l'Est algérien.

Plusieurs facteurs peuvent intervenir pour que l'animal suive l'une ou l'autre de ces voies. Les effets de ces facteurs sont discutés avec nos résultats.

2. Avant abattage

En premier lieu nous avons essayé de collecter quelques informations concernant les poulets de chair destinés à l'abattage tel que l'âge, poids et souches.

2.1. Souches de poulet de chair utilisées

La souche de poulet de chair la plus élevée est la souche ISA 15 (Figure 11). C'est une souche française qui s'adapte bien dans la région, elle a été utilisée par le colon et après l'indépendance l'état a continué l'investissement avec.

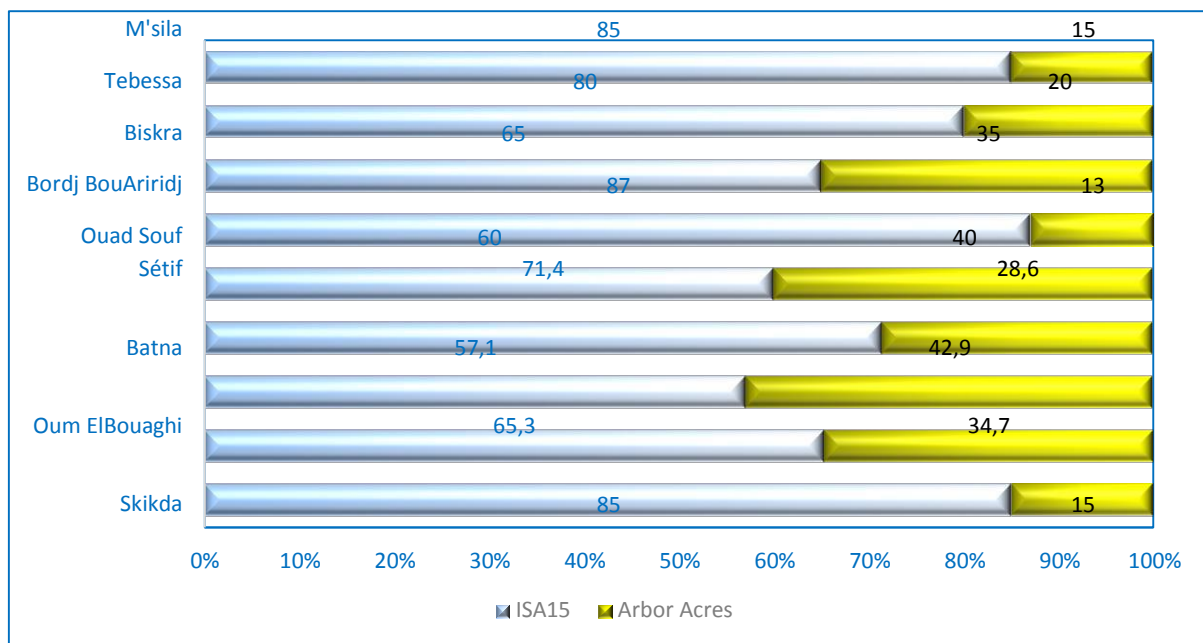


Figure 11 : Souches de poulet de chair utilisés par wilaya de notre zone d'étude

La souche Arbor Acres est une souche américaine utilisée récemment dans l'élevage à cause de ces propriétés de production très intéressantes en matière de durée d'élevage qui est un peu longue et le poids du poulet vivant qui varie entre 2,5 à 2,8 kg généralement. Ceci donne des poids après abattage de l'ordre de 1,9 à 2kg ce qui très recherché par les consommateurs.

2.2. Facteurs déterminants la fin d'élevage

Au cours de notre étude nous avons remarqué que les éleveurs peuvent arrêter l'élevage à des durées variables allons de 55 à 65 jours et ceci en fonction de plusieurs facteurs qui peuvent être :

- Un âge fixé au début de l'élevage.
- Atteinte d'un poids déterminée initialement.

- L'âge et le poids au même temps.

A ces facteurs déterminants nous pouvons rajouter aussi la quantité d'alimentation fixée au début de l'élevage et sa consommation complète, qui nécessite la vente des poulets juste après. La variabilité du prix dans le marché peut aussi intervenir.

La prise en considération de l'un ou l'autre de ces facteurs dans la vente est aussi fonction des régions étudiées car nos résultats montrent qu'à Sétif, Batna, Tebessa, Bordj Bouariridj et Skikda l'âge est le critère le plus déterminant à côté du critère compromis entre l'âge et le poids (figure 12).

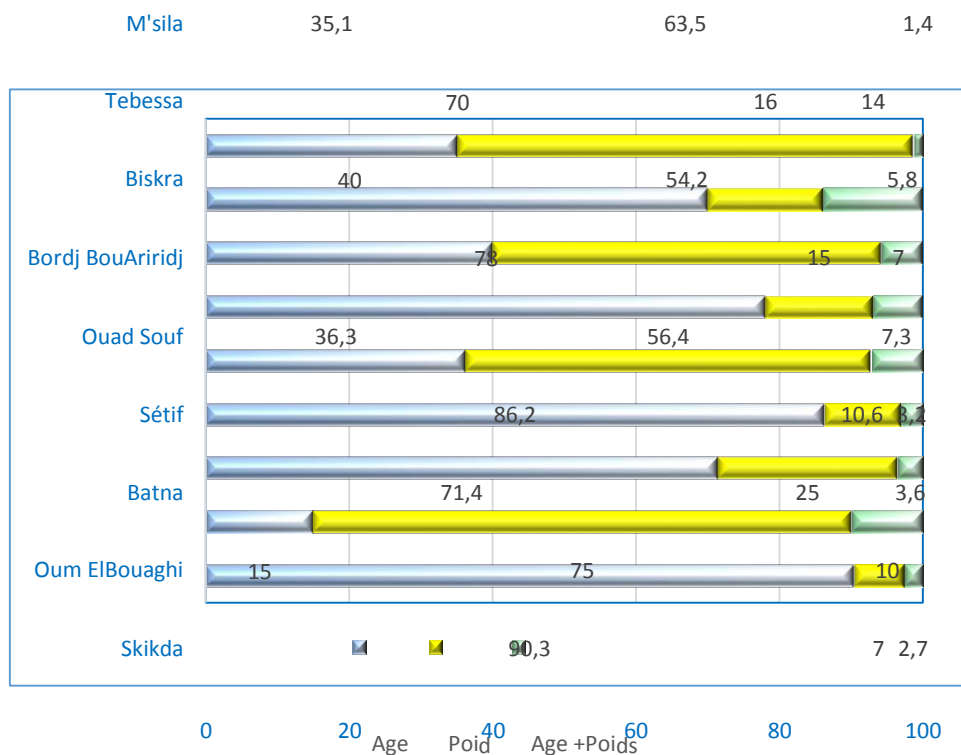


Figure 12 : Fréquences des facteurs de vente des poulets de chair dans les wilayas d'étude.

L'âge de 55 à 65 jours est très important par rapport aux poids à l'abattage qui est en moyenne de 2,5Kg, d'après les résultats des enquêtes réalisées par Merzkane(2013) et Kaci (2013). Ces auteurs jugent que ces périodes d'élevage sont insuffisantes à l'égard du potentiel des souches utilisées ; ils ont attribué ce faible niveau de production aux conditions d'élevage moins favorables, aux équipements inadaptés, les lots hétérogènes, déséquilibre nutritionnel et la nature des aliments.

2.3. Manipulations des animaux destinées à l'abattage

Avant l'arrivée des animaux à l'abattoir ils peuvent subir plusieurs manipulations ayant des effets considérables sur leur bien-être et qui conduisent à un déséquilibre dans leurs paramètres physiologiques avant la saignée. Ces manipulations sont liées spécialement aux conditions entourant l'animal au cours de sa dernière journée à la ferme en matière de son alimentation, du ramassage et du transport.

2.3.1. Utilisation des anti-stress

L'utilisation des anti-stress est très remarquable dans notre échantillon (Figure13) car pour la majorité des wilayas, tous les établissements enquêtés utilisent des agents pouvant faire face au stress lors de la manipulation des poulets. Il s'agit généralement des antibiotiques et des vitamines dont la vitamine C. pour certain éleveurs ils utilisent des anti-stress sous forme de poudre qu'ils dissolvent dans l'eau et qui est commercialisé sous les noms : Vigal et Bytrine.

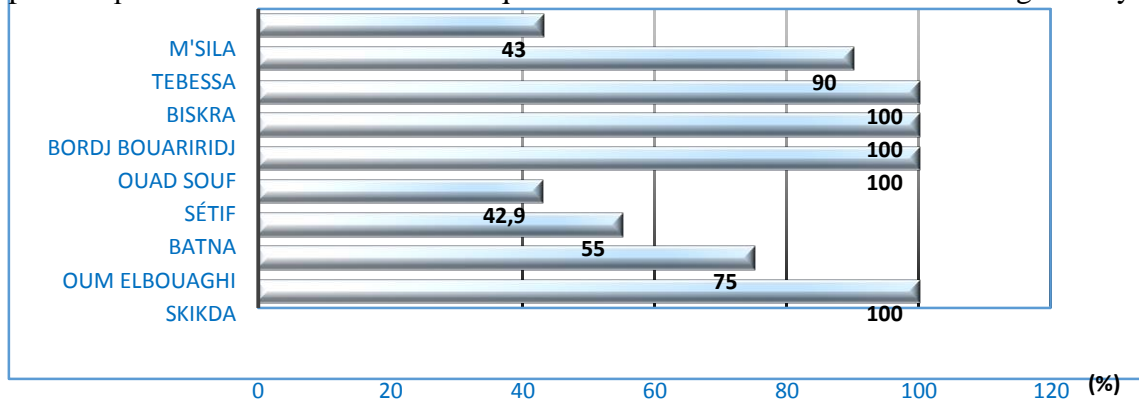
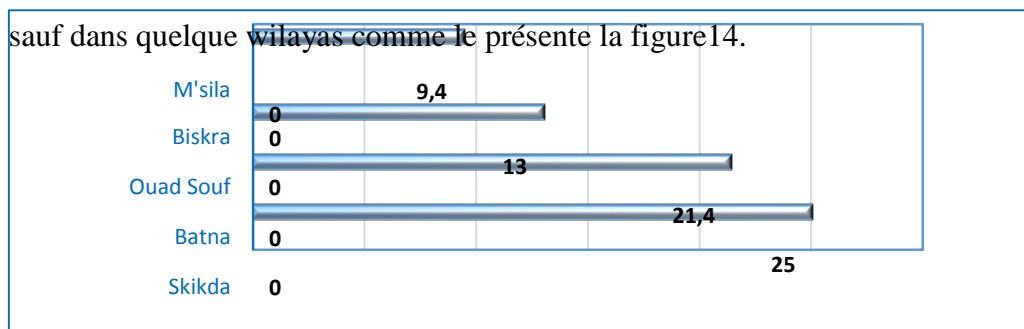


Figure13 : Utilisation des agents anti-stress avant ramassage des animaux.

Nous avons noté aussi l'utilisation du sucre de table et la vitamine C dissolus dans l'eau de boisson au cours de la dernière journée au poulailler. Dans la wilaya de Sétif et M'sila ou nous pouvons remarquer que près de 43% des éleveurs seulement utilisent ces agents anti-stress ; pour le restant qui ne l'utilisent pas ils justifient ça par les parcours très courts aux établissements d'abattage qui rendent l'emploi de ces agent inutiles.

2.3.2. Jeun des animaux avant ramassage

L'effet de la durée de mise à jeun sur la quantité de glycogène dans le foie chez le poulet est marqué avec une réduction d'environ 40% après 36 h (Kotula et Wang, 1994 ; Edwards *et al.*, 1999). Selon nos résultats, le jeun des animaux est très peu pratiqué dans notre zone d'étude sauf dans quelque wilayas comme le présente la figure14.



0 5 10 15 20 25 30 (%)

Figure14 : Pratique du jeun des animaux.

Dans cinq wilayas sur neuf (Skikda, Batna, Biskra, Tebessa et Oued Souf), les animaux sont nourri jusqu'au ramassage. Certains aviculteurs ne pratiquent pas le jeun avant abattage pour ne pas diminuer le rendement pondérale des animaux vivants et pour d'autre, ils prennent en considération le trajet à parcourir car le poulet ne peut pas supporter les long trajets après une durée de jeun prolongé.

D'une manière générale, nous avons remarqué aussi qu'il y a des aviculteurs qui ignorent les avantages surtout techniques de cette pratique de privation d'alimentation des animaux destinés à l'abattage et pour les personnes qui la pratiquent, ils ne se basent sur aucune instruction ou norme concernant la durée du jeun. Cette dernière varie en fonction des établissements et de la saison. Les durées de jeun pratiquées généralement par les aviculteurs questionnés sont entre 3 à 7h avant ramassage, donc inférieures à 10 ou 12h qui au-delà diminuait les teneurs en glycogène et provoquent l'augmentation du pH ultime du *biceps* sans effet sur le *pectoralis* (Wariss *et al.*, 1993). Les animaux mis à jeun pendant 18 h avant l'abattage présentent une moindre quantité de glycogène associée à un pH ultime plus élevé ; induisant donc un pouvoir de rétention d'eau plus important et par conséquent une viande plus tendre après cuisson.

Pour les wilayat du Sahara qui sont Biskra et Ouad Souf, le jeun n'est pas pratiqué en raison de la peur des éleveurs de la mort des animaux vu les conditions climatiques très sévères.

2.3.3. Inspection vétérinaire, ramassage et transport

Mise à part les établissements étatiques, le passage des vétérinaires avant ramassages des animaux se fait selon la demande des éleveurs.

Le ramassage des poulets se fait dans la totalité des cas par les pieds, tête en bas, pour mettre les animaux dans des cages de 7 à 10 poulets et les placer dans les camions de transport. ceci constitue l'étape la plus stressante pour les animaux. Le ramassage est, sans doute, à l'origine des plus gros problèmes de bien-être rencontrés. Les oiseaux sont ramassés par les pattes et transportés la tête en bas jusqu'aux caisses de transport. Cette manipulation est à l'origine de fractures et d'hématomes au niveau des pattes et des ailes (Gregory et Wilkes 1989). Chez le poulet, le maintien des animaux la tête en bas et la mise en caisse provoquent une élévation du taux de corticostérone (Kannan et Mench, 1996).

La durée de transport est très variable et dépend de plusieurs facteurs dont les plus importants sont l'éloignement de l'abattoir par rapport au poulailler, les conditions climatiques

le long de la route et le temps programmé pour l'abattage des animaux. *Abeyesinghe et al., (2001)* ; *Terlouw et al. (2008)* et *Terlouw et al. (2012)*, trouvent aussi que les principaux problèmes de bien-être liés au transport sont le stress causé par l'entassement, la chaleur et les vibrations du véhicule, les poulets détestent les vibrations pendant le transport. En plus, d'autres causes d'origines psychologiques, comme la présence de l'homme, l'absence de congénères familiers ou la confrontation à des environnements nouveaux.

Dans notre zone d'étude nous avons remarqué que la durée de transport peut varier de 30min à 6h de route. Pour les abattoirs étatiques, ils travaillent en collaboration avec les poulaillers soit étatiques ou privés et ils programment les abattages de telle façon que le poulet fait le parcours le plus court.

Les abattoirs et tueries industrielles programme aussi leur abattage de la même manière ; cependant pour le restes des établissements aucune loi n'existe et c'est toujours les conditions financières qui imposent la durées du transport.

3. Sur les lieux d'abattage

Avant de présenter les manipulations des animaux prés abattage, nous devons faire une classification des différentes structures d'abattage enquêtées. Ces structures diffèrent d'une manière générale par les procédés et les moyens mis en place pour assurer le passage du poulet en viande prête à la commercialisation.

3.1. Moyens et procédés d'abattage

Comme nous l'avons précisé dans la méthodologie, notre échantillon est constitué par différentes structures d'abattage à travers notre zone d'étude.

- Les structures à caractère industriel qui sont les abattoirs et certaines tueries dont les chaines d'abattage sont mis en place.
- les structures à caractère artisanale qui englobent les tueries non mécanisées, les locaux d'abattage et l'abattage à l'air libre dans les marchés publiques, parallèles ou bien hebdomadaires. Ce type d'abattage peut être réalisé aussi à proximité des routes dans les régions rurales.

Le Tableau 2 montre la répartition de ces établissements d'abattage par wilaya.

Tableau 2 : Réparation des structures d’abattage dans les wilayas de l’enquête.

wilaya	Abattoir	Tuerie	local d'abattage	Abattage à l'Air libre	Total
Skikda	1	4	10	2	17
Oum ElBouaghi	0	7	12	10	29
Batna	2	4	8	2	16
Sétif	1	12	10	1	24
Oued Souf	0	0	10	3	13
Bordj BouAriridj	0	14	10	2	26
Biskra	1	5	10	2	18
Tebessa	1	0	10	2	13
M'sila	0	5	5	10	20
Total	6	51	85	34	176

3.1.1. Les abattoirs

Les abattoirs et tuerie industriels de volailles sont très peu nombreux mais produisent la quantité la plus importante de poulet de chair prêt à la consommation. Ils sont dans la totalité des cas étatiques et appartiennent au Groupe Avicole Est mise à l’exception quelques structures privées.

Ce sont des établissements publics ou privés dûment autorisés par l'autorité administrative pour la mise à mort et la préparation des volailles ; mais ils fonctionnent de façon irrégulière en fonction de la disponibilité en poulets vifs. Ces abattoirs sont équipés d’une chaîne d’abattage moderne, de tunnel de congélation (facultatif), de chambres froides de stockage et de véhicules frigorifiques pour la distribution.

3.1.1 1. Réception des poulets et repos

Les poulets en caisses arrivent à l’abattoir le matin, restent en attente jusqu’au début de l’abattage, cette attente leur permet de se reposer. Le camion chargé se gare à côté du quai de déchargement (Figure 15) et les caisses sont glissées jusqu’au tapis roulant pour qu’elles soient pesées et acheminées vers le poste d’accrochage (Figure 16).



Figure 15 : Réception des poulets.

Le repos est une pratique très importante qui doit se faire après ramassage et transport pour minimiser au maximum le stress accumulé jusqu'à l'abattoir.

L'étude de [Kannan et al., \(1997\)](#) souligne aussi l'importance d'un temps de repos en caisse avant l'abattage, conduisant à une diminution significative du taux de corticostérone plasmatique.

Malheureusement, il n'est pas effectué dans la totalité des abattoirs, tueries et marchés sauf occasionnellement. Cependant, dans la totalité des locales d'abattage le repos peut aller jusqu'à 5 jours, selon l'effectif des poulets dans le locale et la demande des consommateurs.

3.1.1.2. Inspection vétérinaire à l'abattoir

Dans la totalité des abattoirs et tueries, les poulets arrivent avec leurs certificats d'orientation vers l'abattage. En plus, dans les établissements de l'Etat les vétérinaires inspectent les poulets dès leur arrivée. Pour le reste des structures d'abattage, aucune pièce des services vétérinaire n'est exigée.

3.1.1.3. Accrochage, étourdissement et saignée

Une fois au poste d'accrochage, les poulets sont suspendus (tête en bas) aux manilles par leurs pattes (figure 16). L'accrochage sur la chaîne d'abattage met l'animal dans une position angoissante qui se traduit par une augmentation significative du taux de corticostérone plasmatique ([Kannan et al., 1997](#)).



Figure 16 : Propagation montrant l'accrochage, étourdissement et saignée des poulets

L'étourdissement n'est effectué que dans les abattoirs étatiques par passage des poulets dans le bac d'eau électrifié à bas voltage assurant l'anesthésie des animaux sans provoquer la mort. Seulement les têtes des animaux qui sont plongée dans le bain d'eau électrifiée. Pour des raisons religieuses, ce bain est éliminé dans la totalité des abattoirs et tueries industriels. outre les problèmes liés à la manipulation des oiseaux et à leur activité sur la chaîne d'abattage, cette méthode présente des inconvénients intrinsèques le plus souvent liés aux difficultés de réglage (intensité et fréquence du courant électrique reçue par l'animal), (Santé *et al.*, 1996).

La saignée est l'opération clé du procédé, elle se fait dans la totalité des cas manuellement prenant en considération les instructions de l'abattage halal selon le rituel musulman. Plus de la moitié des enquêtés utilisent des couteaux à lame moyenne, le plus essentiel ici c'est que la lame soit bien affûté et la saignée soit en une seul section.

La saignée doit être assurée par un ouvrier qualifié et les animaux saignés sont égouttés (vidés de sang) avant qu'ils soient introduits dans l'échaudoir.

3.1.1.4. Échaudage et plumaison

Après la saignée, les poulets passent dans l'échaudoir contenant de l'eau chaude à 53°C pour faciliter l'élimination des plumes et ne pas altérer la qualité de la carcasse. Elle se fait mécaniquement sur les chaînes d'abattage. Cette opération consiste à déplumer les poulets, elle s'effectue en deux phases :

- ❁ 1^{ère} phase : les poulets seront débarrassés de leurs grosses plumes.
- ❁ 2^{ème} phase : consiste à enlever les plus petites plumes, elle s'effectue par la finisseuse

(figure 17).



Figure 17 : Machines de plumaison

La température des bacs d'échaudage doit être contrôlée régulièrement pour éviter les changements de qualités, notamment organoleptiques.

3.1.1.4.L'inspection après la plumaison

Les carcasses des poulets se regroupent en 3 classes :

- Carcasses consommables.
- Carcasses déclassées c'est à dire de petit taille ou ayant perdue certains de ces membres au cours des manipulations (passant à la salle de charcuterie).
- Carcasses inconsommables généralement de couleur qui vire vers le rouge ou le bleu (saisie) passent au bloc des sous-produits.

3.1.1.5.L'éviscération :

L'abdomen sera coupé du sternum jusqu'au cloque pour l'extraction des viscères (poumon, cœur, foie, gésiers, intestins)

- Les abats consommables sont séparés manuellement puis passent au refroidissement.
 - les abats inconsommables passent directement à la zone des sous-produits (incinération).
- Ces opérations sont effectuées manuellement dans la totalité des cas enquêtés alors que d'autres sont effectuées mécaniquement, nous citons :
- La coupure des cous et jabots.
 - La coupure des pattes.

3.1.1.6.Le ressuyage

Les poulets sont accrochées sur des étriers par les ailes, puis entrent dans une chambre contrôlée par un système qui envoient de l'air froid et sec dans et autour des carcasses. La

chaleur résiduelle des carcasses est totalement évacuée et la température des muscles profonds d'une carcasse de 2000 g est abaissée à 7°C en 20 minutes.

3.1.1.7. Conservation des poulets

Après l'abattage et la préparation des carcasses, les poulets doivent subir un refroidissement rapide. Les carcasses atteignent dans la chambre de refroidissement une température interne de 4°C, elles peuvent y rester 7 jours.

les carcasses qui vont être conservées sont orientées vers la surgélation à une température de – 35 °C puis elles sont congelées, la température interne des carcasses doit atteindre – 18 °C. La conservation peut durer une année. Les poulet sont emballés généralement dans des filets en plastique.

Le transport et la distribution des viandes destinées au commerce se font dans des camions frigorifiques, ces derniers doivent être entretenus périodiquement afin de ne pas détériorer la viande qui sera livrée à la consommation. Le transport est assuré dans la totalité des cas, de notre zone d'étude, par les acheteurs de poulet.

3.1.2. Les tueries

Des petites structures d'abattage dans notre enquête, ces des établissements privées travaillant selon un procédé d'abattage artisanale et utilisant des équipements simples.

3.1.2.2. Réception des animaux et saignée

Après déchargement des camions, les cages de poulet sont placées dans la salle de réception de la tuerie (Figure18).



Figure18 : réception des poulets dans les tueries.

Le repos se fait occasionnellement selon l'heure d'arrivée des poulets et l'heure de leur abattage. La saignée se fait manuellement (figure 19) à l'aide de couteaux bien affûtée et par une personne expérimenté dans la totalité des cas.



Figure19 : Étapes de la saignée dans les tueries artisanales.

L'animal est ressorti de la cage et retenu par ces ailles tête en haut, saigné dans cette position et inversé dans des cônes en plastique pour s'égoutté du sang (les connes peuvent être celles utilisées dans les chantier de construction ou routiers ou bien simplement des bouteilles de l'huile de table de 5L coupées).

3.1.3.2.Echaudage plumaison et lavage

L'échaudage se fait par immersion des poulets dans des bacs d'eau chaude puis ils vont être déplumés au niveau de plumeuses semi-automatiques ou l'animal et maintenu par l'ouvrier et les plumes sont enlevée par l'action des doigts mobiles de la plumeuse. Le reste des plumes va être éliminé manuellement puis les animaux vont être lavés (Figure20).



Figure 20 : Étape d'échaudage et plumaison

Le contrôle de température du bac d'échaudage est effectué dans la totalité des tueries comme pour les abattoirs, elle doit être entre 50 et 53°C.

3.1.2.3.Ressuage et conservation

Après éviscération manuelle, les poulets vont être lavées et accrochées sur des supports dans des salles de ressuyage qui peuvent être aéré naturellement par ouverture des fenêtres ou avec

ventilation d'air pour assurer le séchage des gouttes d'eau restant sur la peau des animaux et permettent la prolifération des microorganismes (Figure21).



Figure21 : Ressuyage des poulets dans les tueries

Les poulets ne doivent pas être entassés pour assurer une bonne circulation d'air sur toutes les surfaces externes des carcasses.

L'emballage se fait dans du film plastique avec étiquetage puis le refroidissement rapide pour mieux conserver la qualité du produit.

3.1.3. Les locales d'abattage

C'est des locaux de 12 à 20 m² (Figure22) de surface aménagés de tel façon à réceptionner des animaux, les garder pendant 2 à 5 jours et l'abattre au moment de la vente. La saignée se fait au moment de la demande du consommateur. Et les animaux peuvent être ou non déplumés et éviscérés.



Figure22 : Exemples de locale d'abattage.

Jusqu'à l'abattage, les animaux sont alimentés par l'alimentation de volaille commerciale qui peut être additionnée de l'orge et les déchets de pain sec en plus de l'eau. La litière des locales d'abattage est généralement défectueuse, le sol est généralement couvert d'une quantité de terre ou sable seulement. Le nettoyage et désinfection sont assurés avant chaque arrivée des animaux. À la demande des consommateurs, l'animal est pesé puis saigné au sol.

3.1.4. Abattage à l'air libre

C'est l'abattage au près des routes, dans les marchés publics et dans les marchés hebdomadaires (figure23). Mode d'abattage traditionnel au cours du quel aucune condition de réglementation n'est respectés.



Figure 23 : Exemples des conditions d'abattage à l'air libre

Les cages des animaux sont déposées sur sol, à la demande du consommateur l'animal est retenu par ces ailles puis saigner et égoutté dans des cônes de la même manière que dans les tueries et les locales d'abattage.

3.2. Facteurs liés au niveau d'instruction du personnel

3.2.1. Responsables de production

Les responsables de production ont un niveau d'enseignement variable selon le type des structures d'abattage. Dans les abattoirs 100% des responsables ont un niveau universitaire, ils sont des ingénieurs agronomes ou des vétérinaires.

Au niveau du reste des structures d'abattage, il n'y a aucune règle pour le niveau d'enseignement des responsables et nous avons remarqué d'une manière générale au travers les wilayas d'étude que les niveaux secondaire et moyen sont les plus dominant tel que présenté par la figure24.

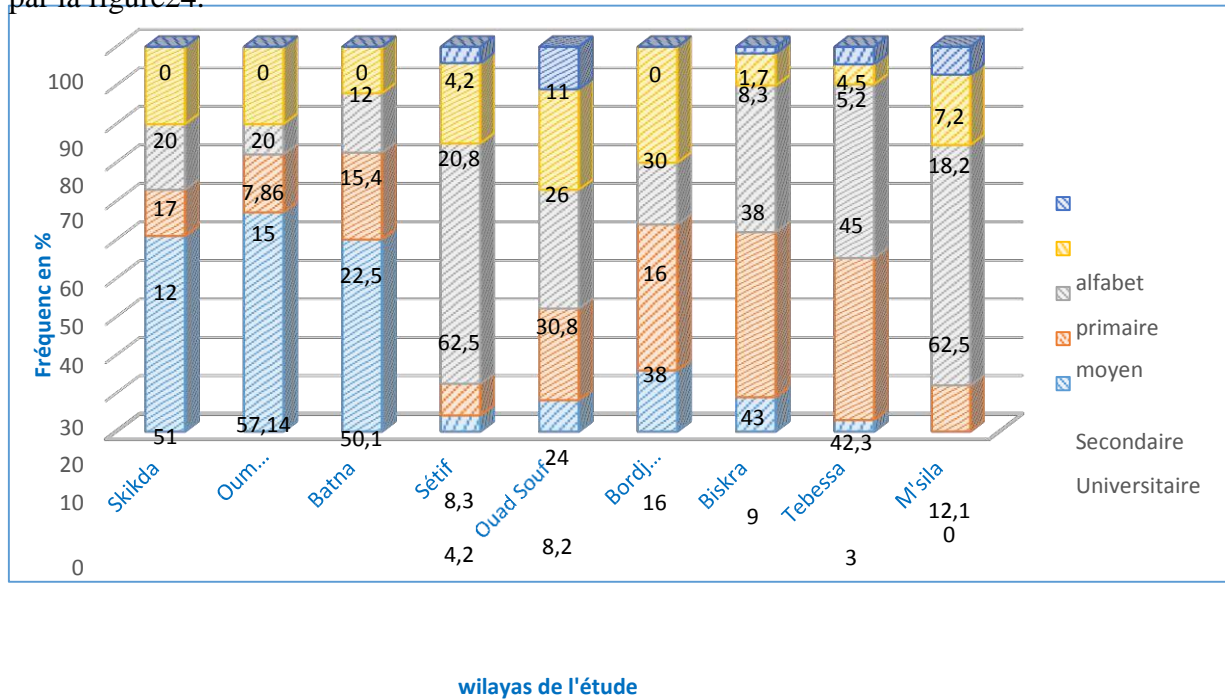


Figure 24 : Répartition des responsables de production selon wilaya et niveau d'enseignement.

D'après les résultats de notre enquête, ces responsables sont âgés entre 25 et 55 ans avec dominance de la tranche d'âge 25 à 30 ans dans les wilayas de Batna, Bordj Bou Arridj (Figure25).

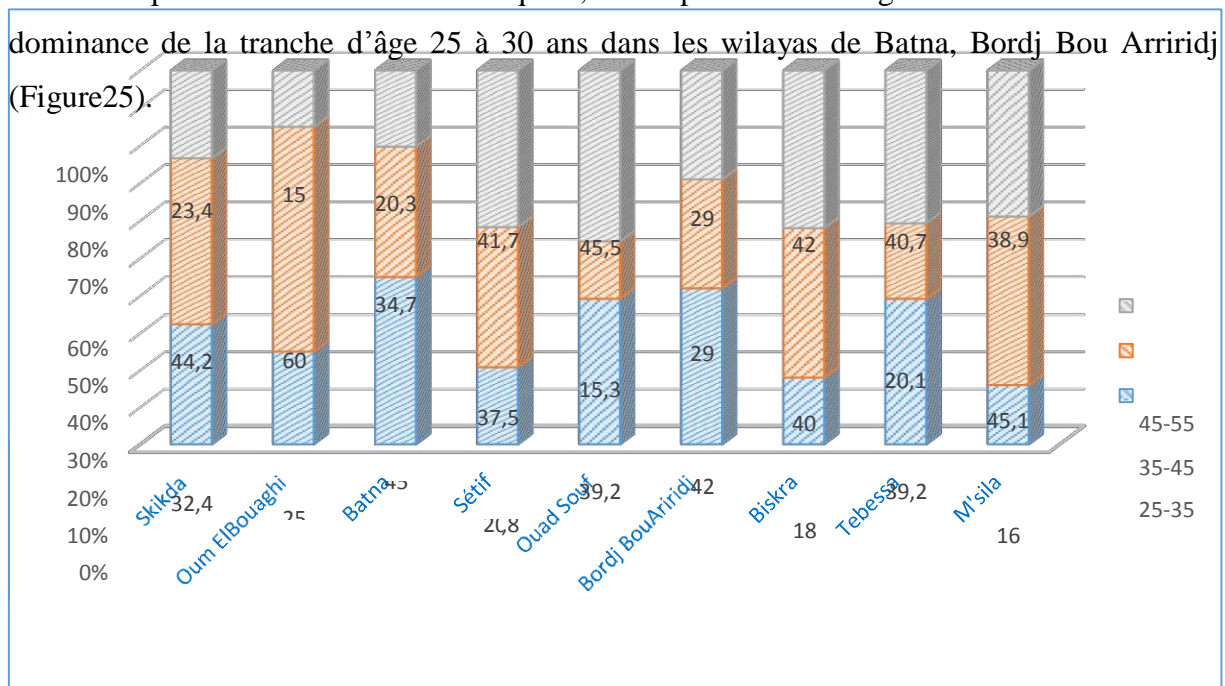


Figure 25 : Répartition des responsables de production selon les wilayas et la tranche d'âge

Cependant, pour les wilayas de Setif, Ouad Souf, Biscra et M'sila c'est plutôt la tranche d'âge 45 à 55 ans qui est la plus dominante.

Belaid (2015) a conclu qu'au sein des entreprises de la filière avicole algérienne, le niveau de compétences managériales est plutôt faible et près de deux tiers des répondants (63%) des cinq maillons enquêtés affirment que le niveau de compétence dans la filière est moyen. Le même auteur indique qu'ils y a autres résultats d'enquêtes effectuées et qui montrent que le dispositif de la formation n'est plus en place dans 86% des cas.

L'acquisition du métier se fait par formation dans le domaine, expérience dans le métier ou bien par héritage c'est-à-dire par passage du métier dans la famille. La Figure 26 représente les fréquences de ces possibilités au travers notre zone d'étude.

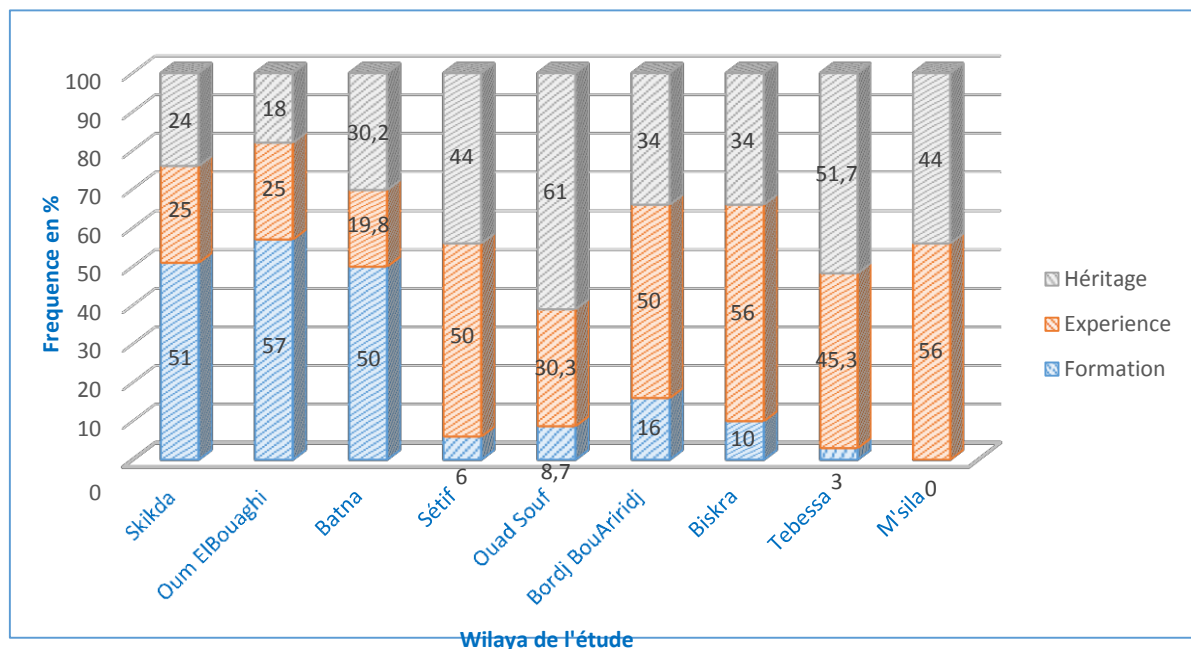
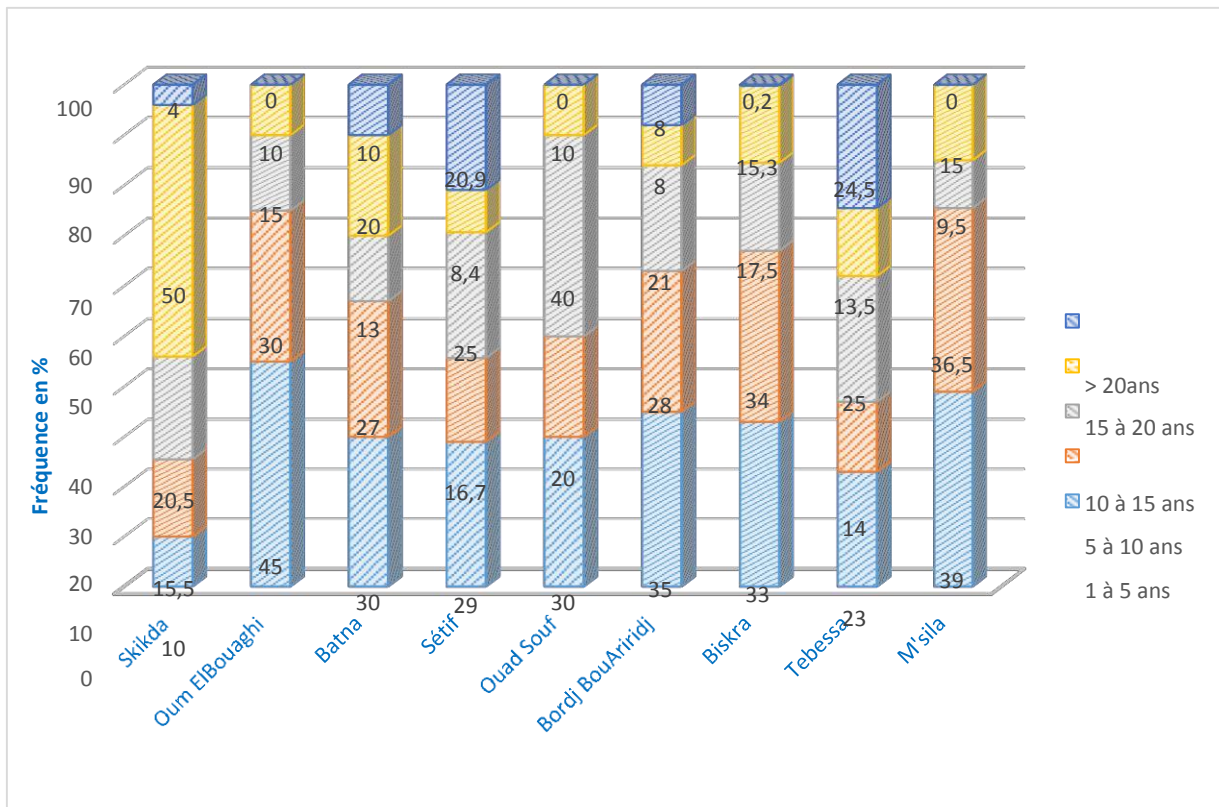


Figure 26 : Répartition des responsables de production selon wilaya et le mode d'acquisition du métier.

La figure montre bien que l'acquisition du métier par héritage est le moyen le plus répondu pour la formation du personnel.

Concernant l'ancienneté de ces responsables dans le métier, elle varie entre une année à plus de 20 ans (Figure27). Dans les abattoirs, nous avons remarqué que l'ancienneté dans le métier est un critère très respecté et le changement du personnel ne se fait que pour des cas exceptionnels. Dans les tueries par contre, les contrats de travail même si ils existent, ils sont de courtes durées.



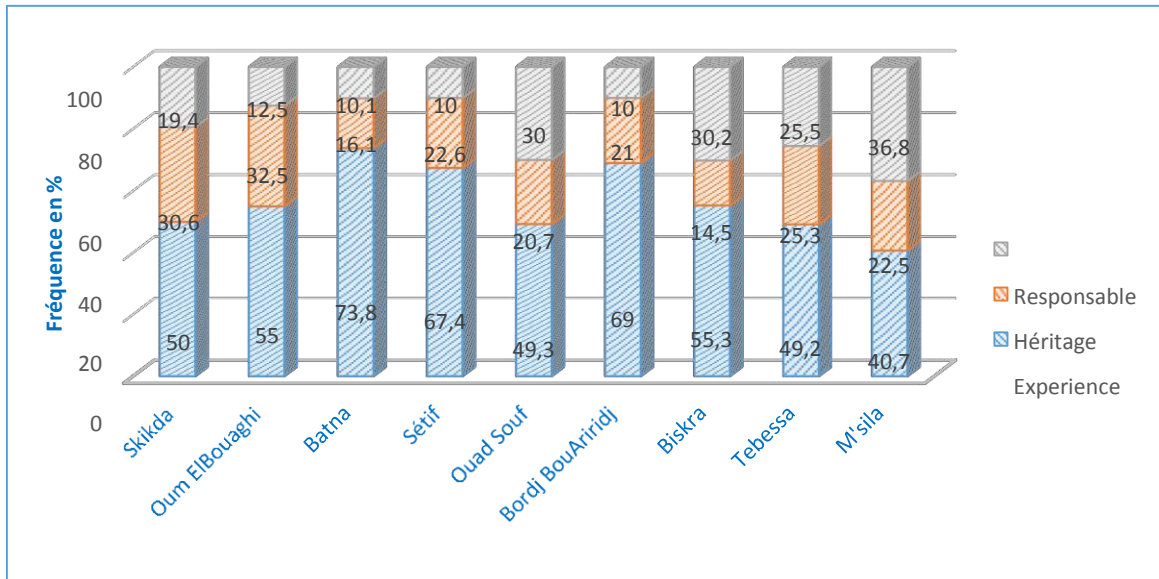
Wilayas de l'étude

Figure 27 : Répartition des responsables de production selon les wilayas et l'ancienneté dans le métier.

Au niveau du restes des structures et locales d'abattage, nous remarquons pour la plus part des responsable, ont une ancienneté qui ne dépasse pas les 5ans. La majorité de ces responsables n'ont pas l'envie de faire des formations dans le domaine, la collaboration entre eux est variable selon leur niveau d'instruction ; leurs participations aux manifestations scientifiques sont très limitées.

3.2.2. Les travailleurs de la section abattage

Pour les locales d'abattage et l'abattage à l'air libre, le responsable est celui qui pratique l'abattage. Cependant, au niveau des abattoirs et tueries les agents qui travaillent dans la section abattage n'ont subis aucune formation dans le domaine et ont généralement acquis leur métier par leur expérience et suivant les conseils de leurs responsables en plus du passage du métier dans la famille (Figure28).

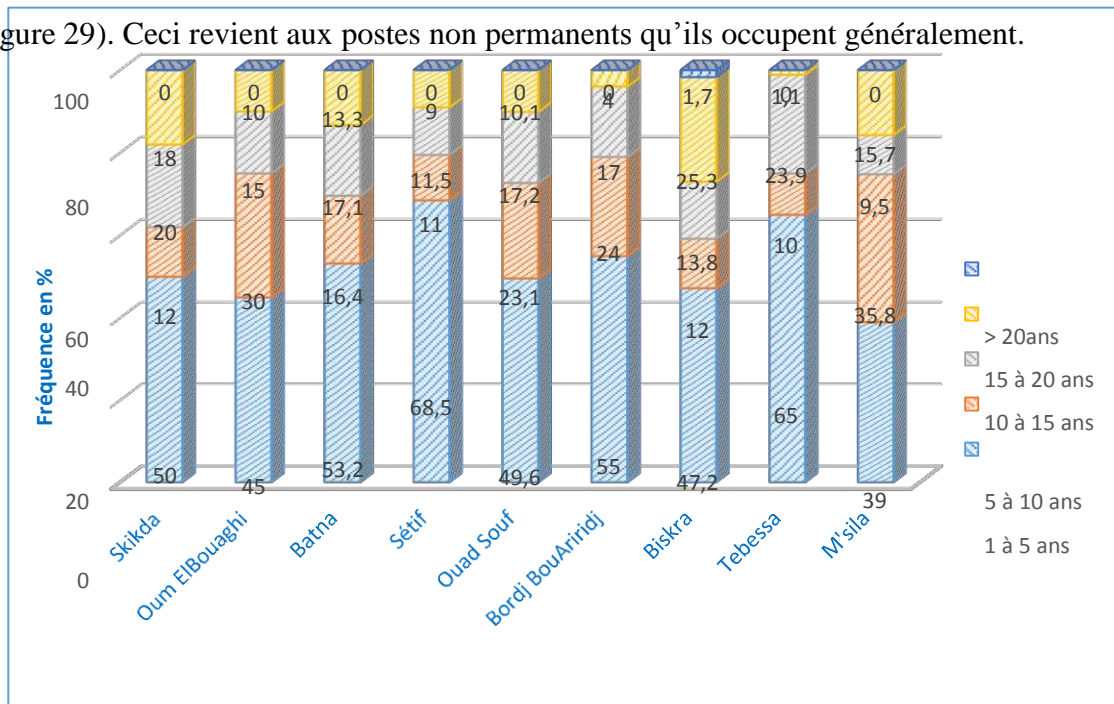


Wilaya de l'étude

Figure 28 : Répartition des travailleurs par wilaya et mode d'apprentissage du métier.

D'une manière générale nous pouvons constater que le manque de formations professionnelles dans la section abattage fait que l'acquisition du métier est faite par les moyens si dessus. Ce qui fait que passage du métier dans la famille est le moyen le plus facile et le plus intéressant et c'est le même cas pour les responsables de productions cités à l'avance.

L'expérience de ces travailleur et généralement comprise entre une année et cinq ans (Figure 29). Ceci revient aux postes non permanents qu'ils occupent généralement.



Wilaya de l'étude

Figure 29 : Répartition des travailleurs par wilaya et ancienneté dans le métier.

Les résultats de notre enquête ont montré l'importance du volet organisationnel et institutionnel dans la filière avicole algérienne qui se caractérise par un manque de structuration, une faiblesse d'articulation entre ses acteurs clés et aussi une faible capacité des entreprises à créer et maintenir un avantage concurrentiel via leurs ressources et propres compétences.

les pouvoirs publics doivent intervenir par l'approche strictement liée aux moyens financiers, dans l'objectif de se concentrer sur les leviers organisationnels et institutionnels d'une part et d'autre part viser les acteurs de la filière par leur implication dans l'organisation de la filière et de l'absorption et diffusion des apprentissages.

Conclusion

La caractérisation de la situation du secteur abattage avicole dans l'Est algérien à travers les résultats de notre enquête, a donné lieu à une identification d'insuffisances assez importantes qui entravent le développement de ce secteur d'une part et d'autre part l'équilibre de la filière avicole.

Le terrain de notre étude révèle l'existence d'une très forte proportion d'établissement travaillant de façon illicite échappant toujours au contrôle des autorités, ce sont plus particulièrement les locaux d'abattage et les marchés parallèles qui perturbent toujours les statistiques de la filière avicole algérienne et handicapent la mise en place de données exactes pour tous types d'études.

A propos des structures d'abattage, nous pouvons les classées en structures industrielles dont les abattoirs et les tueries industrialisées et les structures artisanales qui regroupent les tueries et les locaux d'abattage de poulet. Nous pouvons citer en plus l'abattage à l'air libre dans les marchés parallèles et hebdomadaires et aussi au près des routes dans les régions rurales. La mise au point d'une réglementation pour les locaux d'abattage et l'abattage aux marchés devient une nécessité dans la filière, leurs existence inévitable est liée à l'augmentation de consommation de leurs produits, même avec un prix pareil à celui des autres établissements.

Au cours de l'abattage, les techniques utilisées et le matériel mis en place sont fonction spécialement de la taille de l'investissement qu'il soit industriel ou traditionnel en plus des habitudes alimentaires régionales différentes surtout au *sahara* où les consommateurs sont orientés le plus vers les viandes rouges (ovines, caprines et camelines) et dans la même région entre les zones urbaines et rurales.

Selon les conditions entourant l'abattage et les techniques utilisées nous avons ressortie trois procédés dont le poulet de chair peut être traité pour arriver au consommateur et qui sont :

- L'abattage artisanal direct au sol au moment de la vente ou les animaux sont saignés à la demande du consommateur sans aucunes manipulations précédentes.
- Abattage industriel dans les tueries ou les animaux après ramassage et transport subissent un accrochage sur les chaine d'abattage tête en bas et sont saignés dans cette position.
- Abattage industriel dans les abattoirs avec plus de manipulations des animaux. Après ramassage et transport, les animaux sont accrochés tête en bas puis traversent le bac d'électronarcose pour être saignés à la fin.

Pour les intervenants dans le secteur, nous pouvons dire qu'appart les structures industrielles, il y a un manque de professionnalisme que ce soit pour les responsables ou bien les travailleurs. C'est toujours l'expérience dans le domaine qui joue le rôle le plus important en plus du passage du métier dans la famille, conséquence d'un manque de programme de formation professionnel et de sensibilisation dans la filière aviaire. De ce fait, la mise au point de programme de formation professionnelle pour les responsables et les travailleurs en plus des journées d'étude et de sensibilisation grâce à l'augmentation du nombre et lieux des manifestations scientifiques pourrait avoir un rôle positif aussi pour l'amélioration du secteur abattage poulet de chair surtout en régions rurales en Algérie.

Dans ce sens, il est possible d'aboutir à une certaine relance à condition qu'on définisse le champ d'action des différents acteurs et qu'on protège la filière avicole sur des bases plus saines que celles qui sont en vigueur actuellement. Dans la phase de transition, l'abandon de la planification centralisée doit se traduire par l'émergence de formes organisationnelles modernes permettant plus de souplesse et une mobilisation du personnel sur des objectifs stratégiques.

**Effet des conditions prés abattage sur le bien-être
des poulets**

Préambule

Le stress accompagnant la production animale est devenu un indicateur de bien-être et facteur affectant les paramètres économiques (Damaziak *et al.*, 2017). Les animaux sont dans un grand risque de peur au cours des procédures qui les prends à de nouvelles situations et qui ont un impact sur le bien-être des animaux d'une part et d'autre part sur la qualité des viandes (Duncan, 2004). La réaction physique de stress augmente la demande métabolique et par conséquent active le métabolisme musculaire et le stress d'origine émotionnel peut stimuler la sécrétion des hormones dans le sang beaucoup plus le cortisol et les catécholamines (Picard *et al.*, 2010).

avant abattage le stress affect l'état physiologique des animaux ce qui conduit à un épuisement du glycogène chez l'animal et par conséquent, l'évolution des paramètres de qualité de la viande tels que le pHu, la couleur, les pertes en eau et la tendreté (Muchenje *et al.*, 2009). Les mêmes auteurs ont indiqué que lorsque l'animal est soumis à un stress prés abattage, il se produit une libération rapide de catécholamines, entraînant un appauvrissement en glycogène et entraînant un pH élevé avec une viande de couleur brune. Ce type de viande entraîne d'énormes pertes économiques dans l'industrie de la viande en raison de sa mauvaise qualité.

Dans le secteur de volailles, le stress avant abattage est principalement causé par l'interaction entre l'homme et l'animal, non seulement pendant le transport, mais aussi lors de l'abattage. Jayaprakash *et al.* (2016) ont indiqué que ces facteurs de stress affectent l'état physiologique et biochimique de l'oiseau.

Zanetti *et al.* (2013) précisés en plus que les poulets de chair en transit pendant de longues périodes subissent un niveau de stress plus élevé se traduisant par des changements de leurs paramètres sanguins et certaines différences dans les profils de protéines musculaires.

Les conditions préalables à l'abattage sont importantes pour la qualité et le bien-être des oiseaux. Par conséquent, une meilleure compréhension de ces conditions aidera l'industrie avicole moderne à obtenir des produits de meilleure qualité (Shawkat *et al.*, 2008).

De ce point de vue, le but de notre travail était d'étudier l'effet des manipulations avant abattage sur le bien-être des poulets de chair et leur relation avec les paramètres de qualité des viandes.

Matériel et méthodes

1. Méthodologie

Après traitement des résultats de notre enquête nous avons jugé intéressant d'étudier l'effet des conditions pré-abattage au cours des trois principaux modes d'abattage pratiqués en Algérie sur les paramètres de qualité des viandes de poulet de chair et ceci à travers :

- Une estimation du stress à plusieurs stades pré-abattage par détermination de paramètres physiologiques ayant relation avec les changements comportementaux des animaux et qui sont la glycémie et le cortisol sanguin (hormone de stress).

Pour mieux expliquer notre démarche nous avons établi la figure 30 de la méthodologie

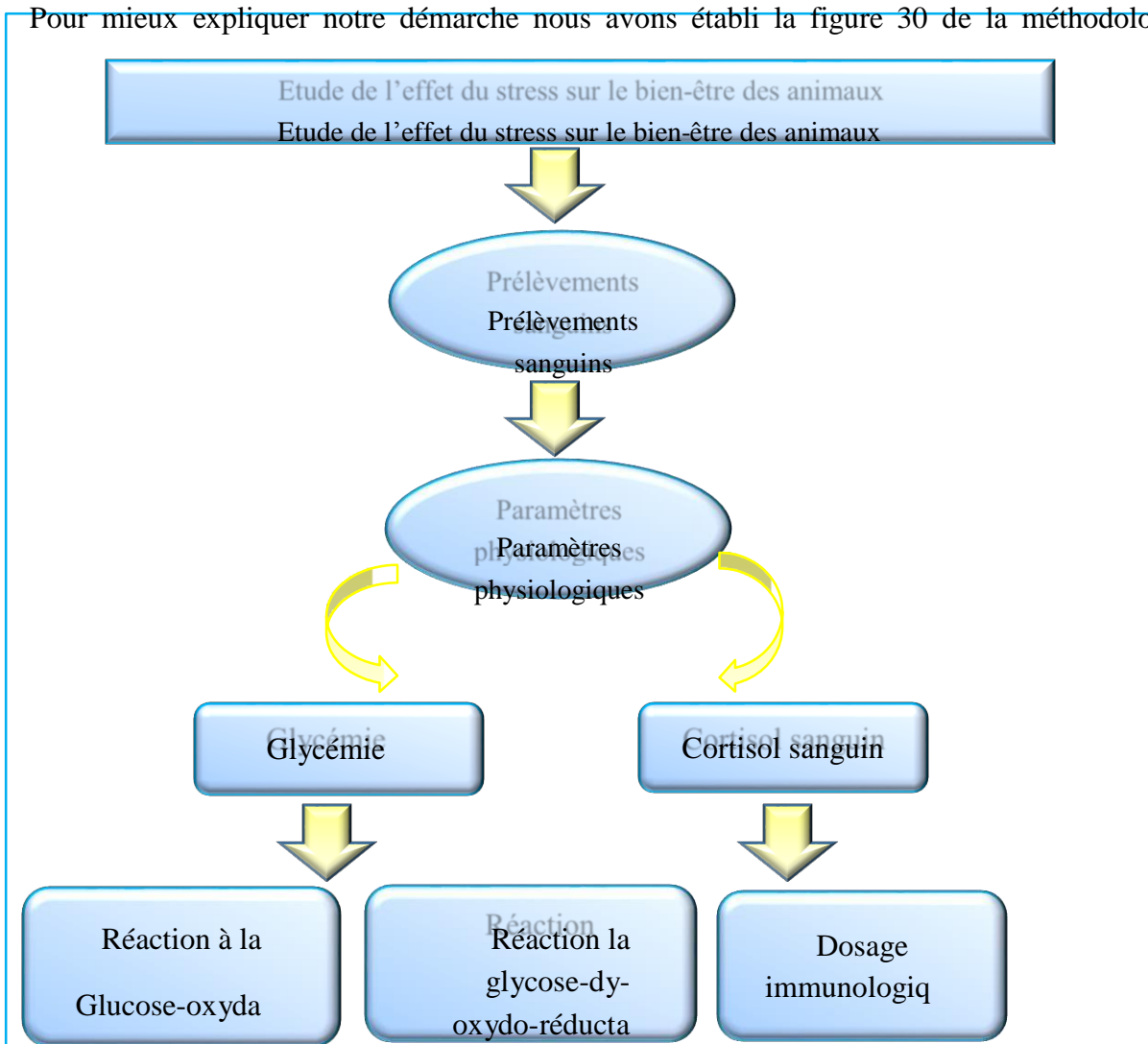


Figure 30 : Méthodologie générale

1.1. Modes d'abattage

D'après les résultats de notre enquête, nous avons établis les trois procédures d'abattage de poulet de chair dans l'Est algérien, se différencient par les manipulations pré-abattage. Dans cette partie nous allons étudier l'effet de ces manipulations pré-abattage sur le bien-être des animaux d'une part et d'autre part sur la qualité des viandes.

1.1.1. Mode d'abattage 1

Après repos, les poulets vont être saignée directement au sol, c'est le mode d'abattage fréquent dans les tueries artisanale, locales d'abattage et l'abattage à l'air libre au niveau des marchés publics, parallèles et hebdomadaires.

1.1.2. Mode d'abattage 2

C'est le mode utilisé dans les tueries moderne, après repos les animaux vont être accrochés par les pieds tête en bas puis saignés dans cette position.

1.1.3. Modes d'abattage 3

C'est l'abattage industriel où les animaux subissent tous les traitements de la chaîne d'abattage commençant par l'accrochage, l'électrocution et en fin la saignée.

1.2. Matériel biologique

Dans notre étude nous avons utilisé un totale de 150 poulet de chair provenant de l'établissement d'élevage étatique de Ben Azzouze, wilaya de Skikda. Les souches utilisées sont la ISA F15 et *Arbor acres*.

Les animaux sont élevés suivant les conditions d'élevage du poulet de chair prescrites par le Ministère de l'Agriculture Algérien et alimenté par aliment de poulet de chair commercial fabriqué par l'Office National d'Aliment de Bétail.

Les animaux sont âgés de 53 à 56 jours leurs poids moyen est de $2,8 \pm 0,6$ Kg, ils ont été ramassés la veille de l'abattage et transporté à l'abattoir dans les semi-remorques de transport étatiques pendant une durée de $2h \pm 15min$.

1.3. Echantillonnage

Nous avons effectué des prélèvements sanguins pour l'étude des paramètres physiologiques à partir de la veine de l'ail du poulet vivants utilisant des seringues de 5ml ; ces prélèvements sont effectués lors des opérations qui précèdent la saignée au niveau de l'atelier d'élevage et dans l'abattoir (Figure 31). En plus, nous avons procédé à la récupération du sang qui s'écoule lors de la saignée des poulets.

Les échantillons sont conservés dans une glacière et transportés au laboratoire d'analyse Ibn Sina, les Combattants, Constantine.

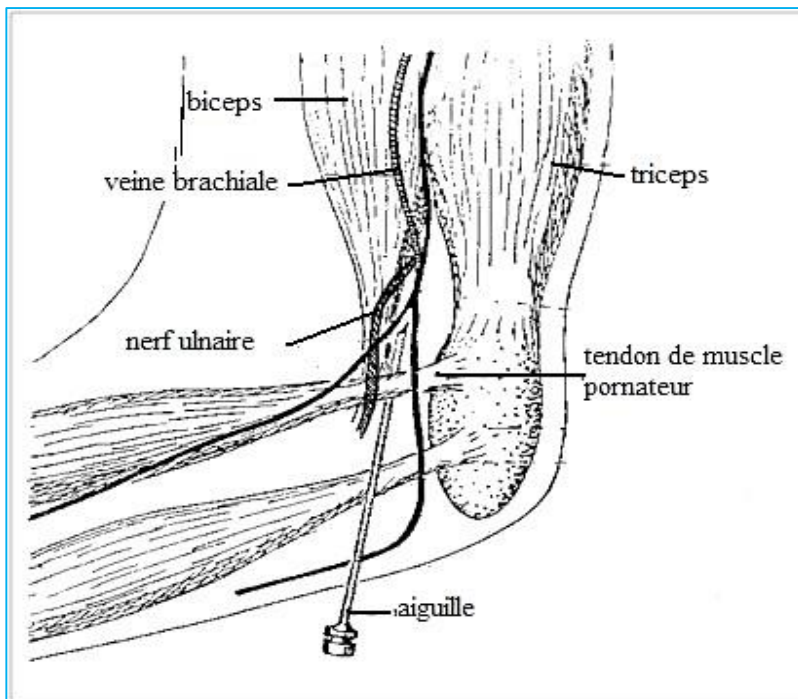


Figure 2 : Illustration du lieu anatomique pour prélèvement du sang des poulets. (Alders et Spradbrow, 2000)

1. Paramètres physiologique

Chaque manipulation des poulets avant et au cours de l'abattage peut provoquer un stress qui conduit par conséquent aux changements dans les mécanismes biologiques normale de l'animale qui s'accompagnent de fluctuations dans les taux de paramètres physiologiques.

Dans notre travail, pour l'estimation de l'état physiologique des animaux vivant, nous avons déterminé la glycémie et le cortisol sanguin qui sont les paramètres sanguins les plus utilisés pour l'expression du stress.

Les niveaux de prélèvements sanguins choisis dans notre étude sont schématisés dans la figure 32.

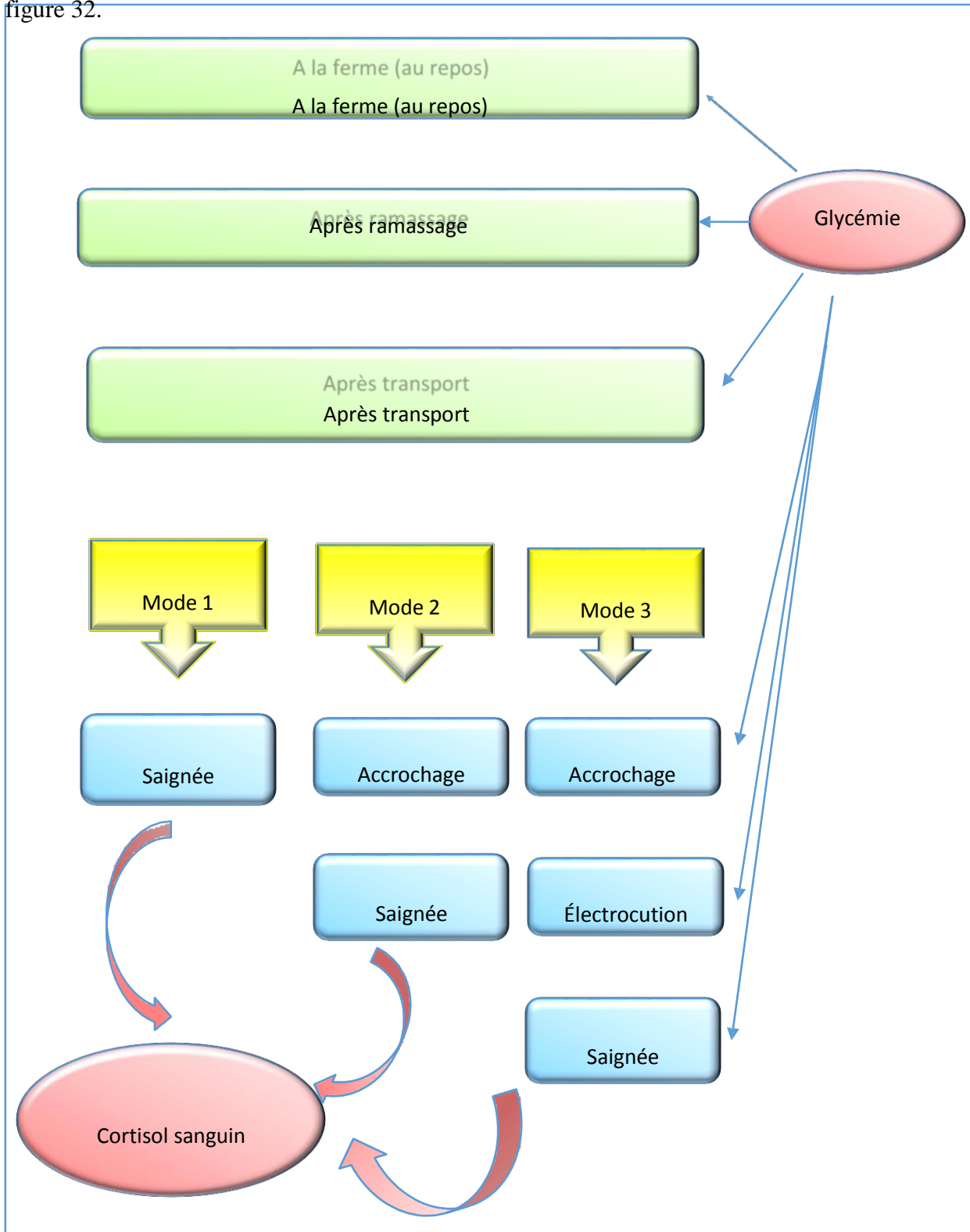


Figure 4 : niveaux de mesure de la glycémie et du cortisol sanguin.

2.1. Détermination de la glycémie

La mesure de la glycémie a été réalisée selon deux méthodes par mesure standard au niveau du Laboratoire agréé en plus de la mesure utilisant les bandelettes réactive avec lecteur.

2.1.1. Mesure standard de la glycémie

La détermination du glucose selon la réaction à la Glucose oxydase selon les instructions du protocole du test médical. Les échantillons sont incubées pendant au moins dix minutes au bain marie à 37°C puis faire la lecture au spectrophotomètre à 500 nm.

2.1.2. Mesure de la glycémie par bandelette réactive

La glycémie a été déterminée aussi par le test à la glyose-dy-oxydo-réductase avec médiateur d'oxydation en utilisant des bandelettes réactives permettant la mesure quantitative de la glycémie à partir de sang capillaire frais ; ces bandelettes sont employées avec un lecteur Accu-Chek Active.

Chaque bandelette est munie d'une zone réactive. L'application du sang sur cette zone provoque la réaction qui se traduisant par un changement de la couleur. Le lecteur calcule alors la valeur de glycémie correspondant à la coloration obtenue.

Les étapes de la mesure sont :

- 1- Prélèvement d'une quantité suffisante de sang (1/2 ml ou plus) de la veine brachiale.
- 2- Une goutte de sang est immédiatement versée sur la zone réactive de la bandelette insérée préalablement dans le lecteur.
- 3- Le lecteur affiche la valeur de la glycémie après 5 secondes environ.

2.2. Détermination du cortisol sanguin

Nous avons effectué un dosage immunologique en utilisant un analyseur Elecsys 1010 (Roche) suivant les instructions du manufacturer. L'échantillon et les microparticules paramagnétiques recouvertes d'anticorps anti-cortisol sont mis en présence afin de créer un mélange réactionnel. Le cortisol présent dans l'échantillon se lie aux microparticules recouvertes d'anticorps anti-cortisol.

Après incubation, le conjugué de cortisol marqué à l'acridinium est ajouté au mélange réactionnel. Le conjugué de cortisol marqué à l'acridinium entre en compétition pour occuper

les sites de liaison des microparticules recouvertes d'anticorps anti-cortisol. Suite à une seconde incubation, les microparticules sont lavées et les solutions de pré activation et d'activation sont

ajoutées au mélange réactionnel. La réaction chimiluminescente qui en résulte est mesurée en unités relatives de lumière (URL). On trace par la suite une courbe d'étalonnage et on ressort les valeurs cherchées.

3. Analyse statistique

Les résultats de cette étude ont été analysés à l'aide du logiciel IBM SPSS statistics 24.0 pour Windows, les mesures sont données en moyenne \pm ET. Les tests d'ANOVA et de *Student* ont été utilisés. Pour les différences significatives entre les moyennes, ils ont été déterminées par le test de Tukey à un niveau $p \leq 0,05$. L'analyse en composantes principales (CPA) a été utilisée pour étudier les corrélations entre tous les paramètres et le mode d'abattage avec XLSTAT 2016.

Résultats et discussion

Pour atteindre l'objectif de l'étude de l'effet des conditions pré-abattage sur le bien-être des poulets de chair, nous allons :

- Présenter nos résultats sous forme de moyenne \pm écartype pour pouvoir les comparer entre eux et à la bibliographie.
- Discuter les résultats par appuis sur les bases scientifiques et résultats d'autres études ayant relation avec notre objectif.

1. Evolution de La glycémie

Le glucide le plus important est le glucose, c'est un sucre simple qui est métabolisé par presque tous les organismes connus ; il fait partie d'une grande variété de voies métaboliques présentes chez toutes les espèces. Le taux de glucose dans le sang est influencé par plusieurs facteurs biologiques dont le stress de l'animal. Le stress stimule le taux de différentes hormones qui provoque l'élévation de la glycémie (Surwit *et al.*, 1992).

D'après nos résultats nous avons constaté qu'au niveau du poulailler, les poulets de la souche ISA 15, ont une glycémie moyenne de $211,80 \pm 0,56$ mg/dL (Figure 33). Ces résultats sont dans l'intervalle des normes qui est de 190 à 220 mg/dL rapporté par Scane (2009). La glycémie obtenue pour les poulets de la souche *Arbor acres* est aussi dans cet intervalle et est de $218,57 \pm 11,82$ mg/dL.

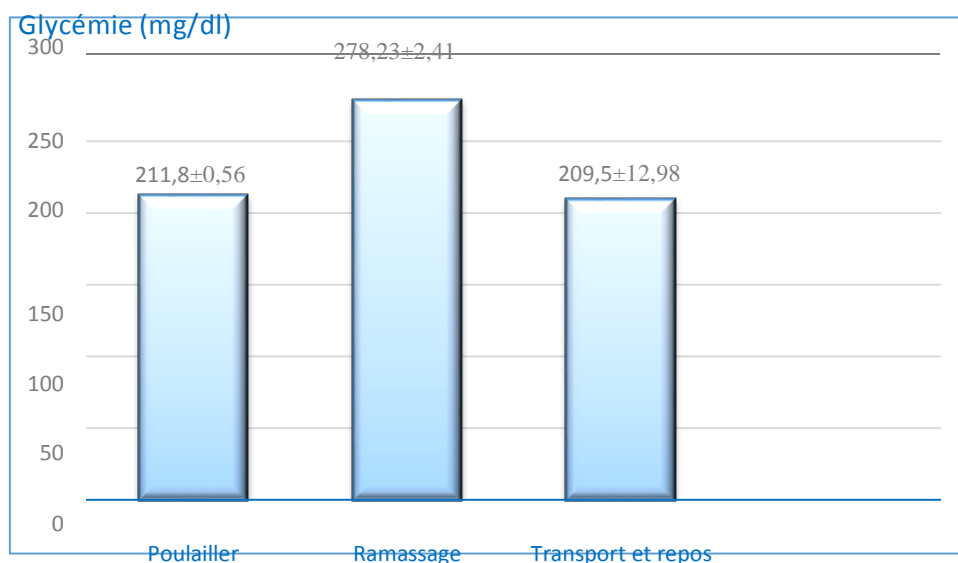


Figure 33 : taux de glycémie avant abattage des poulets de la souche ISA 15.

Après ramassage par les pieds dans le poulailler des poulets de la souche ISA 15, les valeurs de glycémie augmentent significativement ($p < 0.05$) et dépassent les normes ($278,23 \pm$

2,41 mg/dL) ce qui montre un effet considérable de cette manipulation sur l'état des poulets. Au cours du ramassage l'animale se trouve en contact avec les personnes chargées de cette action et qui peuvent être les aviculteurs ou d'autres personnes chargées à faire le ramassage et qui peuvent le perturber ; par conséquent il développe un état de stress accompagné par des changements dans ces paramètres physiologiques dont la glycémie.

Lauthra (2010) rapporte que Lorsque le stress survient, le corps se prépare pour passer à l'action. Cette préparation est appelée réaction au combat ou à la fuite. Les niveaux de nombreuses hormones montent en flèche, leur effet net est de mettre beaucoup d'énergie stockée (glucose et graisse) à la disposition des cellules qui ensuite se préparent pour aider le corps à échapper au danger.

Après transport la glycémie diminue à $209,5 \pm 12,98$ mg/dL pour les poulets de la souche ISA 15 ; ceci explique l'épuisement du glucose en réponse à un stress aigu au cours du transport. Ces résultats concordent avec les résultats de Hazard *et al.* (2011) qui constatent qu'après 2 h de transport de poulets à griller, les valeurs de glycémie diminuent ($p < 0,001$) de 184 ± 10 mg / dL à 101 ± 10 mg / dL. De plus, Tadich *et al.* (2009) ont trouvé le même résultat chez les agneaux qui présentaient 450 ± 11 mg / dL de glucose sanguin à la ferme et après le transport et la stabulation diminuent ($p < 0,005$) jusqu'à 370 ± 00 mg / dL.

Gradin *et al.* (1997) ont également signalé que les longs transports ont été reconnus comme des facteurs qui entraînent des changements physiologiques et comportementaux pouvant affecter le bien-être des animaux

Chambres et Grandin (2001) rapportent que le transport du bétail est sans aucun doute un stade très stressant et le plus préjudiciable dans la chaîne d'opérations entre les exploitants et l'abattoir et contribue de manière significative à la dégradation du bien-être des animaux. la durée de transport ne pouvant excéder 2 h pour les poulets de type Label et au maximum 8 h pour les autres types de productions (Terlouw *et al.*, 2007).

Les résultats de Zanetti *et al.* (2013) ont indiqué une plus grande tendance aux réactions de stress et au long transit des poulets de chair et ont confirmé que le temps de transport influence le métabolisme des poulets de chair.

Dans de bonnes conditions, le transport avait un léger effet sur le bien-être, la qualité de la viande ou les paramètres physiologiques liés au stress (Chacon *et al.*, 2005). Nos résultats montrent aussi que les valeurs des glycémies après transport et repos restent ans les normes.

Cependant, certains auteurs rapportent que les longs temps d'attente pour l'abattage peuvent stresser les animaux à cause de plusieurs facteurs tels que la privation de nourriture ou d'eau, les activités de manutention, l'adaptation environnementale, les conditions météorologiques défavorables, la faim et la fatigue (Mormède *et al.* 2002).

Au cours du premier mode d'abattage et après la saignée directe, nous avons remarqué que la glycémie est $180 \pm 0,17$ mg/dL. Cette diminution reflète encore un épuisement des réserves de glucose qui peut être due à la privation de l'alimentation et l'eau. Lorsque les animaux sont saignés directement après repos sur sol dans notre étude, aucune différence significative n'est notée pour la glycémie.

Durant le deuxième mode d'abattage, ou les animaux sont accrochés nous avons remarqué une augmentation significative de la glycémie ($p < 0,05$) qui devient $225,6 \pm 3$ mg/dL (Figure 34). Cette valeur continue encore à augmenter au cours de la saignée et arrive à $228 \pm 0,3$ mg / dL.

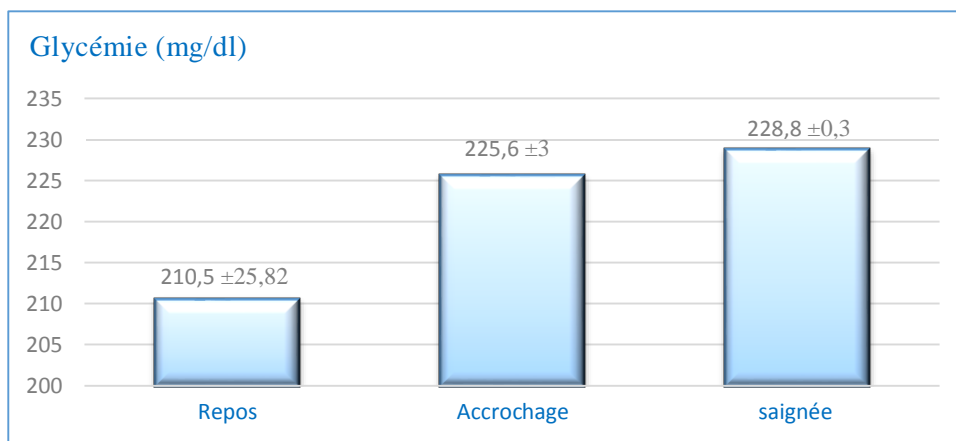


Figure 34 : Évolution de la glycémie en mg/dl au cours de l'abattage avec accrochage.

Rappelons qu'au cours de l'accrochage, les poulets sont ressortis des cages de transport et maintenus par les pieds tête en bas ensuite accrochés par les pieds sur les manilles des chaînes d'abattage. Cette manipulation provoque des vocalisations et des battements d'ailes qui peuvent induire des blessures et des fractures des ailes (Debut *et al.*, 2005). Berri *et al.* (2005) rapportent que chez le poulet, la durée des battements d'ailes élevée était associée à une diminution plus rapide du pH.

Nos résultats montrent qu'il y a un stress important au cours de cette manipulation des animaux et reflètent un effet considérable de la chaîne d'abattage sur le bien-être des animaux. [Début et al.\(2004\)](#) précisent que l'accrochage favorise l'activité physique des animaux juste

avant leur mort ce qui peut être défavorable pour la qualité de la viande. La durée d'accrochage était également positivement corrélée avec les niveaux plasmatiques de glucoses (Bedanova *et al.*, 2007).

Pour les animaux qui ont subis toutes les manipulations de la chaîne d'abattage et qui après réception vont être accrochés et passent dans le bain d'électronarcose, les glycémies sont significativement ($p < 0,05$) élevée ($243 \pm 0,3$ mg / dL) et reflète un état de stress très important tel qu'il est illustré dans la figure suivante.

Chez le porc aussi le stress de transport et de manipulation, ainsi que l'attente et manipulations à l'abattoir se traduisent par une hyperglycémie (Mormede *et al.*, 2004). Cependant Debut *et al.*, (2005) sur un échantillon sanguin prélevé à la saignée de poulet grâce à la mesure de la glycémie sanguine, ont trouvé 176.8 mg/dl. Ce qui est inférieur à nos valeurs et paraît dans les normes.

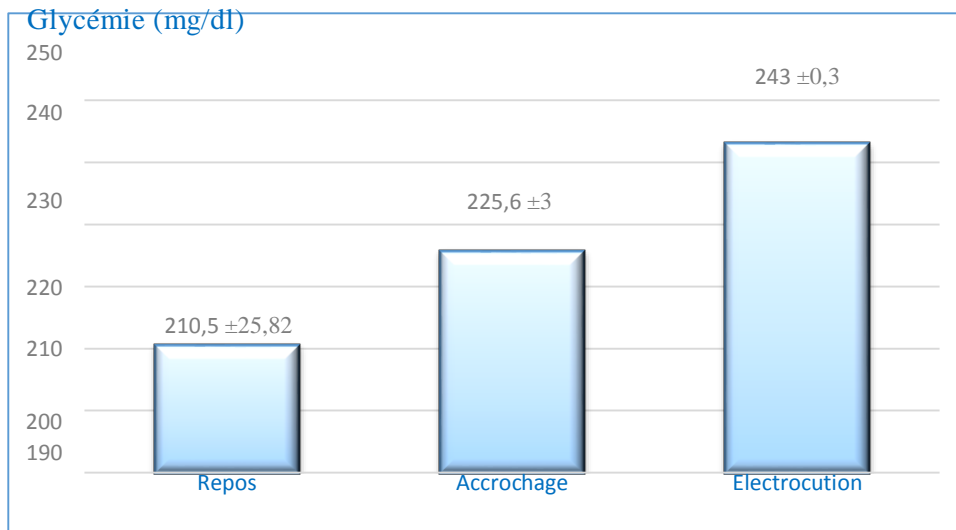


Figure 35 : Évolution de la glycémie en mg/dl au cours de l'abattage avec accrochage et electrocution.

Les conditions prés abattage liées à l'utilisation de la chaîne d'abattage peuvent être la source du stress des animaux et c'est liés à l'accumulation de facteurs critiques qui doivent être pris en considération pour définir les meilleurs conditions assurant le bien-être des animaux au cours de l'abattage (Mirinda-de la lama *et al.*, 2009).

L'utilisation de de crochets flexibles et d'un tapis roulant sur lequel reposent les volailles jusqu'à 'à l'arrivée dans le bain de l'électronarcose peut réduire les douleurs associées à l'accrochage (Lines *et al.*, 2012).

La fréquence électrique est un paramètre important, elle influe en particulier sur le rythme cardiaque (Debut *et al.*, 2004). Par conséquent il va y avoir des changements physiologiques conduisant à des évolutions métaboliques différentes au cours des derniers moments de la vie des animaux ainsi qu'après la mort.

2. Evolution du cortisol sanguin

Les glucocorticoïdes comme le cortisol et la corticostérone sont les plus utilisés pour l'estimation de l'état de stress chez les animaux au cours des études en relation avec le bien-être animal (Nicol *et al.*, 2009).

Dans notre travail, les groupes d'animaux de la souche ISA 15 accrochés et ceux accrochés et électrocutés présentaient des taux de cortisol plus élevés. La valeur du cortisol au moment du saignement est également élevée ($p > 0,05$) $0,28 \pm 0,1 \mu\text{g} / \text{L}$ et $0,38 \pm 0,22 \mu\text{g} / \text{L}$ respectivement par rapport au groupe d'animaux saignés directement ont la valeur est de $0,16 \pm 0,02 \mu\text{g} / \text{L}$.

La réponse au stress aigu conduit à une cascade de réactions physiologiques dans l'organisme, activant le système nerveux sympathique-adréno-médullaire qui répond au stress à court terme par la production de catécholamines et de système hypothalamo-hypophyso-corticosurrénal qui implique une augmentation du cortisol plasmatique niveaux (Linares *et al.*, 2008).

Plusieurs auteurs rapportent qu'il y a une relation entre la valeur du cortisol chez les animaux et le stress avant l'abattage, Tadich *et al.* (2009) montrent qu'il y a une légère augmentation ($p > 0,05$) du cortisol de $2,6 \pm 0,2 \mu\text{g} / \text{L}$ à $3,3 \pm 0,2 \mu\text{g} / \text{L}$ et de glucose sanguin de $370 \pm 0 \text{ g} / \text{dL}$ à $390 \pm 18 \text{ mg} / \text{dL}$ à la saignée pour les agneaux, aussi les manipulations qui ont lieu lors du transport à l'étourdissement provoquent les mêmes réponses physiologiques. La durée d'accrochage était également positivement corrélé avec les niveaux plasmatiques de corticostéroïdes (Bedanova *et al.*, 2007).

De même, Hambrecht *et al.* (2009) montrent qu'un stress élevé avant l'abattage après l'étourdissement entraînait un taux élevé de cortisol plasmatique ($p < 0,001$) dans le cas du porc. Chez le porc aussi le stress de transport et de manipulation, ainsi que l'attente à l'abattoir se traduisent par une hypercortisolémie (Mormede *et al.*, 2004). Shaw et Tume (1992) rapportent que l'électronarcose, ainsi que d'autres méthodes d'étourdissement, n'affectent pas la

concentration en cortisol chez le mouton alors que des situations stressantes, tel que le transport, induisent bien une augmentation de la concentration en cortisol

[Mamani-Linares et Gallo \(2014\)](#) rapportent aussi qu'il y a une augmentation ($p \leq 0,05$) du cortisol sérique entre l'état de repos ($8,58 \pm 4,04 \text{ ng / ml}$) et saignée ($10,34 \pm 5,90 \text{ ng / ml}$) dans le cas des lamas.

[Kenan et al. \(1997\)](#) soulignent que la pratique d'accrochage pouvait augmenter les niveaux de stress entraînant une augmentation des niveaux de corticostérone ; [King \(2006\)](#) rapporte que le même phénomène se produit chez les bovins car en réponse à un stress le niveau de glucocorticoïdes augmente.

La réponse physiologique au stress précédant la mort a été évaluée par [Debut et al, \(2005\)](#) sur un échantillon sanguin prélevé à la saignée de poulet grâce à la mesure de la corticostéronémie, ils ont trouvé 11.4 ng/ml.

Conclusion

La variabilité du bien-être des animaux au cours de ces trois procédés d'abattage et sa relation avec la qualité des viandes a été étudiée dans ce deuxième volet de notre travail et nous a permis de dire que l'effet de ces conditions prés abattage est significatif ($p < 0.05$) pour les paramètres physiologiques indicateurs de stress qui sont la glycémie et le cortisol.

Selon les résultats du volet 1 de notre étude, nous avons conclu que les animaux sont traité différemment avant d'être saignés ce qui fait que dans le présent volet et après estimation de paramètres de stress pour des animaux selon les trois modes d'abattage les plus utilisés en Algérie nous avons remarqué que le bien-être des animaux est affecté par le nombre de manipulation subit et la manière de leurs réalisation.

Les animaux saignés directement après le repos sont les moins stressés alors que ceux ayant subi un accrochage aux manilles des chaînes d'abattage ou un accrochage plus une électrocution présentent des paramètres physiologiques significativement élevés et permettent de conclure qu'ils sont plus stressés.

Les résultats obtenus permettent aussi la classification de nos animaux en :

- animaux avec états physiologique normal et donc non stressés et c'est les animaux abattus directement après réception et repos.
- Animaux stressés, et c'est les animaux du deuxième et troisième groupes qui sont saignés soit après accrochage ou bien après accrochage et électronarcose, ces deux derniers ne présentent aucune différence significative ($p < 0.05$) entre eux.

Relations entre le stress des animaux et qualité de la viande

Préambule

Certaines recherches ont permis d'approfondir nos connaissances sur les effets du stress avant abattage, qui même lorsqu'il est limité, peut être à l'origine de variations des qualités technologiques et sensorielles des viandes (Terlouw *et al.*, 2012).

Le stress des animaux avant abattage provoque une baisse des réserves glycolytiques et une augmentation de l'activité ATPasique ; ce qui provoque par conséquent une glycogénolyse et une acidification plus rapide des muscles, pouvant conduire à des viandes avec un pouvoir de rétention d'eau réduit. Les effets du stress sur le glycogène sont toutefois très variables en intensité d'un muscle à l'autre, dans la mesure où le taux de glycogène définit la valeur du pH ultime (Monin, 1988).

Zanetti *et al.* (2013) précisent en plus, que les poulets de chair en transit pendant de longues périodes subissent un niveau de stress plus élevé se traduisant par des changements de leurs paramètres sanguins et certaines différences dans les profils de protéines musculaires. De ce fait, les conditions préalables à l'abattage sont importantes pour la qualité et le bien-être des oiseaux. Par conséquent, une meilleure compréhension de ces conditions aidera l'industrie avicole moderne à obtenir des produits de meilleure qualité (Shawkat *et al.*, 2008).

Lopez-Hellin *et al.* (2005) signalent que les changements dus au stress pouvaient également modifier la teneur en protéines dans le muscle, reflétant de nombreux processus biochimiques utilisés par l'organisme lors du transport et la manipulation des poulets de chair.

D'après tous ce que nous avons obtenus comme résultats dans les volets précédents, nous avons jugé intéressant de continuer notre travail en se basant sur l'hypothèse que le stress a un effet sur certaines composantes musculaires et de ce fait influence les paramètres de qualité de la viande. La démarche prise en considération est la suivante :

- ➔ Une étude visant la détermination et le suivie des paramètres technologiques et protéomiques pouvant expliquer les variations de qualité liée au stress des animaux.
- ➔ Une étude statistique des corrélations pouvant existées entre les différents paramètres utilisés dans notre travail.

Matériel et méthodes

1. Paramètres de qualité

Pour une meilleure estimation de la qualité des viandes et la comparaison des échantillons différemment stressés, nous avons en premier lieu, déterminé les cinétiques de certains critères de qualité technologique, puis en deuxième lieu expliquer les variabilités existantes en les reliant aux résultats des changements dans les profils d'évolution des protéines musculaires post mortem.

Pour l'étude des paramètres de qualité nous avons travaillé sur le muscle pectoral du poulet (Figure 36), car son poids permet la réalisation de tous les tests programmés. Les prélèvements sont effectués après plumaison des animaux dans l'Abattoir Avicole Est de Hammadi Krouma. Les échantillons sont divisés en trois morceaux dont :

- Les premiers sont utilisés directement pour la détermination de la cinétique du pH post mortem.
- Les deuxièmes sont emballés individuellement dans des sachets alimentaires et conservés à température comprise entre 4 et 6°C pour les suivis dans le temps post mortem.
- Et les troisièmes sont congelés dans l'azote liquide puis transférés au congélateur à – 25°C jusqu'à analyse protéomique.



Figure 36 : Prélèvement du muscle Pectoral du poulet de chair.

1.1. Paramètres technologiques

1.1.1. Le pH

Le pH est le principal paramètre technologique, nécessaire pour l'évaluation de la qualité des viandes de volaille plus particulièrement le poulet de chair, c'est pour cette raison que nous

l'avons mesuré à 30 min et à 24h *post mortem*, des points déterminants de la qualité des viandes.
En plus nous avons déterminé la cinétique de ce paramètre dans le temps post mortem.

La mesure a été réalisée avec une électrode à viande du pH mètre de terrain de type (Meat pH-mètre ; HANNA, HI 99163) insérée directement dans la masse musculaire.

L'insertion de l'électrode est avec une incision de 1 à 2 cm d'épaisseur dans la chair puis lecture (Berri *et al.*, 2005).

1.1.2. Les pertes en eau

A. Après conservation par réfrigération

Les escalopes découpées à 24h *post mortem* sont pesées, placées en barquette contenant un papier absorbant, filmées (film perméable à l'oxygène) et conservées à 4°C pendant 9 jours. Les escalopes sont pesées au neuvième jour (Molette, 2004). Dans notre cas les échantillons sont conservés seulement 03 jours puisque nous avons remarqué une putréfaction très prononcée au-delà.

$$\text{Pertes (\%)} = \frac{(\text{Poids avant traitement} - \text{Poids après traitement}) \times 100}{\text{Poids avant traitement}}$$

B. Après décongélation

Les pertes à la décongélation sont mesurées sur les escalopes par pesée avant congélation et après décongélation, La congélation des escalopes dure une semaine.

Les échantillons sont placés à +4°C la nuit précédant la mesure (Molette, 2004).

$$\text{Pertes (\%)} = \frac{(\text{Poids avant traitement} - \text{Poids après traitement}) \times 100}{\text{Poids avant traitement}}$$

C. Après cuisson

Les pertes à la cuisson sont mesurées à partir des escalopes emballées sous vide. Les échantillons sont placés dans un bain-marie thermostaté à 80°C pendant 15 min (Honikel, 1998 ; Molette *et al.*, 2003). Après cuisson, les échantillons sont placés dans de l'eau courante pour leur permettre de s'équilibrer à température ambiante, puis sont essuyés et pesés (Molette, 2004).

$$\text{Pertes (\%)} = \frac{(\text{Poids avant traitement} - \text{Poids après traitement}) \times 100}{\text{Poids avant traitement}}$$

1.1.3. Rendement technologique de NAPOLE

L'objectif est d'évaluer le rendement de transformation de la viande à partir d'une faible quantité de matière première. Le rendement de NAPOLE est un rendement de saumurage-cuisson qui est similaire aux conditions rencontrées lors de la transformation des produits carnés (Molette, 2004).

Pour l'évaluer, 10g de muscle sont découpés en dés de 1cm d'épaisseur environ et placés dans 2g de saumure (0,6% nitrite de sodium).

Après 24h de saumurage à 4°C, la préparation est cuite pendant 15 minutes dans de l'eau bouillante et égouttée pendant 2h30. La pesée s'effectue avant saumurage et après égouttage (Naveau *et al.*, 1985 cité par molette, 2004).

1.1.1.4. Estimation de la tendreté

La tendreté de la viande après cuisson, après transformation et cuisson de gèles de viandes a été estimée en utilisant un test de pénétration sur les viandes cuites, issues du teste de cuisson en plus des cylindres de gel de viande cuit.

A. Préparation du gel de viande

Les gels de viande sont élaborés selon une méthode décrite par Shand *et al.*, (1994). Les escalopes sont décongelées, le tissu conjonctif éliminé et la viande est coupée en cubes de 1cm³ (52,5g). Ils sont ensuite mixés avec 21g d'eau à 0°C dans un mixer Moulinex pendant 10s, après ajout de 1,5g de NaCl. Les échantillons sont mixés à nouveau 3 fois pendant 5s. La température est mesurée à cette étape. L'air est expulsé de la pâte par trois mises sous vide successives dans un Multivac (20 mbar).

La pâte est ensuite répartie dans trois tubes de polypropylène à raison de 20g par tube. Après centrifugation à 700g pendant 10 min, les tubes sont placés au bain-marie (81-83°C) jusqu'à atteindre une température interne de 80°C puis refroidis dans de l'eau glacée pendant 15 min. Les tubes sont ensuite placés à 4°C jusqu'à ce qu'ils soient à l'équilibre. Les gels sont démoulés et pesés afin d'évaluer le rendement de transformation. Ensuite nous allons couper les cylindres de 2cm de long et 1,2cm de diamètre (Figure 37) pour la mesure de la profondeur de pénétration.



Figure 37: Cylindre de gel de viande après cuisson.

B. Mesure de la profondeur de pénétration

Pour réaliser la mesure instrumentale de la dureté des morceaux de viande, nous nous sommes servis d'un pénétromètre (PETROTEST PNR 10 GERMANY). Cet instrument est muni d'un corps pénétrant (aiguille conique qui pèse 2.5 g), qui pénètre en chute libre dans le morceau de viande cru sous l'action de son propre poids, pendant un temps déterminé (5 sec).

La profondeur de pénétration est mesurée en mm ou unité de pénétration (1UP= 0,1mm). La contrainte appliquée était perpendiculaire aux fibres musculaires (Becila *et al.*, 2014).

Le morceau de viande est placé sur le support tout en respectant le sens des fibres musculaires qui doit être perpendiculaire au corps pénétrant. Cela est vérifié à l'aide du dispositif d'éclairage qui doit être placé derrière le corps pénétrant de telle sorte que sa pointe projette une ombre bien nette sur la surface de l'échantillon.

A l'aide de la molette, le corps pénétrant est baissé avec précaution jusqu'à ce qu'il effleure la surface de l'échantillon sans le pénétrer puis l'ensemble corps pénétrant /tige se libère et pénètre dans l'échantillon.

1.2. Les paramètres protéomiques

Pour cette partie protéomique nous avons jugé intéressant d'étudier les changements au niveau des profils protéiques des protéines musculaires dans le but de mieux expliquer la variabilité de qualité liée au stress pré-abattage.

Nous avons procédé à l'étude des profils protéiques des protéines sarcoplasmiques et des protéines myofibrillaires à 30 minutes et à 24heure post mortem (Figure 38). Les protéines sujettes de variation ont été identifiées par spectrométrie de masse.

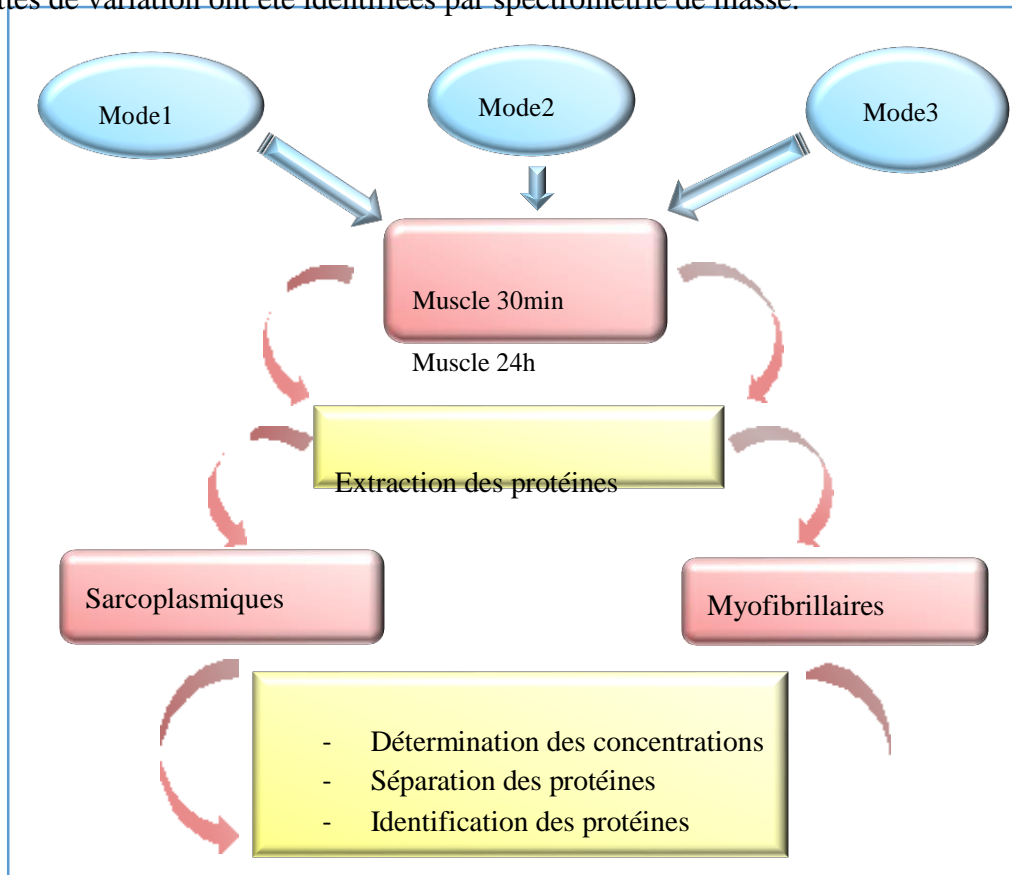


Figure 38 : méthodologie de la partie protéomique.

1.2.1. Extraction des protéines musculaires

Pour l'extraction des protéines sarcoplasmiques et myofibrillaires ; 0,5 g de muscle ont été coupés en petits morceaux et agités dans un vortex pendant 1 min avec 4 ml de Tris-HCl 10 mM (pH 7,6), EDTA 1 mM, sucrose 0,25 M et 25 µg de cocktail d'inhibiteurs, après homogénéisation dans un polytron homogénéisateur (ligne jaune DI25 basique). L'homogénat est ensuite centrifugé à 12000 rpm pendant 20 min à 4 ° C dans une centrifugeuse BECKMAN COULTER (Avanti J-26S XP) et le surnageant est recueilli et filtré à travers un filtre de 0,45 µm. Le filtrat constitue un extrait sarcoplasmique dans lequel toutes les protéines solubles étaient contenues. Le culot est ensuite lavé dans 4 ml du même premier tampon mais sans cocktail d'inhibiteurs, puis homogénéisé avec un vortex pendant 1 min et centrifugé à 12000 tr/min

pendant 20 min à 4 ° C dans la même centrifugeuse. Le surnageant est jeté en recueillant le précipité qui est redissous dans 4 ml de Tris-HCl à 10 mM (pH 7,6), d'urée 7M, de thiourée

2M et de DTT 10 mM; homogénéisé dans un vortex pendant 1 min afin de solubiliser les protéines myofibrillaires. L'homogénat est finalement centrifugé à 12000 rpm pendant 20 min à 4 ° C et en recueillant le surnageant qui constituait l'extrait des protéines myofibrillaires.

1.2.2. Détermination de la concentration de protéines

Les concentrations de protéines sarcoplasmiques et myofibrillaires ont été déterminées selon la méthode de Bradford (Bradford, 1976) se basant sur le dosage des protéines Bio-Rad. L'étalon était la sérumalbumine bovine (BSA) à 1 mg / ml de concentration et la teneur en protéines a été calculée à partir de la cuve standard.

La courbe d'étalonnage que nous avons établi est présente dans la Figure 39. Les concentrations en protéines sont calculées à partir de l'équation de linéarité.

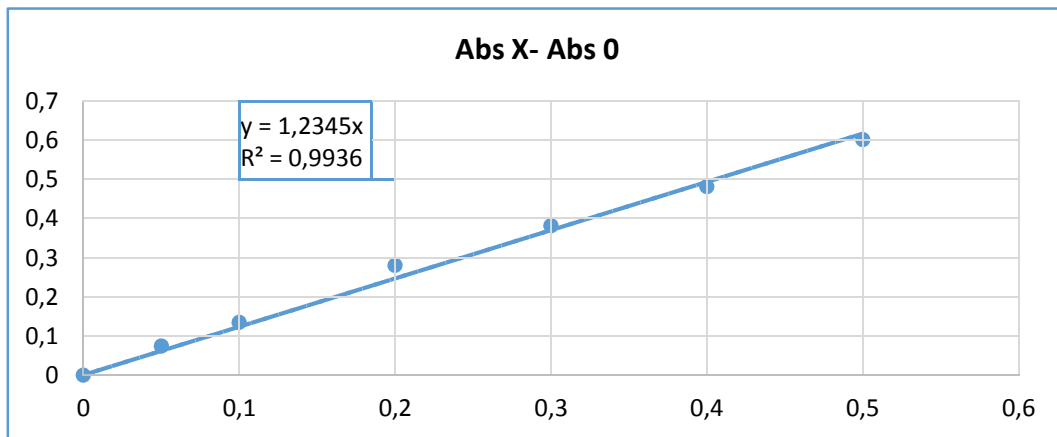


Figure 39 : Courbe d'étalonnage avec BSA de 0 à 0.6 mg/ml

1.2.3. Séparation et identification des protéines

La méthode SDS-PAGE a été utilisée pour examiner les profils sarcoplasmiques et myofibrillaires de la viande suivant la méthode de Laemmli.

50µl d'aliquote d'extrait musculaire total mélangé avec le même volume de tampon simple réduit $\times 2$ (Tris-HCl 0,5 M, pH 6,8, glycérol 50% p / v, SDS 10% p / v, 0,2 M DTT et bromophénol bleu) dans un vortex pendant 1 min. Après, la solution a été chauffée à 95 ° C pendant 4 minutes dans AccuBlock. Un total de 20 µg de protéines a été chargé dans chaque puit et séparé dans un système de tampon continu (Tris-HCl 0,25 M, glycine 1,92 M et SDS 50% w / v) dans un gel stable vertical à 12% de polyacrylamide. L'électrophorèse a été effectuée

à 50 mA pendant 2 heures en utilisant la cuve Hoefer SE 260.

Les gels sont colorés après 1 heure dans 12% v / v d'acide trichloroacétique, lavés dans l'eau Milli-Q pendant 10 minutes et colorés pendant une nuit dans du bleu de Coomassie (10% v / v d'acide orthophosphorique, 10% de sulfate d'ammonium, 12% poids / volume Coomassie G-250 et 20% v / v de méthanol). Après coloration, les gels sont ensuite lavés avec de l'eau Milli-Q et des images ont été obtenues avec un équipement FUJIFILM LAS-1000. Les photos ont été analysées avec un logiciel d'analyse de gel Gel-Analyser. Le kit de protéine standard Bio-Rad a été utilisé comme étalon de protéine (réf. 161-0317).

1.2.4. Identification des protéines

A. Digestion de trypsine dans le gel de bandes de protéines sélectionnées

Des bandes de protéines trouvées significativement différentes entre les différents échantillons de poulet ont été incisées des gels, puis introduites dans des tubes Eppendorf de 0,5 ml et lavées trois fois pendant 10 minutes avec du bicarbonate d'ammonium 50 mM, pH 8,0 (50 ul). Après cela, les morceaux de gel ont été séchés trois fois avec 50 ul d'acétonitrile pendant 10 minutes. Une fois que les morceaux de gel ont rétréci et sont devenus opaques, 15 ul de trypsine à 12,5 ng / ul dissous dans du bicarbonate d'ammonium à 50 mM, pH 8,0, ont été ajoutés. 15 pi supplémentaires de bicarbonate d'ammonium 50 mM ont été ajoutés à chaque tube afin de recouvrir les morceaux de gel. Les tubes ont été incubés à 37 ° C pendant une nuit; ensuite, le surnageant a été transféré dans un tube Eppendorf propre. Les morceaux de gel ont été lavés avec 25 pi d'ACN / 0,1% de TFA (50:50), soniqués pendant 10 minutes et les surnageants ont été combinés. Ce solvant a été évaporé en utilisant un concentrateur Speed Vac Savant SPD121P équipé d'un piège à vapeur réfrigéré RVT400 (Thermo Scientific, San Jose, CA) et redissous dans 40 ul d'acide trifluoroacétique (TFA) à 0,1% v / v.

B. Identification de la séquence peptidique par spectrométrie de masse en tandem

Vingt-cinq microlitres de chaque solution peptidique obtenue comme décrit dans la section 2,6 ont été injectés à l'aide d'un système Surveyor LC équipé d'un auto-échantillonneur et couplés à un piège à ions LCQ Advantage MS par une source d'ions électrospray (Thermo Scientific). La séparation des peptides a été effectuée sur une colonne en phase inverse de Jupiter

Proteo (15,0 cm x 0,5 mm, Phenomenex, Torrance, CA, USA). Les phases mobiles consistaient en du solvant A contenant 0,1% d'acide formique (v / v) dans de l'eau bidistillée et

du solvant B contenant 0,1% d'acide formique (v / v) dans de l'acétonitrile. Les conditions de séparation consistaient en des gradients isocratiques pas à pas comprenant 15 min de 0% B, 5 min de 20% B, 10 min de 40% B et finalement 10 min de 100% B à un débit de 30 μ L / min, après quoi il a été retourné à son gradient original ayant 0% de solvant B.

Les paramètres de fonctionnement du détecteur de piège à ions étaient les suivants: ionisation par électrospray en mode positif, température capillaire 250°C, énergie de collision normalisée à 35%, tension de pulvérisation 4.0kV, et capillaire tension 15,0 V. Le premier événement de balayage était une détection MS complète pour des valeurs m / z comprises entre 400 et 2000. Le deuxième événement était un balayage MS / MS dépendant des ions les plus intenses ayant des charges de +2 à +4, permettant une exclusion dynamique après trois balayages de l'ion le plus intense pendant une période de 10 min.

L'intensité minimale des ions pour déclencher un balayage MS / MS était de 105 unités d'intensité. L'acquisition des données a été réalisée à l'aide du logiciel Xcalibur v2.0. L'identification des peptides a été faite à partir des informations contenues dans les données spectrales MS / MS générées en utilisant une version interne du moteur de recherche Mascot v2.3 (www.matrixscience.com) contre la base de données des protéines Uniprot KB (www.uniprot.org). Nous avons défini les paramètres de recherche suivants : Enzyme: "trypsine"; pas de modifications fixes ou variables, mais activé l'option "Tolérant à l'erreur".

La précision de la masse a été fixée à 1,2 et 0,6 Da pour le mode MS et MS / MS, respectivement. L'option "Mammalia" a été sélectionnée comme paramètre de restriction de taxonomie. Pour la sélection des identifications des familles de protéines obtenues à partir de Mascot, seuls ceux ayant un score protéique dérivé de scores ioniques individuels indiquant une identité ou une homologie étendue ($p < 0,05$) ont été considérés comme de véritables identifications de protéines.

2. Analyse statistique

Les résultats de cette étude ont été analysés à l'aide du logiciel IBM SPSS statistics 24.0 pour Windows, les mesures sont données en moyenne \pm écart type. Le test ANOVA a été utilisé pour tous les résultats et les différences significatives entre les moyennes ont été déterminées par le test de Tukey à un niveau $p \leq 0,05$. L'analyse en composantes principales (CPA) a été utilisée pour étudier les corrélations entre tous les paramètres et le mode d'abattage avec XLSTAT 2016

Résultats et discussion

1. Paramètres technologiques

Les résultats des paramètres de qualité de la viande utilisés dans notre étude et qui sont : le pH_{30min}, le pH_{24h}, les pertes en eau, la profondeur de pénétration et le rendement à la transformation en plus des évolutions des protéines musculaires dans le temps post mortem ; sont exploités pour ressortir des corrélations permettant l'explication de l'effet du stress prés abattage.

1.1. pH

Plusieurs facteurs de stress pré-mortem modifient le pH du muscle post-mortem, entraînant des défauts de qualité de la viande (Apple *et al.*, 1995).

Dans notre travail, Le pH_{30 min} des viandes issu des poulets de la souche ISA 15 était significativement plus faible dans le cas de la saignée directe ($6,24 \pm 0,07$) par rapport aux pH_{30 min} des viandes des animaux saignée après accrochage ($6,52 \pm 0,19$) et ceux saignée après accrochage et électronarcose ($6,74 \pm 0,16$).

Nous remarquons parallèlement que les pH_{30 min} des poulet de la souche *Arbor Acres* diffèrent significativement mais de la même manière (figure 43) car il est de $6,10 \pm 0,24$ dans le mode 1 par rapport à ceux du mode 2 et 3 qui sont de $6,13 \pm 0,20$; $6,34 \pm 0,27$ respectivement. D'une manière générale, on voit bien que tous les pH mesurés pour les modes 2 et 3 sont supérieurs à ceux du mode1.

Debut *et al.* (2004) signalent une augmentation consécutive du pH de 15 min post mortem avec l'augmentation de l'intensité de l'électronarcose, ils expliquent cela par une stimulation précoce de la glycolyse pour les oiseaux non étourdis qui battent leurs ailes. Ces auteurs remarquent en 2005 que Les pH à 15 min dans le filet du poulet est de $6,4 \pm 0,1$. le stress près abattage cause l'augmentation de l'activité musculaire qui continue même après la mort des animaux dont le résultat est l'augmentation de la température et de l'acide lactique dans le muscle juste après abattage (Picard *et al.*,2010).

Chez le poulet, Kim *et al.*, (1988) trouvent que le pH des filets des oiseaux étourdis avec un courant alternatif de 55 V pour 10 secondes est plus élevé 0 min, 30 min et 1h *post mortem* que celui des animaux non étourdis

Chez la dinde, [Northcutt et al. \(1998\)](#) montrent que l'étourdissement avant l'abattage diminue la vitesse de chute du pH. Ces auteurs rapportent une valeur de pH à 15 minutes post mortem est de 6.36 ± 0.15 pour les oiseaux étourdis et de 5.99 ± 0.08 pour les animaux non étourdis ($p < 0.05$).

Le pH ultime de la viande dépend de plusieurs facteurs, dont les activités de manipulation avant l'abattage, le traitement post-mortem et la physiologie musculaire ([Thompson, 2002](#)). Le pH ultime (pH24 h) est le principal indicateur utilisé pour mesurer la qualité de la viande au niveau commercial ([Mirinda-de Lama, 2009](#)). [Gallo et Huertas \(2015\)](#) rapportent que le pH à 24 heures post-mortem peut être un critère couramment utilisé dans les abattoirs pour déterminer la qualité de la viande et prendre de futures décisions de traitement.

Dans notre étude, pour la souche ISA 15 le groupe des animaux abattus après accrochage et électronarcose était susceptible de souffrir du stress et avait les échantillons à pH ultime ($5,95 \pm 0,04$) plus élevé ($p = 0,05$) mais ces valeurs sont proche de celles des viandes des autres groupes d'animaux ($5,84 \pm 0,13$ pour les viande du groupe 2 et 5, $86 \pm 0,13$ pour le groupe 1) nous avons aussi constaté que les différences n'étaient pas significatives entre les trois groupes.

Pour la souche *Arbor Acres* selon le mode d'abattage nous avons obtenus presque le même résultat dont $5,97 \pm 0,18$ notée pour les animaux saignés après accrochage et électrocution, $5,87 \pm 0,11$ pour les animaux saignés après accrochage est enfin $5,83 \pm 0,5$ pour les poulets saignés directement.

Chez le poulet, [Kim et al., \(1988\)](#) rapportent la même constatation, le pH des filets des oiseaux étourdis à 4, 8 et 24h *post mortem*, ne présentent pas de différence significative avec les animaux non étourdis.

En revanche, [Apple et al., \(1995\)](#) rapportent que les valeurs de pH définitives des moutons non stressés étaient significativement plus élevées que celles des animaux stressés.

Pour les évolutions des pH musculaires dans les 24h post mortem les résultats sont illustrés dans les figures 40 et 41.

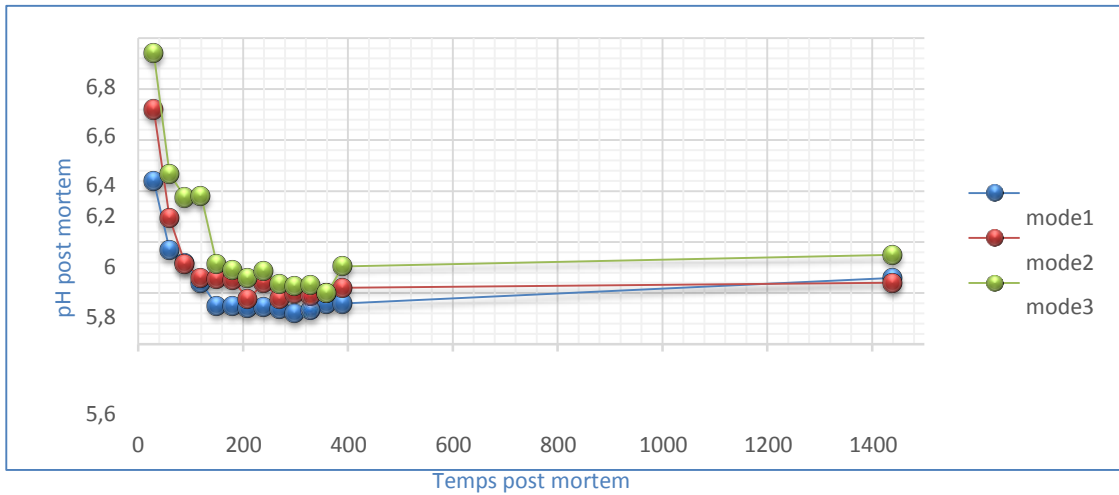


Figure 40 : évolutions du pH des poulets de la souche ISA 15.

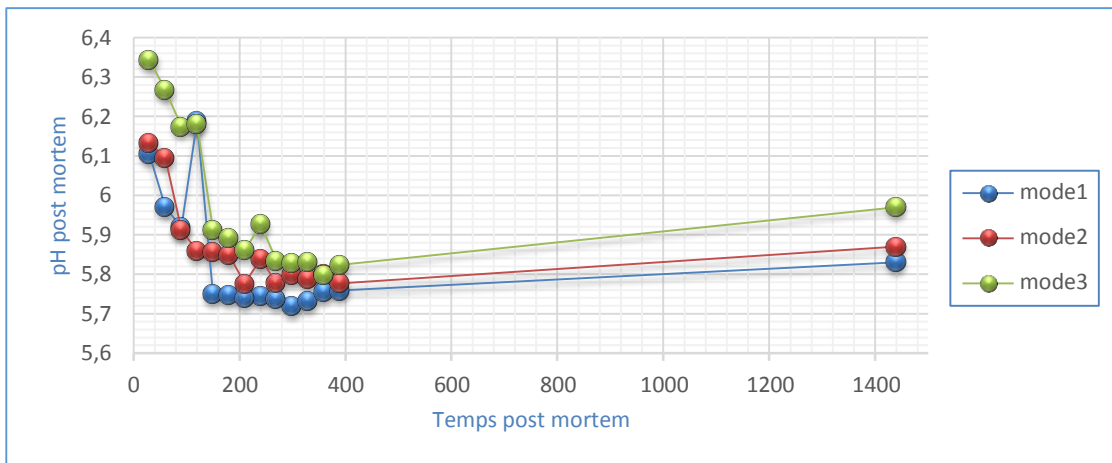


Figure 41 : évolutions du pH des poulets de la souche Arbor Acres.

D'après la figure ci-dessus nous pouvons remarquer que le pH décroît jusqu'à des valeurs ultimes obtenus après 2 heures *post mortem*. En suite une légère augmentation qui est due probablement à une altération bactérienne.

Dans le muscle post mortem, l'accumulation de l'acide lactique est des protons H^+ induit la chute du pH, c'est une acidification progressive qui se poursuit jusqu'à l'arrêt des réactions biochimiques anaérobies (El rammouz, 2005). Au cours de notre étude les résultats illustrent ce phénomène car nous avons obtenu des allures comparables avec celle citées par la bibliographie.

D'une manière générale, ces résultats montrent que l'évolution du pH post mortem passe par deux phases, une descente rapide jusqu'à pH ultime puis une stabilité. Selon Santé et

al., (2001) les valeurs de pH ultime pour les volailles varient entre 5,7 et 5,9 dans notre cas et selon le mode d'abattage nous avons remarqué que tous les pH ultimes sont presque dans cette

intervalle. Ces valeurs des pH ultimes sont généralement atteintes entre 2h30 min et 4 heures post mortem selon le mode d'abattage.

Un phénomène très important a été mis en évidence, il s'agit d'une stabilité ou bien une légère augmentation du pH pendant la première phase de chute qui a été marquée pour les trois modes d'abattage. Le même phénomène a été mis en évidence suite à une étude réalisée par [Herera-Mandez et al., \(2006\)](#) pour le muscle long dorsale de 180 bovins de différents âge, sexe et conduite d'élevage 98% présentent une ou deux étapes transite de stabilité de pH qui apparaissent après l'abattage 1 à 8 h post mortem et persistent à différents temps le long de l'intervalle précisément 2 à 6 h post mortem. A ce moment de stabilité de pH entre 1à 8h post mortem probablement prend place une inversion de la polarité des mesures plasmiques quand le pH est entre 6,4 et 6,8. Cette observation est liée aux changements observés dans le même intervalle de pH et de la conductivité du tissu musculaire assistée par mesure de l'impédance ([Ouali et al., 2006](#)).

Concernant l'effet des conditions prés abattage, nous remarquons que les pH30 minutes sont significativement différents par rapport au pH ultimes.

1.2. Les Pertes en eau

Après l'abattage, l'un des premiers mécanismes intervenant lors de la conversion du muscle en viande est l'apparition de la *rigor mortis*, qui entraîne la formation du complexe actomyosine et la contraction musculaire. Cela conduit à un rétrécissement des myofibrilles qui réduisent l'espace pour l'eau entre les myofilaments, réduisant ainsi la capacité de rétention d'eau et augmentant les pertes par égouttement. Un autre fait important est la chute du pH qui peut dénaturer la myosine, qui a perdu sa capacité à se lier à l'eau, ce qui entraîné une diminution de la capacité de rétention d'eau ([Offer et Knight, 1988](#), [Kadim et al., 2009](#)).

Nos résultats montrent que les animaux stressés des groupes 2et 3, ont perdu $15,63 \pm 0,97\%$ et $15,01 \pm 0,88\%$ successivement de leur eau à la conservation à 4° que les animaux non stressés du groupe 1 dont la perte est de $14,63 \pm 1,04\%$ mais la différence n'est pas significative. À l'opposé, les conditions de stress avant l'abattage produisent une viande de porc pâle, souple et exsudative, également connue sous le nom de viande PSE, qui présente des caractéristiques de faible qualité telles que la perte de liquide et la couleur du porc ([Hambrecht et al., 2009](#)).

Pour la perte à la décongélation, nous avons remarqué qu'après égouttage les viandes issues des animaux abattus selon les modes 2 et 3 présentent des pertes significativement plus élevées ($4,43 \pm 0,95\%$ et de $3,18 \pm 0,4\%$) que ceux des animaux non stressés ($1,66 \pm 0,45\%$).

Après cuisson, les échantillons de viande provenant d'animaux stressés perdent plus d'eau ($26,37 \pm 0,74\%$ et $23,17 \pm 0,42\%$, respectivement) par rapport aux animaux non stressés ($18,24 \pm 0,48\%$). Gregory (2008) rapporte que la viande d'agneau, qui a été abattue sans étourdissement, perdent moins d'eau après cuisson par rapport à la viande provenant des animaux électrocuté ou étourdis au CO₂. Debut *et al.*, (2004) ont également signalé que l'électronarcose n'avait pas d'effet significatif sur les pertes à la cuisson chez les volailles, les mêmes résultats ont été observés pour la viande d'agneau par Vergara *et al.*, (2005) et pour les bovins Onenc et Kaya(2004).

Cependant, Uzum *et al.*, (2013) constatent que les pertes à la cuisson sont de 22,07% pour les poulets témoins et 23,73% chez les poulets de chair soumis à un stress thermique et à une restriction alimentaire avant l'abattage mais la différence n'étaient pas significatives.

Fernandez *et al.*, (2002) indiquent que les propriétés technologique de la viande comme sa capacité de rétention en eau, diminues dans le muscle pectoral lorsque le pH diminue jusqu'à une valeur basse, se rapprochant du point isoélectrique des protéines (5,4 - 5,6). De nombreux résultats ont montrés que la capacité de rétention d'eau du muscle pectoral et de la cuisse augmente significativement avec le pH de la viande (Dunn *et al.*, 1993, Cornforth, 1994, Northcutt *et al.*, 1994 et Allen *et al.*, 1997) chez le poulet ; Barbut et Mittal, (1993) chez la dinde. Un fort pouvoir de rétention en eau est parmi les caractéristiques d'une viande à pH ultime élevé (Fletcher, 1997).

1.3. Rendement technologique de NAPOLE

Le rendement de transformation est un indicateur des rendements de saumurage et de cuisson, qui est lié aux conditions de transformation qui ont lieu pendant la production de viande, comme le jambon de dinde (Molette *et al.*, 2003). Cependant, les comparaisons entre les différents processus de la viande sont difficiles en raison des énormes différences dans la composition et la durée de la saumure, puis sur la cuisson de la viande. Dans cette étude, il n'y avait pas d'effet significatif des manipulations avant l'abattage sur les trois méthodes d'abattage.

Le rendement technologique (rendement de saumurage-cuisson) dépend étroitement du pouvoir de rétention d'eau, et donc à la fois des conditions péri mortem (réactivité au stress d'abattage, transport, chaleur) et des caractéristiques physico-chimiques du muscle

(pH, degré de dénaturation des protéines musculaires). Chez les volailles, et particulièrement dans le muscle pectoral de poulet Van Laack *et al.*, (2000), trouvent une corrélation

positive et significative entre le rendement technologique de transformation et le pH ultime. Une chute trop rapide du pH *post mortem* conduit à des rendements de transformation significativement plus faibles et des pertes d'exsudat plus élevées, comme chez les porcs avec les viandes PSE (Sellier, 1998). Dans notre étude nous avons obtenus une légère différence qui n'est pas significative ($p > 0.05$) entre les trois modes d'abattage utilisés (90.05 ± 1.00 , 89.63 ± 3.29 et 90.65 ± 3.71 pour les modes 1,2 et 3, respectivement), donc on peut dire, que le mode d'abattage n'a pas d'effet sur le rendement technologique de NAPOLE.

1.4. Profondeur de pénétration

La mesure de la profondeur de pénétration a été utilisée pour estimer la texture et l'adéquation de la viande cuite et du gel de la viande aux traitements technologiques. Les résultats de notre étude pour les profondeurs de pénétration dans les viandes cuites issues des animaux abattus selon les trois procédures sont respectivement $1,27 \pm 0,39$ mm, $1,39 \pm 0,49$ mm et $0,81 \pm 0,41$ mm pour les viandes issues des modes d'abattage 1,2 et 3. La différence n'est plus significative ($p > 0.05$). Ces résultats vont dans le même sens que ceux obtenus par Vergara et Gallego (2000) qui montrent que la viande provenant d'agneaux non étourdis est plus tendre que celle d'animaux étourdis électriquement, mais les différences ne sont pas significatives. De plus, Debut *et al.*, (2004) rapportent aussi que l'électronarcose n'avait aucun effet sur la tendreté de la viande.

Pour le gel de viande, les poulets saignés directement et ceux saignés après accrochage présentent des profondeurs de pénétration significativement plus élevées ($2,20 \pm 0,24$ mm et $2,27 \pm 0,31$ mm, respectivement) que celles des poulets saignés après accrochage et électrocution ($1,61 \pm 0,36$ mm).

2. Relation entre les paramètres technologiques

L'analyse en composantes principales (ACP) a été utilisée pour étudier les différentes corrélations pouvant exister entre tous les paramètres mesurés de l'étude (physiologiques et technologiques) ainsi que leurs relations avec le stress avant l'abattage qui diffère dans les trois méthodes d'abattage utilisées (Figure 42).

Les deux principales composantes expliquaient 54,38% de la variabilité ; dont la première composante est capable d'expliquer 36,93% de la variabilité. La glycémie, le cortisol sérique,

le pH 30min, les pertes en eau à la décongélation et la pénétration en profondeur dans le gel viande et la viande cuite était les paramètres qui contribuaient principalement. De plus, nos

résultats ont montré une corrélation positive entre la glycémie, le cortisol sérique, un pH de 30 min, la perte d'eau à la décongélation.

Cependant, tous ces paramètres étaient négativement corrélés à la pénétration en profondeur dans la viande cuite et le gel de viande. Pour la deuxième composante principale, qui explique 17,45% de la variabilité, la perte d'eau à la cuisson et le pH de 24h ont été parmi les paramètres qui ont contribué le plus, ils étaient négativement corrélés.

La figure 43, montre la distribution des trois différents groupes de poulets et leur corrélation avec tous les paramètres étudiés. Les trois groupes d'animaux abattus selon les trois modes choisis dans cette étude sont clairement séparés. Le pH 30 min, pertes en eau à la décongélation et rendement en Napole ont été les paramètres technologiques les plus corrélés avec les paramètres physiologiques indicateurs de stress (glycémie et cortisol).

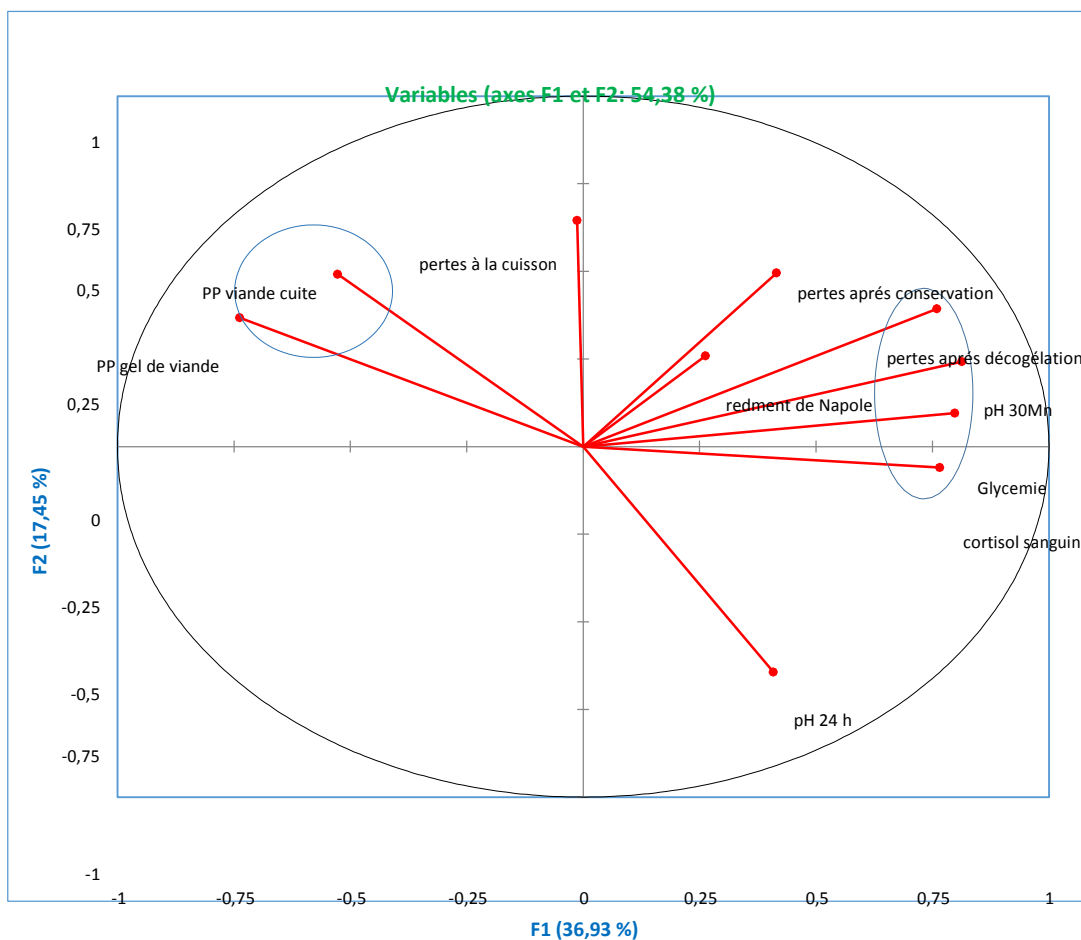


Figure 42 : Analyse en composantes principales de la projection des paramètres de l'étude

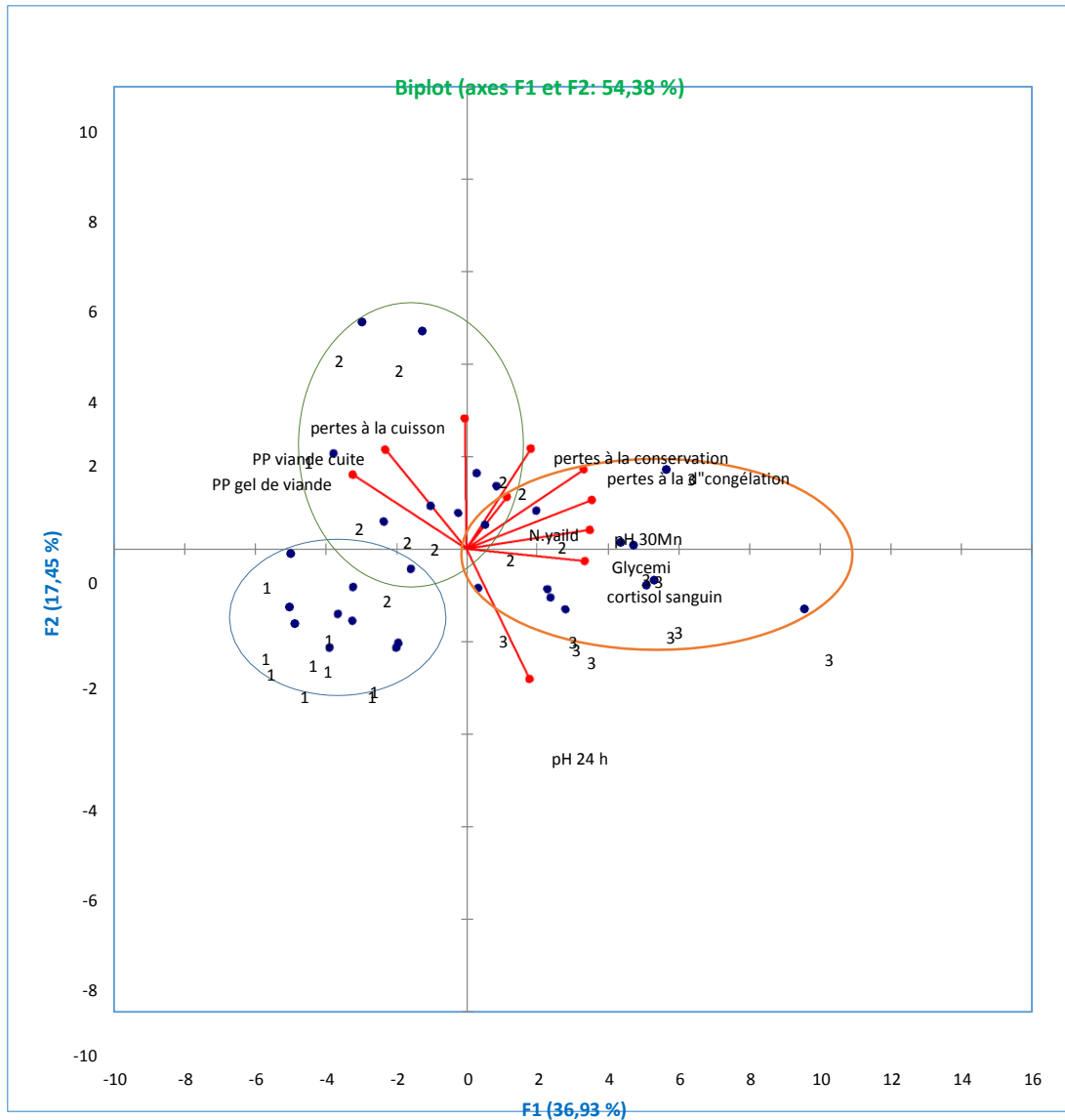


Figure 43 : Biplot de la distribution des trois groupes d'animaux et corrélation avec les paramètres de l'étude.

L'étude des corrélations a montré d'une manière générale que la glycémie et le cortisol sont positivement corrélés au pH_{30min} , les pertes en eau à la décongélation et négativement corrélés aux profondeurs de pénétration dans les viandes cuites et les viandes transformées.

3. Paramètres protéomiques

Les analyses protéomiques ont fourni des informations supplémentaires sur la relation entre le stress avant l'abattage et la qualité de la viande. [Vestergaard et al., \(2000\)](#) montrent que la fragmentation des myofibrilles à 1 jour post mortem semble

prédire la tendreté de la viande du muscle *Longissimus dorsi* mieux que la valeur de la force de cisaillement de la viande cuite.

Dans ce travail, les profils protéiques des protéines myofibrillaires et sarcoplasmiques du poulet de chair à 30 min et 24 heures post-mortem ont été déterminés afin de rechercher des biomarqueurs protéiques liés au stress prés abattage. Les profils de protéines étaient hautement reproductibles parmi tous les échantillons évalués, ce qui permet de distinguer les échantillons de viande de qualité différente.

3.1. Les protéines sarcoplasmiques

A des moments post mortem très précoces et après la séparation unidimensionnelle des fractions protéiques présentes dans l'extrait sarcoplasmique sur gel d'acrylamide en présence de SDS, nous pouvons remarquer d'une manière générale qu'il y a une reproductibilité des profils entre les animaux de l'étude avec certaines variations avec un totale d'environ douze bandes d'intensité différentes (figure 44).

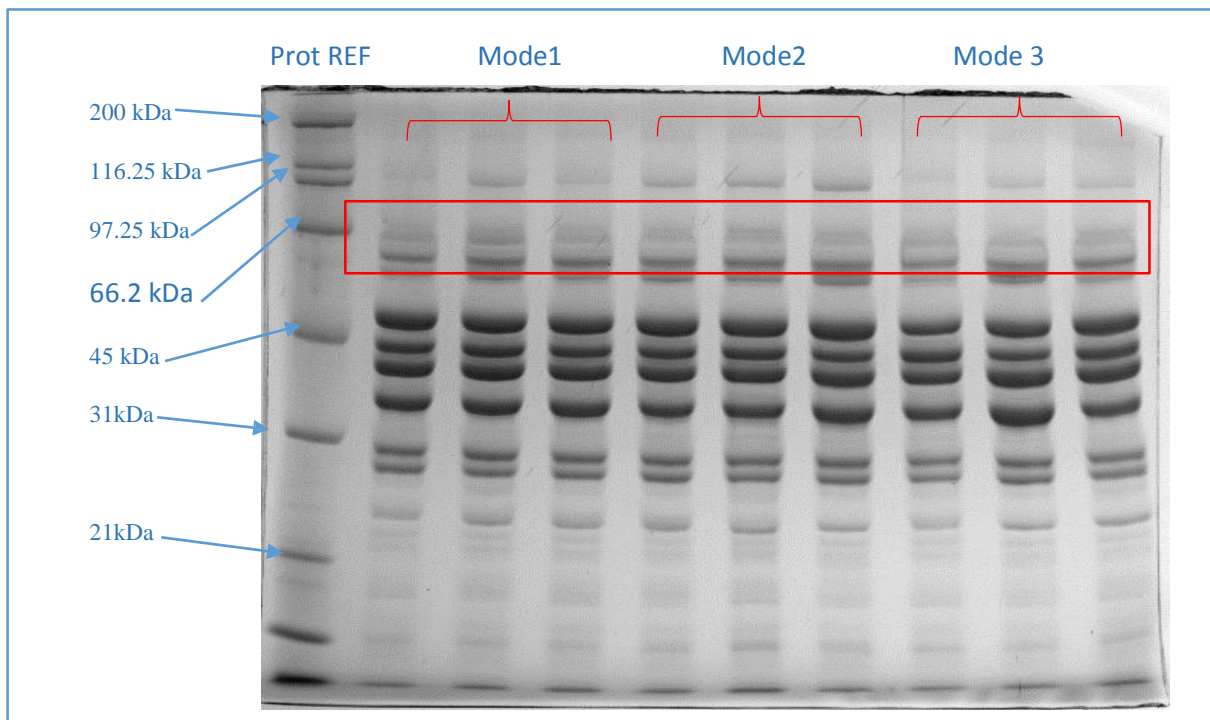


Figure 44 : SDS-PAGE à 12% des fractions 30 min obtenues à partir d'extraits sarcoplasmiques des trois groupes d'animaux de l'étudiés.

Les différences entre les profils protéiques des animaux abattus selon les trois modes d'abattage sont beaucoup plus perçues dans la zone de protéines à poids moléculaire entre 66,2 et 45 kDa.

Après 24h post mortem, les différences dans les profils protéiques des groupes de poulets sont plus apparentes pour l'ensemble des bandes entre 66,2 kDa et 45 kDa et aussi au niveau de la bande J de 35 kDa (figure 45).

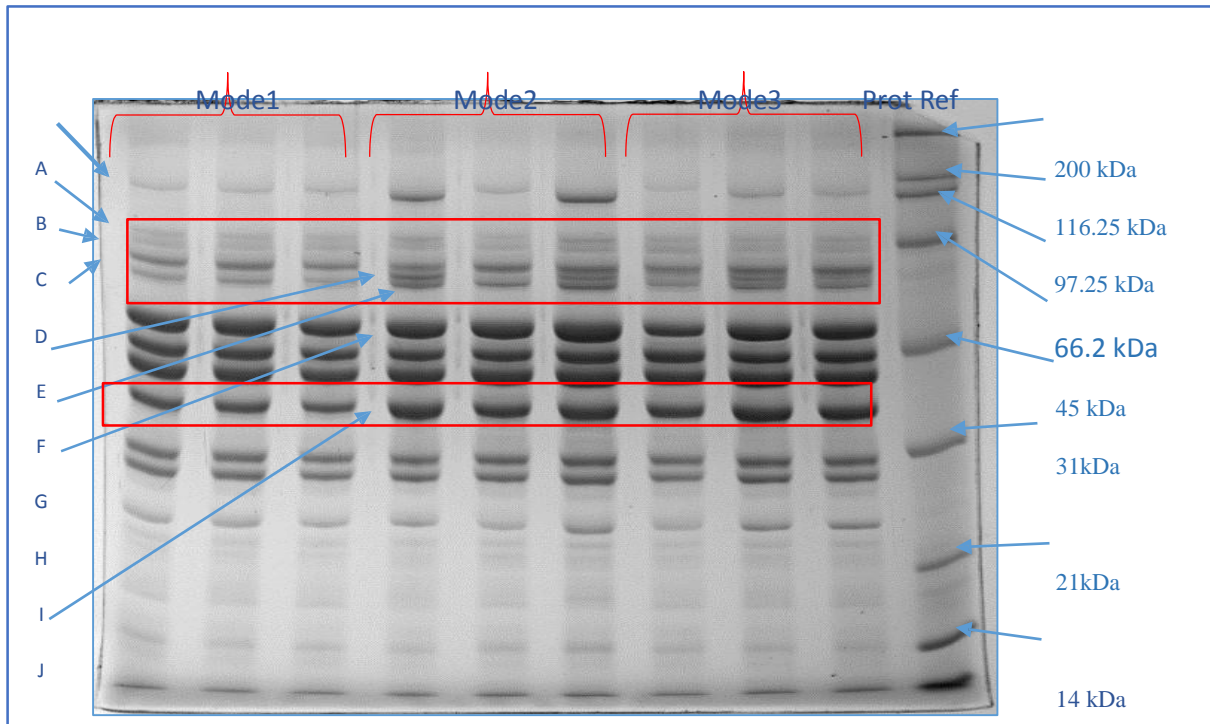


Figure45 : SDS-PAGE à 12% des fractions 24h obtenues à partir d'extraits sarcoplasmiques des trois groupes d'animaux de l'étudiés.

La bande A contient les protéines à poids moléculaire 93 kDa ; selon [Zapata et al., \(2014\)](#), c'est la glycogène phosphorylase, une enzyme qui entre dans le métabolisme du glycogène ([Bollem et al., 1998](#)). Dans notre étude nous avons remarqué que l'intensité de cette bande est significativement basse pour les protéines des poulets abattus directement (tableau3) ; ceci explique bien que les animaux abattus après accrochage et ceux abattus après accrochage et électrocution étaient sujets d'un métabolisme de glycogène plus important au cours des derniers moments ante mortem. [Browker et Zhuang \(2015\)](#), rapportent que la glycogène phosphorylase est une protéine sarcoplasmique qui joue un rôle très important dans le métabolisme musculaire et qui est utilisé aussi comme un indicateur de dénaturation très précoce des protéines sarcoplasmiques. C'est l'enzyme qui catalyse la conversion réversible du glycéraldéhyde 3-phosphate au glycéraldéhyde 1,3 bis phosphate au cours de la réduction du NAD⁺

(Kim et 2005). Nous pouvons lier le taux élevé de cette protéine à l'état de stress prés abattage des animaux qui est accompagnée par l'activation du métabolisme dans le but de la régulation.

Dans la zone de poids moléculaires entre 66,2 et 45 kDa, nous pouvons constater des différences significatives très importantes aussi pour la bande B à poids moléculaire de 73,1 kDa et la bande C à poids moléculaire de 66,2 kDa.

La bande E contient des protéines à poids moléculaires d'environ 60,3kDa, d'après [Brawker et Zhuang \(2013\)](#), ce poids peut correspondre au pyruvate kinase c'est la dernière enzyme qui intervient dans la glycolyse, [Mekchay et al., \(2010\)](#) l'ont associée à la tendreté de la viande. Une autre bande dont la variation entre les groupes d'animaux est significative est la bande G dont le poids moléculaire des protéines est d'environ 47kDa. Cette dernière peut être la créatine kinase, qui catalyse le transfert réversible du groupe phosphoryle de la régénération de l'ATP, elle est utilisée comme un marqueur de qualité dont le taux augmente avec les anomalies liées à la qualité technologique de la viande ([Zapata et al., 2014](#)). La bande J de 35,2 kDa peut être le glyceraldéhyde phosphate déshydrogénase ; enzymes intervenant dans le métabolisme musculaire la présence de ces deux protéines est plus importante dans les extraits protéiques des animaux stressés.

Tableau 3 : Intensité moyenne et écart types (ET) des bandes de protéines sarcoplasmiques sélectionnées.

Mode									
d'abattage	Mode1		Mode2		Mode3		signification		
Bande (kDa)	Intensité moyenne	ET	Intensité moyenne	ET	Intensité moyenne	ET	P		
A	93,2	606,7	57,1	1093,3	157,4	976,0	39,6	0,000	***
B	73,1	792,0	22,7	975,7	37,8	1095,7	71,9	0,000	***
C	66,2	937,0	44,2	952,7	51,2	1323,7	53,7	0,000	***
D	61,3	1359,7	25,0	1395,0	61,0	1441,7	108,1	0,383	NS
E	60,3	0,0	0,0	1028,7	333,2	1238,7	123,8	0,000	***
F	57,1	1069,7	45,6	1201,3	216,9	1209,0	181,1	0,468	NS
G	47,5	2098,0	291,4	2985,3	242,9	3226,0	561,9	0,015	*
H	42,0	1718,0	225,4	1560,7	326,9	1755,3	347,8	0,827	NS
I	39,0	1478,7	26,5	1426,0	179,4	1504,3	170,1	0,774	NS
J	35,2	726,3	200,7	984,7	112,0	1098,3	103,5	0,023	*
K	25,1	1760,9	15,2	1589,3	113,2	1801,8	212,3	0,454	NS
L	22,8	1598,0	125,4	1555,4	56,5	1602,3	123,2	0,521	NS

Volet3 : Relations entre le stress des animaux et qualité de la viande

M	21,0	576,7	22,4	489,7	34,0	589,3	12,0	0,120	NS
---	------	-------	------	-------	------	-------	------	-------	----

NS : non significatif ; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$. ET : écart type

Après utilisation du teste statistique analyse en composante principale pour voir les protéines qui sont les plus responsables de la variation et leur relation avec le stress des animaux nous avons obtenu le cercle de corrélation et le bibelot présentés dans la figures 46.

L'analyse en composantes principales pour le total des bandes montrent 76,50% de la variabilité. La première composante de l'analyse principale explique 52,13% de la variabilité ; toutes les bandes sont positivement corrélées. La pyruvate kinase est celle qui participe le plus dans cette variabilité en plus de la bande B, la créatine kinase et la glycéraldéhyde phosphate déshydrogénase. La seconde composante explique 16,97% de la variabilité seulement.

Le Biplot de toutes les bandes et les animaux individuels montrent que le groupe des animaux non stressés du premier mode d'abattage est clairement séparé des deux autres groupes de poulets stressés.

La totalité des bandes sont corrélés positivement entre eux et avec les animaux stressés en particulier les bandes B, E, G et J qui correspondent au fragment de 73,1 kDa, la pyruvate kinase, l'énolase et la glycéraldéhyde phosphate déshydrogénase respectivement ; nous pouvons voir qu'il y a un effet significatif ($P < 0,05$) du mode d'abattage sur la concentration protéique.

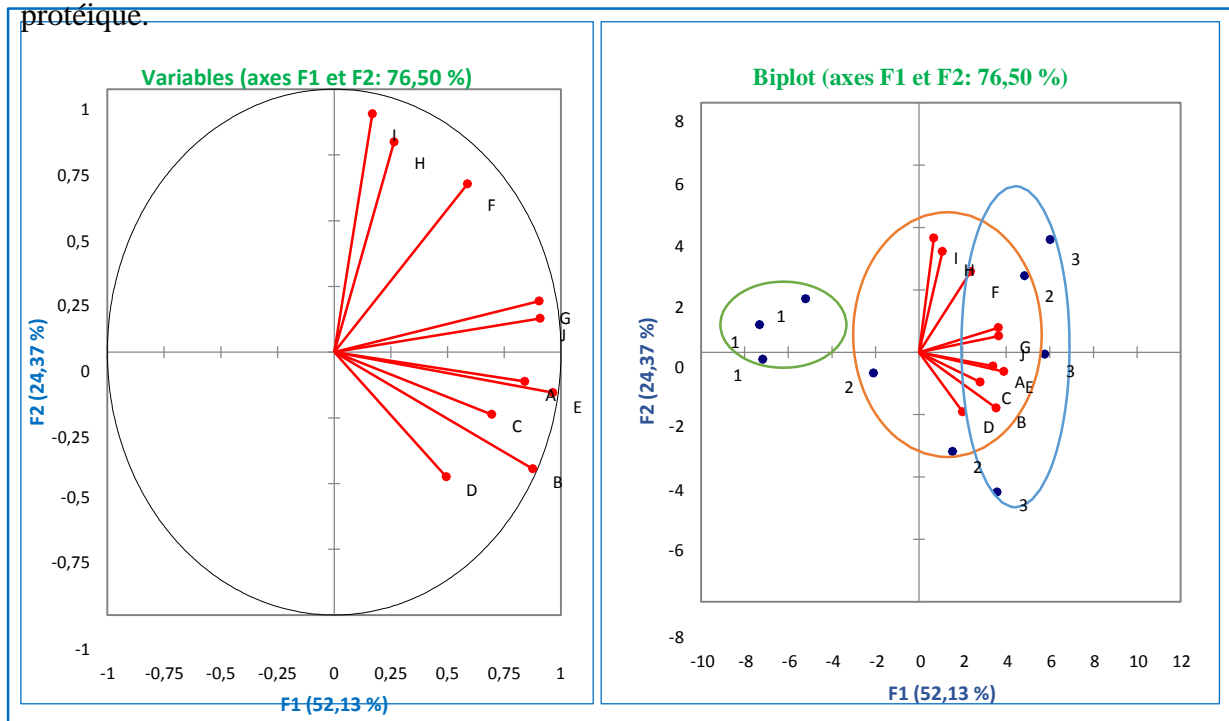


Figure 46 : cercle de corrélation et biplot de l'intensité des bandes et les groupes d'animaux.

La séparation monodimensionnelle des protéines sarcoplasmiques extraites à 30minutes et à 24h post mortem, nous a permis de voir que le stress prés abattage a un effet significative

sur la composition protéique du sarcoplasme et spécialement les enzymes de la glycolyse . Cet effet est plus remarquable après 24h. Certaines enzymes présentent des taux très importants dans les extraits issus des viandes de poulets stressés tel que la glycogène phosphorylase, la pyruvate kinase, la créatine kinase et la glycéraldéhyde phosphate déshydrogénase. Ces constatations expliquent la relation entre le stress prés abattage et l'activité enzymatique importante ce qui conduit à une glycolyse plus importante et par la suite des évolutions post mortem différentes.

3.2. Les protéines myofibrillaires

Après 30 minutes post mortem, nous pouvons remarquer qu'il y a une reproductibilité des profils entre les animaux de l'étude comme pour les protéines sarcoplasmiques mais avec certaines variations illustrées dans la figure 47.

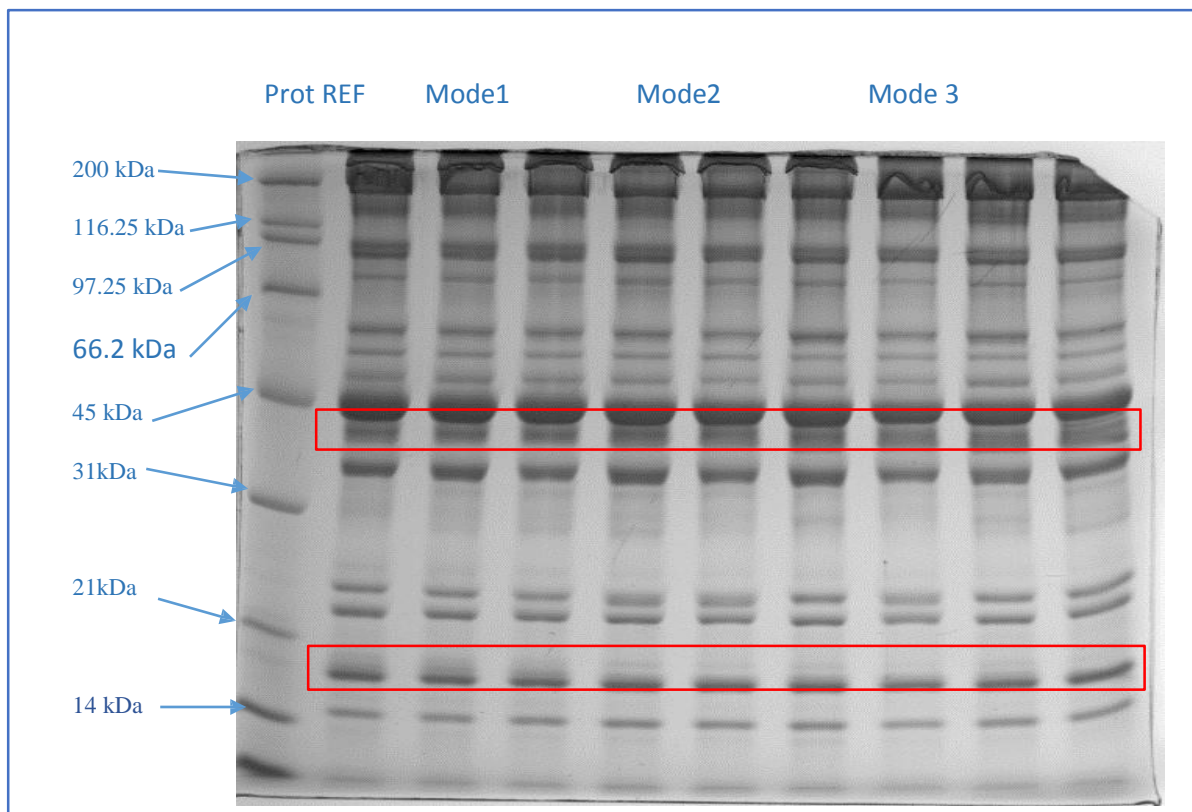


Figure 47 : SDS-PAGE à 12% des fractions 24h obtenues à partir d'extraits sarcoplasmiques des trois groupes d'animaux de l'étudiés.

Le profils des protéines contenues dans l'extraits myofibrillaires des groupes d'animaux de notre étude sont similaires d'une manière générale à ceux obtenus par d'autres chercheurs pour le muscle pectorale de poulet comme ceux obtenus par Santos *et al.*, (2008), Adeymie *et*

al., (2014) et Browker et Zhuang (2015). Cependant, nous pouvons noter des différences liées à nos objectifs de travail qui prennent en considération le facteur stress.

D'une manière générale pour les trois groupes de l'étude, nous n'observons pas de variations pour les principales bandes alors que, nous pouvons remarquer clairement des différences d'ordres quantitatifs et qualitatifs. Les différences d'intensité sont notées pour les bandes à poids moléculaires compris entre 45 et 31 kDa en plus de celles de 17,3kDa.

Après 24h post mortem, les profils protéiques présentent plus de différences d'intensités des bandes des trois groupes d'animaux.

La figure 48 illustre cette constatation. Les changements les plus notables dans l'abondance des protéines ont été observés dans les bandes A à S (Tableau 3).

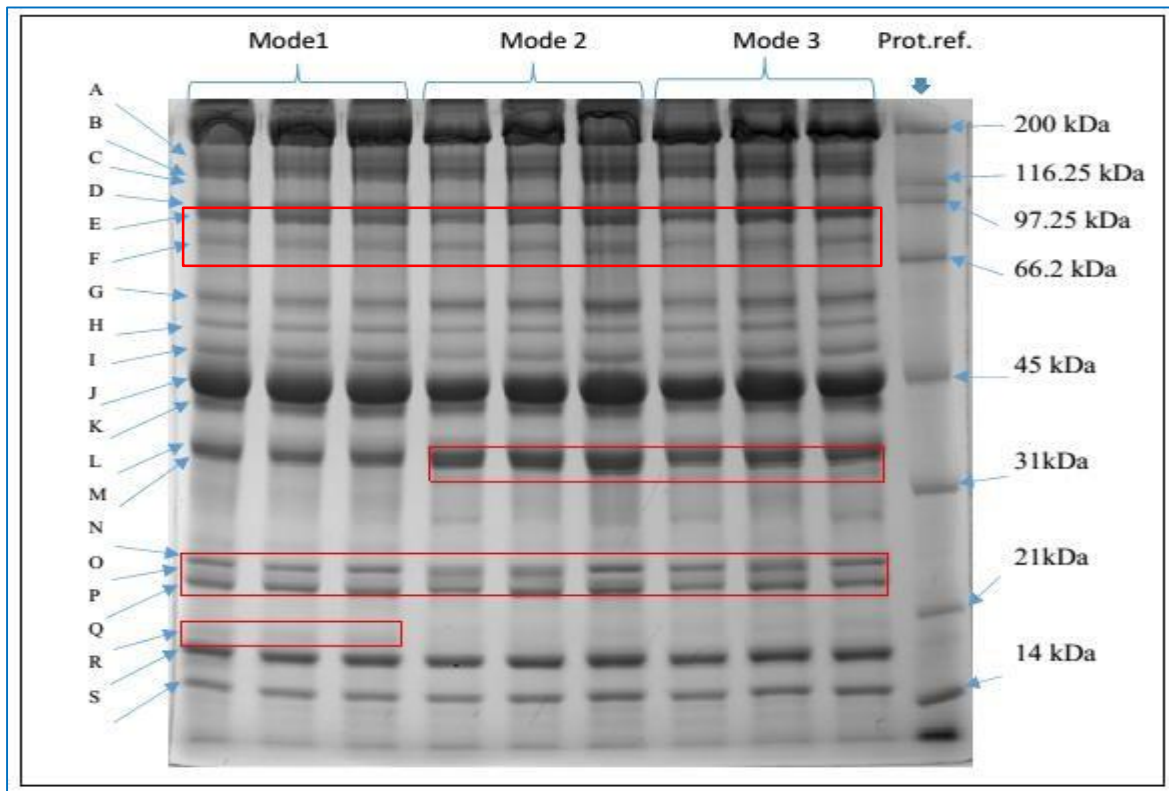


Figure 48 : SDS-PAGE à 12% de fractions 24h obtenues à partir d'extraits myofibrillaires des trois groupes étudiés.

Comme pour les protéines sarcoplasmiques, les profils monodimensionnels des protéines myofibrillaires à 30 minutes et après 24h montrent un effet du facteur stress prés abattage sur la composition protéique.

Quelque bandes sont sujet de différences significatives ($P=0,01$) entre les trois groupes d'animaux de l'étude (Tableau 4). En plus nous avons la bande M qui est absente dans les profils protéiques des animaux du premier groupe qui sont non stressés par rapport aux autres groupes des animaux stressés. Inversement, les bandes O est aussi absentes dans les extraits myofibrillaires du troisième groupe d'animaux.

Tableau 4. Moyennes d'abondance et écart type des neuf bandes sélectionnées dans les trois groupes différents, en faisant la moyenne des valeurs des trois individus de chaque groupe. Les bandes ont été quantifiées en unités arbitraires.

Groupes d'animaux	Mode1	Mode2	Mode3	P	Signification
Intensité des bandes	M±SE	M±SE	M±SE	value	
Raw volume	(Pearson)				
A	1394.6±69.1	1346.6±153.7	1494± 321.4	0.503	NS
B	1441±147.5	1618.6±21.3	1721.6±259.0	0.250	NS
C	941±46.1	931.6±179.2	964.6±120.8	0.182	NS
D	1335.3±196.6	1522.6±361.8	1706.6±115.3	0.153	NS
E	1255.6±59.6	1871±143.8	1647±218.4	0.027	*
F	1322.6±51.6	1850±262.1	1684.6±111.5	0.036	*
G	1394±67.2	1788.6±254.0	1635.3±321.0	0.247	NS
H	901.6±59.4	965±117.8	1216.3±60.6	0.023	*
I	1507.6±67.2	1290±57.5	1569±126.4	0.209	NS
J	1514.6±28.0	1549.3±124.0	1646.3±259.9	0.356	NS
K	1645.3±130.4	2248.6±359.2	2292.3±363.6	0.030	*
L	657±22.5	950.6±79.6	959±44.5	0.001	**
M	0.00	874±120.5	1115±128.0	0.000	***
N	919±60.2	1212±125.4	1161.6±9.8	0.008	**
O	590.6±106.3	687.6±246.8	0,00	0.000	***
P	1071.3±38.6	1270.3±76.1	1250±276.4	0.3	NS
Q	733±77.1	267±235.4	127.6±221.1	0.027	*
R	1426.3±26.7	1965.3±115.7	1840.6±180.0	0.005	*
S	1137.6±54.0	1172±196.8	1565±143.8	0.038	*

NS: non significatif; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

Les protéines contenues dans ces profils protéiques et qui diffèrent significativement avec le stress induit par les manipulations avant l'abattage ont été identifiées par la spectrométrie de masse MS / MS et sont présentées dans le tableau 5.

Tableau 5. Principales bandes présentant des différences entre les trois groupes des viandes analysés par SDS PAGE avec leurs identifications par LC-ESI- MS / MS, en utilisant le moteur de recherche MASCOT et les bases de données de protéines NCBI et Uniprot KB. Toutes les protéines identifiées appartiennent à l'espèce *Gallus gallus*.

Bande	Groupe	Proteine identifiée	Nom de la protéine	Poids moléculaire (Da)	Score
E	Mode1	ACTN2- CHICK	Alpha-actinin-2	104209	227
		MYSS- CHICK	Myosin heavy chain, skeletal muscle,adult	223006	88
	Mode2	ACTN2- CHICK	Alpha-actinin-2	104209	127
		MYSS- CHICK	Myosin heavy chain, skeletal muscle,adult	223006	240
		AT2A1 -CHICK	Sarcoplasmic/endoplasmic reticulum calcium ATPase 1	108953	231
	Mode3	ACTN2- CHICK	Alpha-actinin-2	104209	395
		MYSS- CHICK	Myosin heavy chain,skeletal muscle, skeletal muscle,adult	223006	137
		AT2A1 -CHICK	Sarcoplasmic/endoplasmic reticulum calcium ATPase 1	108953	55
	K	Mode1	TPM1-CHICK	Tropomyosine alpha-1chain	32746
ALDOC-CHICK			Fructose biphosphate aldolase C (Fragment)	14429	102
Mode2		TPM1-CHICK	Tropomyosine alpha-1chain	32746	164
		ALDOC-CHICK	Fructose biphosphate aldolase C (Fragment)	14429	89
Mode3		TPM1-CHICK	Tropomyosine alpha-1chain	32746	251
L	Mode 3	G3P-CHICK	Glyceraldehyde-3-phosphate déhydrogénase	35681	578
		LDHA-CHICK	L-lactate déhydrogénaseA chain	36491	159
M	Mode3	G3P-CHICK	Glyceraldehyde-3-phosphate déhydrogénase	35681	170
		LDHA-CHICK	L-lactate déhydrogénaseA chain	36491	151
	Mode2	G3P-CHICK	Glyceraldehyde-3-phosphate déhydrogénase	35681	252
		LDHA-CHICK	L-lactate déhydrogénaseA chain	36491	89
Q	Mode3	TNNC2 -CHICK	Troponin C, skeletal muscle	18364	239
		MLRS -CHICK	Myosin regulatory light chain 2	18827	190
	Mode1	MLRS -CHICK	Myosin regulatory light chain 2	18827	159
		TNNC2- CHICK	Troponin C, skeletal muscle	18364	53

En ce qui concerne la variation qualitative pour les profils protéiques des trois groupes d'animaux, les protéines identifiées dans la bande M étaient la glycéraldéhyde-3-phosphate déshydrogénase G3P-CHICK et la chaîne L-lactate déshydrogénase A LDHA-CHICK. Pour la bande Q, elle contient la troponine C du muscle squelettique TNNC2 -CHICK et la chaîne légère régulatrice de la myosine 2 MLRS -CHICK. Les protéines de la bande O n'ont pas été identifiées dans notre étude.

En ce qui concerne la variabilité quantitative, parmi toutes les bandes détectables en SDS PAGE monodimensionnelle, certaines bandes ont été exprimées différemment de manière significative dans les groupes d'échantillons ($p < 0,05$).

La bande E qui contient les fragments de l'alpha actine 2, les chaînes lourdes de la myosine et ceci pour les animaux non stressés. Cette bande contient en plus la sarcoplasmique/endoplasmique réticulum ATPase 1 dans le cas des animaux stressés des groupes 2 et 3.

La bande K englobe les chaînes de la tropomyosine alpha 1 dans le cas des animaux stressés saignées après accrochage et électronarcose, cependant nous pouvons signaler aussi la présence du fructose bi phosphate aldolase C pour le reste des groupes de poulet.

La bande L contient la glycéraldéhyde 3 phosphate déshydrogénase et les chaînes de la L lactate déshydrogénase A.

L'analyse en composantes principales pour le total des bandes montre 66,83% de la variabilité. La première composante explique 49,86% de la variabilité ; les bandes S, B, H, K, D, G, P, M, F, E, R, L et N étaient positivement corrélées et négativement corrélées avec les bandes Q et O (Figures 52). La seconde composante explique 16,97% de la variabilité, les bandes A, C et I sont positivement corrélés.

Le Biplot (Figure 49) de toutes les bandes et les animaux individuels montrent que les animaux saignées directement et non stressés selon le premier mode d'abattage, sont bien séparés de ceux des groupes d'animaux stressés des modes d'abattage 2 et 3 et sont corrélés avec la bande Q en particulier qui contient la troponine C du muscle squelettique TNNC2 - CHICK et la chaîne légère régulatrice de la myosine 2 MLRS -CHICK.

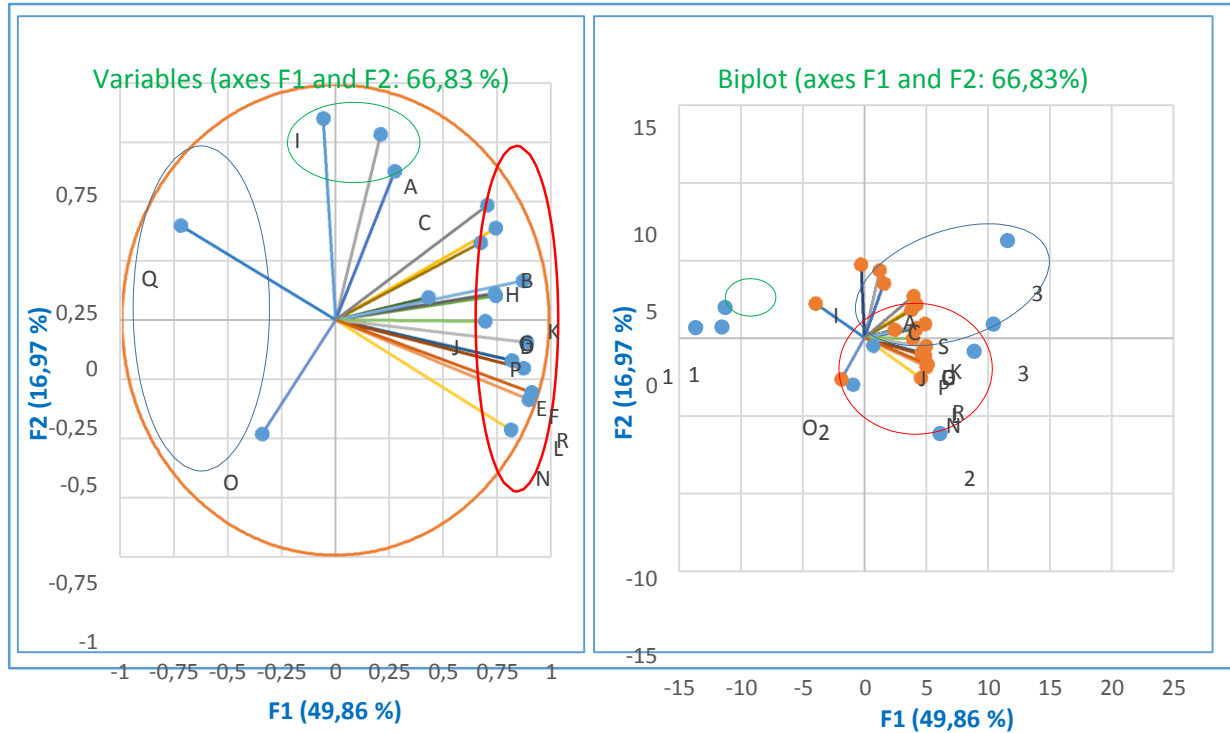


Figure 49 : Analyse en composantes principales de la projection de protéines myofibrillaires et de Biplot pour la distribution des trois groupes d'animaux et la corrélation avec les protéines myofibrillaires.

La glycéraldéhyde 3 phosphate G3P est plus abondante dans les groupes de poulet stressés, c'est une enzyme de la voie glycolytique, Les poulets stressés ont une expression plus élevée de certaines protéines liées au métabolisme énergétique tel que la G3P, qui imposent une énergie plus élevée pour faire face aux conditions de gestion difficiles, à la faim, à la température, aux tremblements, au bruit et aux perturbations sociales (Zanetti *et al.*, 2013). Ces niveaux étaient également plus élevés chez le porc physiquement plus actifs ante mortem (Picard *et al.*, 2010).

Cependant, Hazard *et al.*, (2014) rapportent que pour le stress induit par le transport, pour les poulets de chair, le G3P et la L-lactate déshydrogénase impliqués dans la glycolyse ont été bas.

De plus, nos résultats montrent l'absence de TNN2C dans le groupe de poulets accrochés et électrocutés ce qui permet de dire que probablement elle est dégradée.

CONCLUSION GENERALE

Pour pouvoir étudier l'effet du stress pré-abattage sur la qualité de la viande de poulet de chair nous avons en premier lieu identifié les conditions et manipulations subit par l'animal au cours de sa dernière journée de vie dans l'Est algérien puis, en deuxième lieu, les comparaisons statistiques et l'étude de corrélations entre les paramètres physiologiques des poulets et ceux de la qualité des viandes ont été établis.

La caractérisation de la situation du secteur abattage avicole dans l'Est algérien à travers les résultats de notre enquête, a donné lieu à une identification d'insuffisances assez importantes qui entravent le développement de ce secteur d'une part et d'autre part l'équilibre de la filière avicole.

Le terrain de notre étude révèle l'existence d'une très forte proportion d'établissements travaillant de façon illicite échappant toujours au contrôle des autorités, ce sont plus particulièrement les locaux d'abattage et les marchés parallèles ils perturbent toujours les statistiques de la filière avicole algérienne et handicapent la mise en place de données exactes pour tous types d'études.

A propos des structures d'abattage, nous pouvons les classer en structures industrielles dont les abattoirs et les tueries industrialisées et les structures artisanales qui regroupent des tueries et des locaux d'abattage de poulet.

Nous pouvons citer en plus l'abattage à l'air libre dans les marchés parallèles et hebdomadaires et aussi au près des routes dans les régions rurales. La mise au point d'une réglementation pour les locaux d'abattage et l'abattage aux marchés devient une nécessité dans la filière, leurs existence inévitable est liée à l'augmentation de consommation de leurs produits, même avec un prix pareil à celui des autres établissements.

Pour les intervenants dans le secteur, nous pouvons dire qu'appart les structures industrielles, il y a un manque de professionnalisme que ce soit pour les responsables ou bien les travailleurs.

C'est toujours l'expérience dans le domaine qui joue le rôle le plus important en plus du passage du métier dans la famille, conséquence d'un manque de programme de formation professionnel et de sensibilisation dans la filière aviaire. De ce fait, la mise au point de programme de formation professionnelle pour les responsables et les travailleurs en plus des journées d'étude et de sensibilisation grâce à l'augmentation du nombre et lieux des manifestations scientifiques pourrait avoir un rôle positif aussi pour l'amélioration du secteur abattage poulet de chair surtout en régions rurales en Algérie.

Au cours de l'abattage, les techniques utilisées et le matériel mis en place sont fonction spécialement de la taille de l'investissement qu'il soit industriel ou traditionnel en plus des habitudes alimentaires régionales différentes surtout au *sahara* où les consommateurs sont orientés le plus vers les viandes rouges (ovines, caprines et camelines) et dans la même région entre les zones urbaines et rurales.

Selon les conditions entourant l'abattage et les techniques utilisées nous avons ressortie trois procédés dont le poulet de chair peut être traité pour arriver au consommateur et qui sont :

- L'abattage artisanal direct au sol au moment de la vente ou les animaux sont saignés à la demande du consommateur sans aucunes manipulations précédentes.
- Abattage industriel dans les tueries ou les animaux après ramassage et transport subissent un accrochage sur les chaîne d'abattage tête en bas et sont saignés dans cette position.
- Abattage industriel dans les abattoirs avec plus de manipulations des animaux. Après ramassage et transport, les animaux sont accrochés tête en bas puis traversent le bac d'électronarcose pour être saignés à la fin.

Les habitudes alimentaires et la nature de la société concernée, constituent un facteur d'orientation de la production et doivent être pris en considération lors de la construction des programmes de développement. Face à cette situation et afin d'améliorer cette filière, l'industrie avicole algérienne doit être soutenue par des mesures appropriées tel que la mise au point d'un plan de formation des aviculteurs, la mise en place de système fiable de contrôle de la qualité au sein de la filière, la modernisation dans les différents secteurs ayant relation et l'adaptation des produits aux attentes croissantes des consommateurs. Malgré toutes ces contraintes révélées par cette enquête l'augmentation progressive de la production de poulet de chair nous motive à continuer notre étude pour pouvoir proposer le développement et de solutions durables permettant la stabilité et l'amélioration dans cette filière stratégique pour l'économie algérienne.

La variabilité du bien-être des animaux au cours des trois procédés d'abattage et sa relation avec la qualité des viandes a été étudiée dans le deuxième volet de notre travail et nous a permis de conclure que l'effet de ces conditions est significatif ($p < 0.05$) pour les paramètres physiologiques indicateurs de stress étudiées.

Plus les animaux sont manipulés plus leurs valeurs de glycémie et cortisol sanguin sont élevées, ce qui montre bien un état de stress aigu. Nos résultats montrent aussi que les animaux abattus directement ne sont plus stressés alors que les autres abattus après accrochage, et ceux

après accrochage et électronarcose sont stressés, ces deux derniers ne présentent aucune différence significative entre eux.

Pour les paramètres technologiques, nous remarquons un effet significatif ($p < 0.05$) du mode d'abattage sur le pH_{30min} , les pertes en eau à la décongélation et à la cuisson en plus de la profondeur de pénétration dans les viandes transformées. L'étude des corrélations a montré que la glycémie et le cortisol sont positivement corrélés au pH_{30min} , les pertes en eau à la décongélation et négativement corrélés aux profondeurs de pénétration dans les viandes cuites et les viandes transformées.

La séparation monodimensionnelle des protéines sarcoplasmiques extraites à 30 minutes et à 24h post mortem, nous a permis de dire que le stress pré-abattage a un effet significatif ($p < 0.05$) sur la composition protéique du sarcoplasme et spécialement les enzymes de la glycolyse. Cet effet est plus remarquable après 24h. Certaines enzymes présentent des taux importants dans les extraits issus des viandes de poulets stressés tel que la glycogène phosphorylase, la pyruvate kinase, la créatine kinase et la glycéraldéhyde phosphate déshydrogénase. Ces constatations expliquent la relation entre le stress pré-abattage et l'activité enzymatique importante au niveau des cellules musculaires qui par conséquent conduit à une glycolyse plus importante et par la suite des évolutions post mortem des paramètres de qualité de la viande différentes.

Dans ce travail, les profils protéiques des protéines myofibrillaires du poulet de chair ont été étudiés afin de rechercher des biomarqueurs protéiques liés à la méthode d'abattage. Pour la variabilité qualitative, nous avons une absence de la bande M dans le groupe non stressé d'animaux par rapport aux autres groupes.

En plus les bandes O et Q étaient absentes pour le groupe des animaux accrochés et électrocités. Ces protéines sont pour la bande M la glycéraldéhyde-3-phosphate déshydrogénase (G3P) et L-lactate déshydrogénase A (LDHA). Pour la bande Q, elle contient la troponine C, la troponine C2 du muscle squelettique (TNNC2) et la chaîne légère régulatrice de la myosine 2 MLRS. En ce qui concerne la variabilité quantitative, certaines bandes ont été exprimées différemment de manière significative pour les groupes d'échantillons ($p < 0,05$). Ce sont l'alpha-actinine-2, la chaîne lourde de myosine, l'ATPase1, la tropomyosine alpha-1 chain et la fructose bisphosphate aldolase C.

La glycéraldéhyde-3-phosphate déshydrogénase et la L-lactate déshydrogénase A étaient positivement corrélées avec les animaux stressés cependant ces derniers présentent une corrélation négative avec la troponine C et la chaîne légère régulatrice de la myosine 2.

Les animaux stressés présentaient donc des valeurs élevées de glycémie et de cortisol sérique. De plus, leurs viandes présentent des valeurs élevées pour les pH30min et les pertes d'eau à la cuisson, les concentrations en Glyceraldéhyde-3-phosphate déshydrogénase et en L-lactate déshydrogénase A ; leurs viandes transformées étaient moins tendres.

Cette étude ouvre les portes sur cette filière qui son développement relève actuellement des stratégies de sécurité alimentaire dans le pays et qui doit être pris sérieusement en considération par tous les intervenants et cela par une implication des institutions publiques et des instituts de la recherche, des organisations professionnelles, et des entreprises elles-mêmes, dans une approche pluridisciplinaire élargie.

Les conclusions issues à travers les différents volets de ce travail nous permettent d'orienter mieux nos futurs objectifs concernant la question de stress chez les animaux de boucherie. Il serait intéressant d'appuyer nos résultats par l'étude de plus de paramètres qui ont relations avec soit l'état physiologique des animaux soit les composantes de la qualité de la viande et ceci bien sûr sur plusieurs race et espèces animale.

L'étude protéomique peut donner plus d'informations sur le stress dans le cas où nous ciblons certaines enzymes du métabolisme musculaire et parallèlement quelque paramètres de qualité en relation et en question.

Enfin, ces résultats méritent d'être approfondis dans d'autres conditions expérimentales dans le but d'apporter un complément d'informations sur la situation de la filière avicole algérienne et permettre aux différents opérateurs de lever les contraintes qui entravent le développement de l'élevage du poulet et le marché des viandes blanches.

Production scientifique

- **Article:** Effect of Pre-slaughter Handlings on Broiler Chicken Welfare and Relationship with Meat Quality. *Journal of Veterinary Science & Technology*, ISSN: 2157-7579, Harkati et al., *J Vet Sci Technol* 2018, 9 : 4 DOI: 10.4172/2157-7579.1000548.



Effect of Pre-slaughter Handlings on Broiler Chicken Welfare and Relationship with Meat Quality

Harkati A¹, Boughellout H¹, Fuent C², Krid FA¹, Agli A¹, Zidoune MN¹ and Sentandreu MA²

¹Laboratory of Nutrition and Food Technologies, Institute of Nutrition Alimentation and Food Technologies, Constantine University, Constantine, Algeria

²Laboratory of Biochemistry of Meat and Meat Products, Institute of Agrochemical and Food Technology, Escardino benloch, Valencia, Spain

Corresponding author: Boughellout H, Laboratory of Nutrition and Food Technologies, Institute of Nutrition Alimentation and Food Technologies, Constantine University, Constantine, Algeria, Tel: (+213) 31 600 247; E-mail: halima.boughellout@umc.edu.dz

Received date: May 30, 2018; **Accepted date:** June 22, 2018; **Published date:** June 25, 2018

Copyright: ©2018 Harkati A, et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

- **Proceeding :** Étude de la situation de la filière avicole dans l’Est algérien “segment poulet de chair”. Neuvièmes Journées de la Recherche Avicole, Tours, France, 29 et 30 mars 2011 ; 59-63.

**ETUDE DE LA SITUATION DE LA FILIERE AVICOLE DANS L'EST ALGERIEN
« SEGMENT POULET DE CHAIR »**

Harkati Ameni ¹, Agli Abdenacer ², Zidoune M^{ed}Naser Eddine ³

*^{1,2 et 3} Institut de la Nutrition de l'Alimentation et des Technologies Agro-Alimentaires -
Université Mentouri de Constantine – Algérie 25000,
harkatiameni@yahoo.fr*

En poursuivant votre navigation sur ce site, vous acceptez l'utilisation de cookies. En savoir plus

Me connecter Adhésion Contact

ITAVI L'ITAVI NOS RENDEZ-VOUS PUBLICATIONS L'ESSENTIEL DES FILIERES

Nouvelle recherche

Etude de la situation de la filière avicole dans l'est algérien « Segment poulet de chair »

de A. Harkati + Auteurs Publié en mars, 2011

Article Télécharger

L'essentiel

Pas de résumé disponible pour cet article

ITAVI Membre du réseau ACTA Mentions légales | Réalisation Hippocampe © 2015 Tous droit réservés Contact

- **Communications orales :**

- Relationship between chicken welfare before slaughter and meat pH. **NAFI, Kusadasi-Turkey, 26-29 May 2014.**
- Relation des conditions pré-abattage avec paramètres de qualité des viandes de poulet de chair. **Séminaire Internationale des Sciences Alimentaires, Constantine, Algérie 15-16octobre 2018.**

- **Communications affichées :**

- Étude de la situation de la filière avicole dans l'Est algérien "segment poulet de chair". **Neuvièmes Journées de la Recherche Avicole, Tours, France, 29 et 30 mars 2011.**
- Effet du stress pré-abattage sur le bien-être et la qualité des viandes de poulet. **11eme journées de la recherché avicole Tour, France ; 25 au 26 Mars 2015.**
- Abattage avicole en Algérie : situation et perspectives. **Séminaire Internationale des Sciences Alimentaires, Constantine, Algérie 15-16octobre 2018.**

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A

- Abeysinghe S. M., Watchs C. M., Nicol C. J., Randall J. (2001). the aversion of broiler chicken to concurrent vibrational and thermal stress applied. *animal behaviour science*(73), 199-215.
- Adeymi K. D., Sazili A. Q. (2014). *A review Asian-Australian Journal of animal science*(27), 447-456.
- Aksit M., Yalcin S., Ozkan S., Metin K., Ozdemir D. (2006). effect of temperatur during and crating on stress parametres and meat quality of broiler . *Poult Sci*, 1867-1874.
- Aldres R. G. Spradbrow. (2001). controlling newcastele diseas in village chicken. (A. c. research, Ed.) *feild manual*(82), 112.
- Allen M. J. , Drummond J. A. , Moffat K. J . (1977). Analyses of P[GAL4] enhencer trap expressed in the giant fibre system. *DOE Hall*, 18.
- Alloui M. N. (2011). phytobiotiques as an alternative to antibiotics for growth promoters in poultry feed. *Livstock research for rural devlopment*, 6(23), 133.
- Apple J. K. dkeman m e minton j e McMurply r m fedde m r leith d e unruh j a. (1995). effet of restraint and isolation stress an epidural bloc kadre on endocrine and blood metabolic status muscl glycogene metabolisme and incidence of dart-cutting longissimus muscle of sheep. *j anim sci*(73), 2295-2307.
- Asghar A. Bhatti A. R. (1987). Endogenous proteolenzymes in skeletal muscle, thier ssignificance in muscle. *adv food res*(31), 343.
- Abeysinghe S. M., Watchs C. M., Nicol C. J., Randall J. (2001). the aversion of broiler chicken to concurrent vibrational and thermal stress applied. *animal behaviour science*(73), 199-215.
- Adeymi K. D., Sazili A. Q. (2014). *A review Asian-Australian Journal of animal science*(27), 447-456.
- Aksit M., Yalcin S., Ozkan S., Metin K., Ozdemir D. (2006). effect of temperatur during and crating on stress parametres and meat quality of broiler . *Poult Sci*, 1867-1874.
- Allen M. J. , Drummond J. A. , Moffat K. J . (1977). Analyses of P[GAL4] enhencer trap expressed in the giant fibre system. *DOE Hall*, 18.
- Alloui M. N. (2011). phytobiotiques as an alternative to antibiotics for growth promoters in poultry feed. *Livstock research for rural devlopment*, 6(23), 133.
- Aldres r g Spradbrow. (2001). controlling newcastele diseas in village chicken. (A. c. research, Ed.) *feild manual*(82), 112.
- Apple J. K. dkeman m e minton j e McMurply r m fedde m r leith d e unruh j a. (1995). effet of restraint and isolation stress an epidural bloc kadre on endocrine and blood metabolic status muscl glycogene metabolisme and incidence of dart-cutting longissimus muscle of sheep. *j anim sci*(73), 2295-2307.
- Asghar A. Bhatti A. R. (1987). Endogenous proteolenzymes in skeletal muscle, thier ssignificance in muscle. *adv food res*(31), 343.

B

- Baccer M. N., Kacem S., Bendiab H., 2005. Système HACCP applique a l'abattage des volailles : détermination des points critiques dans volailles de Tunisie, revue scientifique technique et économique du secteur avicole en Tinisie N° 35 ; Septembre 2005 ; p11.
- Babji, A.S., Froning, G.W., Ngoka, D.A., 1982. The Effect of Preslaughter Environmental

- Temperature in the Presence of Electrolyte Treatment on Turkey Meat Quality. *Poultry Sci.* 61 : 2385-2389.
- Barbut S. D Ph., 2002. Poultry products processing, an industry guide. CRC Press LLC, USA. 11: pp 63.
- Becila S, Hafi K, Gagaoua M, Boudjellal A, Ouali, A (2014) Prediction of the tenderness of lamb meat by penetrometry. Proceeding 15th Muscle Science and Meat Technology Days 4-5 November, Clermont-Ferrand, France.
- Bedanova E. Voslarova P. Chloupek V. Pistekova P. Suchy J. Blahova R. Dobsikova and V. Vecerek 2007. Stress in Broilers Resulting from Shackling. *Poultry Science* 86:1065–1069.
- Belaid B. 1993. Notion de zootechnie générale, Office des Publication Universitaire.
- Belaid D. 2015. L'élevage avicole en Algérie. Édition. 66p.
- Bendall J.R. 1973. Post mortem changes in muscle, 244-309 in : Structure and Function of Muscle. Bourne G. H., ed., Academic Press, New York..
- Bendall, J. R., lawrie, R. A., (1962). The effect of pretreatment with various drugs on post mortem glycolysis and onset of rigor mortis in rabbit skeletal muscle. *J. Comp. Path.* 72, 118
- Berri C., Debut M., Santé L., Houtellier V., Arnold G., Sellier N., Beaza E., Jehl N., Jego Y., Duclos M.J., Lebihan-duval E. (2005). variation in chicken breast meat quality : implication of struggle and muscle glycogene content at death. *Br Poult Sci*, 46, 572-579.
- Berri C., Jehl N. (2001). Facteurs de variation de la qualité technologique et organoleptique des viandes de poulet. *4eme journées de la recherche avicole*, (pp. 245-252). Nante.
- Berri C., Wacrenier N., Millet N., Lebihan-duval E. (2001). Effet of selection for improved body composition muscle and meat characteristics of broiler from experimental and commercial lines. *Poult Sci*, 80, 833-838.
- Boccard et Bordes.(1986). Meat Quality . 34 :123-151 41.
- Boullian, M. and King, A.J. (1998) Meat colour and biochemical characteristics of unacceptable dark-coloured broiler chicken carcasses. *Journal of Food Science* 63: 759-762.
- Bourne G.H.,(1973). Structure and Function of Muscle, Academic Press, New York, NY. (1973), pp. 243-309
- Bradford M.N. (1976). A rapid and sensitive methode for the uantitation of microgram quantities of proteines utilizing the pincipal of protein-dye binding. *Anal Biochem*, 72, 248-254.
- Budo-Amoako, E. S., Toora, C., Walton, R. F. et al. (1992). Thermal death times for *Listeria monocytogenes* in lobster meat. *J Food Prot* 55,211–213.
- Bourne G.H.,(1973). Structure and Function of Muscle, Academic Press, New York, NY. (1973), pp. 243-309.
- Boutten, B., Jehl, N., Jego, Y., Beaumont, C., & Lebihan-duval, E.,(2003). Variation of Chicken Technological Meat Quality in Relation with Genotype and Stressing Pre-Slaughter Conditions. *Poultry Sci.* 82 : 1829-1838.
- Bradford M.N. (1976). A rapid and sensitive methode for the uantitation of microgram quantities of proteines utilizing the pincipal of protein-dye binding. *Anal Biochem*, 72, 248-254.
- Bowker B., Zhuang H.(2015). Relationship between water-holding capacity and protein denaturation in broiler breast meat. 2015 *Poultry Science* 94:1657–1664

C

- Caschman P. J., Nicol C. J., et Jones, R. B., (1989). Effects of Transportation on the Tonic Immobility Fear Reactions in Broilers. *Br. Poultry Sci.* 30 : 211-221.
- Chambres J. R., Forten A., Macki D. A., et Larmond E., (1989). Comparison of sensory properties of meat from broilers of modern stocks and experimental strains differing in growth and fatness', *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 22, 353±358.
- Chambres J.R., Fortun A., Macki D.A., Larmond E. comparison of sensory proprietes of meat broiler of mo.
- Craig E. W., Fletcher D. L. (1997). A Comparison of High Current and Low Voltage Electrical Stunning Systems on Broiler Breast Rigor Development and Meat Quality. *Poultry Sci.* 76: 1178-1181.
- Craig E. W., Fetcher D. L., Papinaho, P. A., (1999). The Effects of Ante Mortem Electrical Stunning and Post Mortem Electrical Stimulation on Biochemical and Textural Properties of Broilers Breast Meat. *Poultry Sci.* 78 : 490-494.
- Craplet C. (1966). *La viande de bovins*. Tome I. Ed. Vigort frère. Paris. P486
- Castellini C., Dal Bosco A., Mugnai C. (2003). Comparison of different reproduction protocols for rabbit does: effect of litter size and mating interval. *Livest. Prod. Sci.*, 83: 131-139.
- Christensen, M., Purslow, P. P., Larsen, L. M. (2000). The effect of cooking temperature on mechanical properties of whole meat, single muscle fibres and perimysial connective tissue. *Meat Science*, 55, 301–307.
- Cassence, R. G., Marplet, D. N., Eiklenboom, G., (1975). *Animal Physiology and Meat Quality*. *Adv. Food Res.* 21 : 71 -155.

D

- Damaziak K, Michalezuk M, Zdanowska-Sasiadak Z, Jozwik A, Gozdowski D. (2017). Effect of genotype on hematological and serum biochemical responses of turkey hens to stress. *Anim Breed* 60: 9-17.
- Debut M., Berri C., Arnauld C., Gumen D., Sante-Lhoutelier V., Sellier N., Baeza E., Jehl N., Jago Y., Beaumand C., Lebihan-Duval E., (2005). Behavioral and physiological responses of three chicken breeds to pre-slaughter shackling and acute heat-stress. *Br. Poult. Sci.*, 46: pp 527-535
- Debut M, Berri C. , Baeza E. , Sellier N. ,(2003). analyse en composantes principales de la qualite technologique de la viande de poulet en relation avec le genotype et le stress avant abattage. ITAVI - 28 rue du Rocher, 75008 Paris,
- Dadgar S., Lee E. S., Leer T. L. V., Burlinguette N., Classen H. L., Crowe T.G., Shand P.G. (2012). Effect of microclimate temperature during transportation of broiler chickens on
- Drieux. H., Ferrondo. R., Jacquot. R., (1962) *Caractéristiques alimentaires de la viande de boucherie Vigot frères éditeurs, Paris VT.*
- Duncan I.J.H. (2004) Pain, Fear and distress. *Applying Science to Animal Welfare*. *Proceeding of Global Conference on Animal Welfare: an OIE Initiative, Paris 23-25 February* pp: 163-171.
- Dunn A. A., Kilpatrick D. J., Gault, N. F. S., (1993). Influence of Ultimate pH, Sarcomere Length and Cooking Loss on the Textural Variability of Cooked M. Pectoralis Major from Free Range and Standard Broilers. *Br. Poultry Sci.* 34: 663-675.

E

- Edward, M.R., McMurty, J.P., Vasilatos-Younken, R., (1999). Relative insensitivity of avian skeletal muscle glycogen to nutritive statut. *Domest. Anim. Endocrinol.* 16, pp 239-247
- Ehinger, F., (1977). The Influence of Starvation and Transportation on the Carcass Quality of Broilers. Pages 117-124 in : *The Quality of Poultry Meat*. Scholtyssek, S., ed. European Poultry Federation, Munich, Germany.
- El Rommouz R. (2005). Etude des changements biochimiques post mortem dans le muscle des volailles- contribution au déterminisme de l'amplitude de la diminution du PH. Thèse de doctorat en sciences agronomiques. Ecole doctorale : S.E.V.A.B. P 3.

F

- Farmer L. J., (1999) Poultry meat flavor. In: *Poultry Meat Science Symposium*. Richardson, R. I. and G. C. Mead (eds). CABI Publ., Oxfordshire, UK.
- Fletcher D.L.,(1999) . Broiler Breast Meat Color Variation, pH, and Texture. *Poultry Sci.* 78 : 1323-1327.
- Fletcher, D. L., Qiaq, M. et Smith, D.P. (2000). The relationship of raw broiler breast meat colour and pH to cooked meat colour and pH. *Poultry Science* 79: 784-788.
- FAOstat (2018). Données statistiques de la FAO, domaine de la production agricole : Division de la statistique, Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. Site web : <http://faostat.fao.org/site/573/default.aspx#ancor>, consulté le 10/01/2018.
- Freeman B. M., Kettelwell P. J., Manning A. C. C., Berry P. S., (1984). Stress of Transportation for Broilers. *Vet. Rec.*, 114: 286 - 287.
- Fernandez, X., Santé, V., Baéza, E., LeBihan-Duval, E., Berri, C, Remignon, H., Babilé, R., Le Pottier, G., Astruc, T., (2002). Effects of the Rate of Muscle Post Mortem pH Fall on the Technological Quality of Turkey Meat. *Br. Poultry Sci.* 43 : 245-252.
- Fletcher, D. L. (2002). Poultry meat quality. *World's Poultry Science Journal* 52(June): 131-145.
- Froning G.W. (1995) Colour of poultry meat. *Poultry and Avian Biological Revues* 6: 83-93.

G

- Gallo C., Hurtas S.M., (2015). Main animal welfare problems in ruminant livestock during preslaughter operations: A South American view, *animal*: 1-8.
- Gasperlin L., Zlender B., Varga C., (1999). The Colour and Texture of Broiler Breast Meat Related to Different Conditions of Rearing and Chilling. *Acta Agraria Kaposváriensis.* 3 : 195-202.
- Geay Y., Bauchard D., Hoquette J.F., Cullioli J.,(2002). Valeur diététique et qualités sensorielles des viandes de ruminants. Incidence de l'alimentation des animaux. *INRA Prod Anim* 2002 ; 15 : 37-52..
- Girard J.P., Bout J., Salort D., (1988). Lipides et qualités du tissu adipeux, facteurs de variation. *Journées Rech. Porcine en France*, 20, 255-278.
- Got F. (1997) Acceleration des processus de maturation de la viande bovine par traitements technologiques: injections de calcium; applications d'ultrasons de puissance.
- Goll D. E., Dayton W.R., Singui., Robsoner.M., (1991) Studies of the actin interaction in the Z disc by using calpain. *Biol. chem.* 266 (13), 8501-8510

Goll D.E., Thompson V.F., Li H., (2003). The Calpain System. *Physiological Revue* 83:731–801.

Grandin, T. (1997). Assessment of stress during handling and transport. *Journal of Animal Science*, 75(1), 249-257.

Gregory N.G., Wilinks L.J., (1989). Broken bones in domestic fowl: handling and processing damage in end-of-lay battery hens. *Br. Poult. Sci.*, 30, pp 555-562

Gregory N.G., Bell J.C., (1987) Duration of wing flapping in chickens shackled before slaughter. *Veterinary Record*, pp 567-567

H

Hill F., (1966). The solubility of intramuscular collagen in meat animals of various ages.

Journal of Food Science, 31, 161-166.

Herrera-Mendez C.H., Becila S., Boudjellal A., (2006). Meat ageing: reconsideration of the current concept. *Trends Food Sci Technol* 2006; 17:394–405.

Honikel K., Hamm R. (1994) Measurement of water-holding capacity and juiciness. In: *Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products* (pp. 125-61. Springer.

Hughe B.O., (1976). Behaviour as an index of welfare. *Proc. 5 thEur. Poultry Conf.*, 1005-1018.

Hazard D., Fernandez X., Pinguet J., Chambon C., Letisse F., Portais G.C., Wadih-Moussa, Rémignon H., Molette C. (2011). Functional genomics of the muscle response to restraint and transport in chickens. *J. Anim. Sci.* 89:2717–2730

J

Jayaprakash G, Sathiyabarathi M, Robert MA, Tamilmani T (2016) Transportation stress in broiler chicken. *Int J Sci Environ Technol* 5:806-809.

Jones, R. B., G. Beuving, Blokhuis H. J., (1988). Tonic immobility and heterophil/lymphocyte responses of the domestic fowl to corticosterone infusion. *Physiol. Behav.* 42:249–253.

Joo S. T., Kauffman R. G., Kim B. C. Park G. B., (1999). The relationship of sarcoplasmic and myofibrillar protein solubility to colour and water-holding capacity in porcine longissimus muscle. *Meat Sci.* 52:291–297.

K

Kadim I.T., Al-hosni Y., Mahgoub O., Al-marzooqi W., Khalaf S.K., Al-maqbaly R.S., Al-sinawi S.S.H., Al-amri I.S., (2009), Effect of low voltage electrical stimulation on biochemical and quality characteristics of *Longissimus thoracis* muscle from one humped camel (*camelus dromedaries*), *Meat Science* 82, 77-85.

Kannan, G., Mench J. A. (1996). Influence of different handling methods and crating periods on plasma corticosterone concentrations in broilers. *Br. Poult. Sci.* 37:21–31.

Kannan G., Heath J. L., Wabek C. J., Souza M. C. P., Howe J. C., Mench, J. A., (1997). Effects of Crating and Transport on Stress and Meat Quality Characteristics in Broilers. *Poultry Sci.* 76 : 523-529.

Kiessling A., Espe M., Ruohmem K., Morkore T., (2004). Textural gaping and colour of fresh and frozen Atlantic salmon flesh as affected by pré-slaughtering iso-eugenol or CO₂ anesthesia. *Aquacultural* 236 : 645-65.

King D.A., Schuehlepfieffer C.E., Randel R.D., Welsh T.H., Oliphant R.A., Baird B.E., Curley K.O., Vann R.C., Hale D.S., Savell T.W., (2006). Influence of animal treatment and stress responsiveness on the carcass quality and beef tenderness of feedlot cattle. *Meat Science* 74: 546-556.

Kim, J. W., Fletcher, D. L., Champion, D. R., (1988). Research Note : Effect of Electrical Stunning and Hot Boning on Broiler Breast Meat Characteristics. *Poultry Sci.* 67 : pp 674-676.

Koohmaraie, M., Kent, M. P., Shakelford, S. D., Veiseth, E., Wheeler, T. L., (2002). Meat Tenderness and Muscle Growth : Is There any Relationship? *Meat Sci.* 62 : pp 345-352.

L

Laemmli, U. K. (1970). Cleavage of storage proteins during the assembly of the head bacteriophage T4. *Nature* 227: 680-685

Laroch M., (1990). Cité par J.P.Girard et C. Valin., 1990 Technologie de la viande et des produits carnés. L'AVOISIER, pp 33-67.

Lebret B., Picard B, (2015). Les principales composantes de qualité des carcasses et des viandes dans les différentes espèces animales. Numéro spécial, Le muscle et la viande. *INRA Prod. Anim*, 28, pp93-98.

Lefèvre F., Cos I., Pottinger T.G., Bugeon J. (2008). Viandes prod. Carnés, Hors-série : pp 177- 178.

Lines J.A., Berry P., Cook P., Schofield C.P., Knowles T.G., (2012). Improving the poultry shackle line. *Animal welfare* 21: -69-74.

Lopez-Hellin J, Gonzalo R, Tejada M, Carrascal M, Vila MR, (2005) Transcriptomic and proteomic analysis of liver and muscle alterations caused by surgical stress in rats. *Clin Sci* 108: 167-178.

Lyon C. E., Papa C. M., Wilson R. L., (1991). Effect of Feed Withdrawal on Yields, Muscle pH, and Texture of Broiler Breast Meat. *Poultry Sci.* 70 : 1020-1025.

M

Mamani linares L.W., Gallo C., (2014). A note on the effect of pré-slaughter operation of lambs (*Lama galam*) on the concentration of some blood constituents related to stress and carcass quality. *Archivos de Medicina veterinaria* 46: 463-469.

MADR, (2011). Statistiques agricoles, série A et B, Alger.

Mead G. C., (2000). Fresh and further processed poultry in the Microbiological Safety and Quality of Food, Vol. 1. B. Lund, T. C. Baird-Parker and G. Gould (Eds.). Aspen Pub., Gaithersburg, MD.

Mench J., (1992). *Poult. Sci. Rev.*, 4, 107-128.

Mirinda-de-lama G.C., Villarroel M., Olleta J.L., Alierta S., Sanudo C., Maria G.A., (2009). Effect of the pré-slaughter logistic chain on meat quality of lambs. *Meat Science* 83: 604-609.

Molette C. (2004) Analyse protéomique d'altération de propriétés sensorielles et technologiques de la viande de dind. Phd HesLs, ScienceAgronomique, Institute National Polytechnique de Toulouse, France N2135: 171 p.

Monin, G. (1988). Evolution post mortem du Tissu Musculaire et Conséquence sur les Qualités de la Viande de Porc. *Journées Rech. Porcine en France.* 20 : 201-214.

Monin, G., Ouali, A., (1992). Muscle Differentiation and Meat Quality. Pages 89-159 In : *Development in Meat Science.* R. A. Lawrie, ed. Elsevier Appl. Sci., London.

Mormède P., (1995), *Cahier Agriculture* 4, pp 275-286.

Mormède P., Foury A., Gevirink N., Gispert M., Hortos M., Font I., Furnols M., Carrion D., Cairus M., Davey G., Tielley R., Delday M., Mltim C., Klont R., Sosnicki A.A., Plastow S., Blot S.C., (2004). Reponses neuroendocriniennes de stress et caractéristiques de carcasse, comparaison de cinq races de porcs. *Journée de*

Recherche Porcine 36 : 259-264.

Muchenje V., Dama K., Chinonyo M., Strydom P.E., Raats J.G., (2009) Relationship between pre-slaughter stress responsiveness and beef quality in three cattle breeds. *Meat Sci* 81: 653-657.

N

Ngora D.A., Froning G. W., (1982). Effect of Free Struggle and Preslaughter Excitement on Color of Turkey Breast Muscles. *Poultry Sci.* 61 : 2291 -2293.

Nidjam E., Arens P., Lambooij., Decuypere E., Stegeman J., (2004). *Poultry science* 83 ;1610-1615

Northcutt, J. K., Foegeding, E. A., Edens, F. W., (1994). Water-Holding Properties of Thermally Preconditioned Chicken Breast and Leg Meat. *Poultry Sci.* 73 : pp 308-316.

Northcutt, J. K., Buhr, R. J., Young, L. L., (1998). Influence of Preslaughter Stunning on Turkey Breast Muscle Quality. *Poultry Sci.* 77 : pp 487-492.

O

Offert, G., Knight P.,(1988). The structural basis of water-holding in meat. Part 2: Drip losses. Pages 173-241 in *Developments in Meat Science*. R. A. Lawrie, ed. Elsevier Applied Science, London.

Offert G., Jeacocke R., Almond R., Cousins T., Elsey J., Parsons N., Sharp A., Starr R., Rursow P.,(1989). The structural basis of the water holding , appearance and toughness of meat en meat products. *Food Microstructur* 8: 151-170.

Olson, D. G., F. C. Parrish, Jr., W. R. Dayton, D. E. Goll.,(1977).Effect of postmortem storage and calcium activated factor on the myofibrillar proteins of bovine skeletal muscle. *J. Food Sci.*42:117.

Onenc A. , Kaya, (2004). Effect of electrical stunning and percussive captive bolt stunning on meat quality of cattle processes by Turkish slaughter procedure. *Meat Science* 66: 809-815.

Ouali A., Obled A., Cottum P., Merdaci N., Ducastanig A., Valin C., (1983). Comparative effect of post mortem storage and low-calcium requiring neutral protenase on bovin and rabbitt myofibrillar proteins. *Jornal of food science and Agricultur* 34: 466-476.

Ouali A., (1990). La maturation des viandes facteurs biologiques et technologiques de variation. *Viande et produits carnés*, 11.281-290.

Ouali A., (1992). Proteolytic and physicochemical mechanisms involved in meat texture development. *Biochimie* 74:251-65.

Ouali A., Herrera-mendez C.H., Coulis G., Becila S., Boudjellal A., Aubry L., Sentandreu M.A. (2006). Revisiting the conversion of muscle into meat and the underlying mechanisms. *Meat Science*, 74, 44-58.

P

Paquin J.,(1992) . *Alimentation et nutrition humaine ; les volailles*. Ed ESF éditeur. Paris. 4 : pp798-810.

Parrot R., Misson B. H., (1989). Changes in Pig Salivary Cortisol in Response to Transport Simulation, Food and Water Deprivation and Mixing. *Brit. Vet. J.* 145 : 501-505.

Penny I., (1980). The enzymology of conditioning. In:*Developments in Meat Science*. Applied Science Publishers, London. Pp 115-143.

Penny I.F., (1985). The enzymologie of conditioning developpement in: relationship between early post mortem pH and the tenderisation of beef muscle .O' halloran GR Troy

Petracci, M., Fletcher, D. L., Northcutt, J. K., (2001). The Effect of Holding Temperature on Live Shrink, Processing Yield, and Breast Meat Quality of Broiler Chickens. *Poultry Sci.* 80 : pp 670-675.

Picard B., Berri C., Lefaucheur L., Molette C., Sayd T., Terlouw C., (2010). Advance Access public ation date 21 March 2010. Skeletal muscle proteomics In livestock production. *BRIEFINGS IN FUNCTIONAL GENOMICS*. VOL 9. NO 3. 259^278

R

Ricard F. H., Touraille C., (1988) Studies of sex effect on chicken meat sensory characteristics. *52*: pp 27-30.

S

Santé V., Fernandez X., Monin G., Renou J. P., (2001) Nouvelles Méthodes de Mesures de la Qualité des Viandes de Volaille. *INRA Prod. Anim.*, 14 (4), pp 247- 254.

Santé V., Sosnicki, A. A., Greaser, M. L., Pietrzak, M., Pospiech, E., Ouali, O., (1996). Impact of Turkey Breeding and Production on Breast Quality, in : Proceedings from XII European Symposium on the Quality of Poultry Meat. Zaragoza, Spain. pp 151-156

Satterlee D. G. Parker L. H. , Castille S.A., Cadd G.G., Jones R. B., (2000). Struggling Behaviour in Shackled Male and Female Broiler Chickens. *Poultry Science* 79: pp 652-65.

Saveni B., Lambooji E., Gerritzen M. A., Venema K., KORF J., (2002). Effects of Feed Deprivation and Transport on Preslaughter Blood Metabolites, Early Postmortem Muscle Metabolites, and Meat Quality. *Poultry Sci.* 81 : 699-708.

Scanes C.G., (1986). Pituitary Gland. Pages 383-402 In : *Avian Physiology*. New York, NY, USA.

Scanes C.G., (2009). Perspective on the endocrinologie of poultry growth and metabolism. *General and comparative endocrinology* 163: 24-32.

Sentandreu M.A., Gérard I., Ouali A., (2002). Role of muscle endopeptidases and their inhibitors in meat tenderness. *Trends in Food Science & Technology* 13(12):400- 421.

Shawkat M., Kang G.H., Joo S.T. (2008) A review: Influences of preslaughter stress on poultry meat quality. *Asian-Australas J Anim Sci* 21:912-916.

Schneider B. L. , Renema R. A., Betti M., Carney V. L., Zuidhof M. J., (2012). Effect of holding temperature, shackling, sex, and age on broiler breast meat quality. *Poultry Science* 9:468-477.

Schreurs E. J. G, (2000). Post mortem Changes in Chicken Muscle. *World's Poultry Sci. J.* 56 :pp 319-346.

Sparrey J. M., Kettlewell P. J., Paice M. E. R., Wheltor W. C., (1993). Development of a Constant Current Waterbath Stunner for Poultry Processing. *J. Agri. Eng. Res.* 56 : 267- 274.

Sellier P., (1998). Genetics of Meat and Carcass Traits. Pages 463-510 in : *Genetics of the Pig* Rotschild M. F. et Ruvinsky A., ed. CAB International, Wallingford, Oxon, UK

Smyth A. B., O'Neill E., Smith D. M.. (1999). Functional properties of muscle proteins in processed poultry products. In: *Poultry Meat Science*. R. I. R. a. G. C. Mead, CAB International pp. 377-396.

T

Tadich., Galoo C., Brito M.L., Broom D.M., (2009). Effects of weaning and 48 h transport by road and ferry on some blood indicators of welfare in lambs, *Livestock science*, LIVSCI-00726; 5P.

- Taylor R.G., Geesink G.H., Thompson V.F., (1995). Is Z-disk degradation responsible for postmortem tenderization? *Journal of Animal Science* 73:1351–67.
- Terlouw E.M.C., (2002) . Stress des animaux et qualité de leurs viandes, rôle du patrimoine génétique et de l'expérience antérieure. Volume 15, n° 2. 8P.
- Terlouw E.M.C., Arnould C., Auperin B., Berri C., Le Bihan-Duval E., Deiss V., Lefèvre F., Lensink B.J., Mounier L., (2007) .Impact des conditions de pré-abattage sur le stress et le bien-être des animaux d'élevage. *INRA Production Animal* 20(1) : 93-100.
- Terlouw E.M.C., Arnould C., Auperin B., Berri C., Le Bihan-Duval E., Deiss V., Lefèvre F., Lensink B.J., Mounier L., (2008) . *Animal*, 2, pp 1501-1517.
- Terlouw E.M.C., Berne A., Astruc T., (2009). Effect of rearing and slaughter conditions on behavioural physiology and meat quality of large white and Duroc-sired pig. *Livestock science* 122: 199-213.
- Terlouw E.M.C., Arnould C., Auperin B., Berri C., Le Bihan-Duval E., Lefevre F., Lensind J., Mounier L., (2012). Impact des conditions de pré-abattage sur le stress et le bien être des animaux d'élevage. *INRA Prod. Anim.*, 20, pp 93-100.
- Terwouw E.M.C., Cassar Malek I., Picard B., Deiss B.V., Arnould C., Berri C., Duval E., Lefevier F., Lebert B., (2015). Stress en élevage et à l'abattage : impact sur les qualités des viandes . *INRA Production Animal* 28(2) : 169-182.
- Thomson, J. E., Lyon, C. E., Hamm, D., Dikens, J. A., (1986). Effects of Electrical Stunning and Hot Deboning on Broiler Breast Meat Quality. *Poultry Sci.* 65 : 1715-1719.

U

- Uzum M.H., Oral Toplu H. D., (2013). Effect of stocking density and feed restriction on carcass ,meat quality characteristics and some stress parameters in broiler under heat stress. *Revue Medecin veterinaire* 164: 546-554.

V

- Virling E., (2003). Les viandes dans l'aliment et boissons. CRDP. France .pp 58-78-170.
- Van Laack R, L, M., Van Liu C, H., Smith M, O., Loveday H, D., 2000. Characteristics of Pale, Exudative Broiler Meat *Poultry Sci* PP 105-106.
- Vergara H., Callego L., (2000). Effect of electrical stunning on meat quality of lamb. *Meat Science* 56: 345-349.
- Vergara H., Linares M.B., Berruga M.I. Gallego L., (2005). Meat quality in scickling lambs : effect of pré-slaughter handling. *Meat Science* 69: 473-478.

W

- Warris, P. D., Brown S. N., (1987). The relationships between initial Ph, eflactance and exudation in pig muscle. *Meat Science* 20: 65-74
- Warriss, P. D., Knowles, T, G, Brown, S. N., Edwards, J. E., Ketlewell, P. J., Mitchell, M. A., Baxter C. A., (1999). Effects of Lairage Time on Body Temperature and Glycogen Reserves of Broiler Chickens Held in Transport Modules. *Vet. Rec.* 145 : pp 218-222.
- Weeks C. A., (2001). Temperature Stress in Poultry During Transport: Welfare issues and Solutions. *Bulletin d'information d'AWSELVA* Volume 5 No. 1 Eté 2001

Z

- Zanetti E., Masi A., Pivato M., Tolin S., Trentin A., (2013) A note on protein expression changes in chicken breast muscle in response to time in transit before slaughtering. *Proteome Sci* 11: 34.
- Zamora F., Debiton E., Lepetit J., (1996). Predicting variability of ageing and toughness in beef M. Longissimus lumborum et thoracis. *Meat Science* 43:321–33.
- Zamora F., Aubry L., Sayd T., (2005). Serine peptidase inhibitors, the best predictor of beef ageing amongst a large set of quantitative variables. *Meat Science* 71:730–42.

Zapata, I., Reddish J.M., MillerM.A., M. S. Lilburn M.S., Wick M., (2012). Comparative proteomic characterization of the sarcoplasmic proteins in the pectoralis major and supracoracoideus breast muscles in 2 chicken genotypes. *Poult. Sci.* 91:1654–1659.

Summary

Chicken production is the first among Algerian poultry production. However, pre-slaughter handlings were not standardized and changed according to technological, economic and religious factors. This leads to variability in animal's welfare and the meat quality. In this context was the objective of our work, which focuses on the study of the effect of pre-slaughter conditions on the well-being of broilers and relations with the quality of meat in Algeria.

Our approach consists of conducting a survey in eastern Algeria to highlight the different pre-slaughter conditions and techniques related to welfare of broiler chicken. In a second part, we have study the effect of these conditions in the one hand on the welfare of animals by measurement of blood cortisol and glycaemia and on the other hand on the quality parameters of meat. We have used technological parameters that are pH, water drip losses, transformation yield and depth penetration in cooked meats and processed meats. In addition, we have study one-dimensional profiles of sarcoplasmic and myofibrillar proteins and identification of proteins subject of variation.

Depending on the pre-slaughter conditions used in Algeria, we have identified three modes that the broiler can be processed to reach the consumers. Direct artisanal slaughter on the ground at the time of sale or animals, they are bled at request of consumer without previous manipulations; industrial slaughter in killings were animals after collection and transport undergo a hanging on the slaughter chain upside down and are bled in this position. Lastly, industrial slaughtering in slaughterhouses with more handlings of animals because after collection and transport, animals are hunged upside down and then cross the electronarcosis tray to be bled at the end.

Our results show that animals directly slaughtered were not stressed, while the others slaughtered after hanging, and those after hangings and electronarcosis were stressed, the latter two show no significant difference ($p < 0.05$) between them. Glucose and serum cortisol were positively correlated with pH_{30min}, water drip losses at thawing and negatively correlated with penetration depths in cooked and processed meats. Glycogen phosphorylase, pyruvate kinase, creatine kinase and glyceraldehyde phosphate dehydrogenase present very high levels ($p < 0.05$) in extracts obtained from meats of stressed chickens. Glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase and L-lactate dehydrogenase A were positively correlated with stressed animals whereas they showed a negative correlation with troponin C and the light chain regulating myosin 2.

Stressed animals had high values of serum glucose and cortisol. In addition, their meats have high values of pH_{30min}, cooking and thawing drip loss, Glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase and L-lactate dehydrogenase A concentrations; their processed meat was less tender.

Key words: Pre-slaughter conditions, broiler chicken, animal welfare, meat quality, Algeria.

ملخص

يتم إنتاج الجلوكوز في الكبد من خلال دورة حمض الستريك. يتم إنتاج الجلوكوز في الكبد من خلال دورة حمض الستريك. يتم إنتاج الجلوكوز في الكبد من خلال دورة حمض الستريك. يتم إنتاج الجلوكوز في الكبد من خلال دورة حمض الستريك. يتم إنتاج الجلوكوز في الكبد من خلال دورة حمض الستريك.

من أجل إنتاج الجلوكوز، يتم إنتاج الجلوكوز في الكبد من خلال دورة حمض الستريك. يتم إنتاج الجلوكوز في الكبد من خلال دورة حمض الستريك. يتم إنتاج الجلوكوز في الكبد من خلال دورة حمض الستريك. يتم إنتاج الجلوكوز في الكبد من خلال دورة حمض الستريك. يتم إنتاج الجلوكوز في الكبد من خلال دورة حمض الستريك.

تم إنتاج الجلوكوز في الكبد من خلال دورة حمض الستريك. يتم إنتاج الجلوكوز في الكبد من خلال دورة حمض الستريك. يتم إنتاج الجلوكوز في الكبد من خلال دورة حمض الستريك. يتم إنتاج الجلوكوز في الكبد من خلال دورة حمض الستريك. يتم إنتاج الجلوكوز في الكبد من خلال دورة حمض الستريك.

يتم إنتاج الجلوكوز في الكبد من خلال دورة حمض الستريك. يتم إنتاج الجلوكوز في الكبد من خلال دورة حمض الستريك. يتم إنتاج الجلوكوز في الكبد من خلال دورة حمض الستريك. يتم إنتاج الجلوكوز في الكبد من خلال دورة حمض الستريك. يتم إنتاج الجلوكوز في الكبد من خلال دورة حمض الستريك.

الكلمات المفتاحية: ظروف إنتاج الجلوكوز، إنتاج الجلوكوز، إنتاج الجلوكوز، إنتاج الجلوكوز، إنتاج الجلوكوز.

Résumé

La production de poulet occupe la première place des productions de volailles algériennes. Cependant, les conditions de traitement et d'abattage ne sont plus standardisées ce qui conduit à des variabilités du bien-être des animaux et la qualité des viandes. Dans ce contexte s'inscrit l'objectif de notre travail qui porte sur l'étude de l'effet du stress pré-abattage sur le bien-être du poulet de chair et relations avec la qualité des viandes en Algérie.

Notre démarche consiste en la réalisation d'une enquête visant à ressortir les conditions et techniques pré-abattage ayant relation avec le bien-être du poulet de chair. Dans un deuxième volet nous avons étudié l'effet de ces conditions sur le cortisol sanguin et la glycémie pour l'identification des manipulations stressantes au cours du procédé d'abattage. Un troisième volet vise la recherche de corrélations entre le stress des animaux et les paramètres de qualité technologiques qui sont le pH, les pertes en eau, le rendement de transformation et la profondeur de pénétration dans les viandes cuites et les viandes transformées en plus d'une étude des profils monodimensionnels des protéines sarcoplasmiques et myofibrillaires avec identification des protéines sujet de variation.

Selon les conditions pré-abattage utilisées, nous avons ressortie trois procédés dont le poulet peut être traité pour arriver au consommateur. L'abattage direct au sol au moment de la vente ou les animaux sont saignés à la demande du consommateur sans aucunes manipulations précédentes ; l'abattage industriel dans les tueries ou les animaux après ramassage et transport subissent un accrochage sur les chaînes d'abattage tête en bas et sont saignés. En dernier, l'abattage industriel dans les abattoirs ou après ramassage et transport, les animaux sont accrochés tête en bas puis traversent le bac d'électronarcose pour être saignés à la fin.

Nous résultats montrent que les animaux abattus directement ne sont plus stressés alors que les autres abattus après accrochage, et ceux après accrochage et électroanesthésie sont stressés, ces deux derniers ne présentent aucune différence significative ($p < 0.05$) entre eux. La glycémie et le cortisol sont positivement corrélés au pH_{30min}, les pertes en eau à la décongélation et négativement corrélés aux profondeurs de pénétration dans les viandes cuites et les viandes transformées.

La glycogène phosphorylase, la pyruvate kinase, la créatine kinase et la glycéraldéhyde phosphate déshydrogénase présentent des taux très importants ($p < 0.05$) dans les extraits issus des viandes de poulets stressés. La glycéraldéhyde-3-phosphate déshydrogénase et la L-lactate déshydrogénase A étaient positivement corrélées avec les animaux stressés alors qu'elles présentaient une corrélation négative avec la troponine C et la chaîne légère régulatrice de la myosine 2.

Les animaux stressés présentaient donc des valeurs élevées de glycémie et de cortisol sérique. De plus, leurs viandes présentent des valeurs élevées de pH_{30min} et des pertes à la cuisson, des concentrations en Glyceraldéhyde-3-phosphate déshydrogénase et en L-lactate déshydrogénase A; leurs viandes transformées sont moins tendres.

Mots clés : Conditions pré-abattage, poulet de chair, bien-être animal, qualité des viandes, Algérie.