



La viande de dromadaire, une viande du futur ?

Les atouts de la viande de dromadaire comme alternative à d'autres viandes rouges.

Mots-clés : Camelus dromedarius, dromadaire, développement durable, consommation

Auteurs : Djamel Djenane ¹

(1) Laboratoire de Qualité et Sécurité des Aliments. Université Mouloud MAMMERRI. B.P. 17, 15000 Tizi-Ouzou, Algérie.
Correspondance : djamal.djenane@ummto.dz

Considérée comme maigre, la viande de dromadaire répond à la forte tendance des "allégations santé", qui consiste à limiter la consommation de viandes rouges et de graisses animales. Le dromadaire est également susceptible, dans les régions arides, de produire des protéines animales à un coût comparativement faible.

Résumé :

Le dromadaire, également appelé chameau à une bosse ou chameau d'Arabie (*Camelus dromedarius*) a un comportement alimentaire particulier. En effet, sa physiologie digestive est entièrement orientée vers la valorisation des fourrages à faible valeur nutritionnelle. Le dromadaire est un animal polygastrique, mais il est souvent qualifié de "pseudo-ruminant". La viande de ce dernier est un aliment ethnique consommé dans les régions arides du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord. Face à son engouement pour sa réputation médicinale et nutritionnelle, la viande de dromadaire pourrait être une excellente option pour un approvisionnement mondial durable en viande rouge.

Abstract: Camel meat, a meat of the future?

The dromedary, also called one-humped camel or Arabian camel (*Camelus dromedarius*), has a particular feeding behavior. Indeed, its digestive physiology is entirely oriented towards the valorization of fodder with low nutritional value. The dromedary is a polygastric animal, but it is often qualified as "pseudo-ruminant". The meat of the latter is an ethnic food consumed in the arid regions of the Middle East and North Africa. Given its popularity for its medicinal and nutritional reputation, camel meat could be an excellent option for a sustainable global supply of red meat.

INTRODUCTION

L'insuffisance de la production animale que la plupart des régions arides ont connu ces dernières années est due à l'augmentation de la demande, au changement climatique et à la réduction des ressources alimentaires. Face à ces limites, l'élevage de dromadaire, bien que marginal, peut apporter un bénéfice au développement durable de ces régions arides.

L'élevage du chameau à une bosse (*Camelus dromedarius*) représente une activité importante dans les régions arides et semi-arides. La bonne adaptation de cette espèce aux conditions arides est due aux mécanismes physiologiques et métaboliques lui permettant de résister à des conditions de ressources pastorales de faible valeur nutritive, à des ressources hydriques rares et dispersées, à la chaleur et à la sécheresse. Le cheval est aussi fort et le chien aussi docile, mais pas forcément adaptés aux conditions désertiques. D'une part, c'est un animal multi-usages et d'autre part, c'est l'unique animal domestique de cette taille qui survit et se reproduit dans des conditions climatiques aussi difficiles qui ne sont pas propices à la survie d'autres espèces animales. La faible importance de la consommation de la viande de dromadaire est liée, d'une part à la variabilité de sa qualité organoleptique et d'autre part, au manque des conditions de stockage frigorifique dans les zones d'élevage en milieu aride. La viande de dromadaire est considérée comme très dure par rapport aux autres viandes. Cela est dû au fait que la viande de dromadaire est

souvent obtenue à partir d'animaux âgés. En fait, l'engouement actuel pour la consommation de la viande de dromadaire comme viande rouge repose en partie sur les vertus thérapeutiques ou médicinales qui lui sont attribuées (Sahraoui *et al.*, 2014 ; Abdelhadi *et al.*, 2017 ; Kadim & Sahi, 2018 ; Ayyash *et al.*, 2019 ; Popova *et al.*, 2021). Considérée comme maigre parce que le chameau accumule la grande partie de son gras dans la bosse, elle répond donc, à la forte tendance des "allégations santé", qui consiste à limiter la consommation de viandes rouges et de graisses animales. De plus, dans les régions arides, le dromadaire est susceptible de produire des protéines animales à un coût comparativement faible.

Aujourd'hui, des recherches multidisciplinaires sont menées dans de nombreux pays sur la viande de dromadaire pour l'adoption de systèmes de production efficaces, l'amélioration de sa transformation ainsi que sa commercialisation (Wu *et al.*, 2011 ; Djenane *et al.*, 2020 ; Gagaoua *et al.*, 2021 ; CACIA, 2022). Ainsi, le secteur camelin se trouve actuellement confronté aux défis de la compétitivité. Dans les régions arides, le contrôle vétérinaire est davantage axé sur le respect de la santé animale pour une consommation saine. Malgré les efforts déployés par les services vétérinaires pour garantir une viande saine, les conditions d'hygiène restent toujours insuffisantes (Djenane *et al.*, 2020 ; Yehia *et al.*, 2021).

I. PRESENTATION DE LA VIANDE DE DROMADAIRE

I.1. Nombre et répartition des dromadaires

Sans la présence des dromadaires, de nombreux endroits de la planète seraient inhabitables pour les humains. L'image du dromadaire représente un symbole de la survie de l'homme dans le désert, qui reste attaché à l'histoire des grandes civilisations nomades des régions arides. Bien que le dromadaire ne soit pas originaire d'Europe, ses squelettes ont été retrouvés sur plusieurs sites dans différentes provinces romaines, datant du début du 1er au 4ème siècle de notre ère (Sophie *et al.*, 2020). Évidemment, étroitement lié aux conquêtes, notamment celles de l'Islam lors de son expansion vers l'Afrique du Nord, le dromadaire a été présent dans le sud de l'Espagne et en Sicile (Italie) tout au long du Moyen Âge (Pigièrre *et al.*, 2012 ; Ataya *et al.*, 2014).

Le dromadaire étant un animal migrateur dont le système d'élevage dominant est marqué par la mobilité, le nombre de dromadaires n'est pas connu avec précision et souvent, les chiffres officiels ont été sous-estimés par rapport à la réalité. La population mondiale des dromadaires dépasse 35 millions de têtes, selon les dernières statistiques (Faye, 2020a). *Camelus dromedarius* est l'espèce de dromadaire domestique la plus fréquente et la plus répandue, représentant 90% de la population totale de

dromadaires, tandis que le chameau de Bactriane à deux bosses (*Camelus bactrianus*) représente le reste (10%). En outre, les chiffres de l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) ne tiennent pas compte des dromadaires australiens sauvages dont le nombre n'est pas connu avec précision (1 à 2 millions de têtes). Pour limiter l'impact sur l'écosystème global, les autorités australiennes ont procédé ces derniers temps à des campagnes d'abattage pour réduire le nombre des dromadaires sauvages (Djenane & Aider, 2022).

Les réseaux d'abattage jouent un rôle majeur dans le contrôle sanitaire, et une meilleure maîtrise des flux pour réguler le marché. Un nombre important de dromadaires sont abattus en dehors des réseaux de contrôle officiels, ce qui pourrait indiquer une sous-estimation de la production. Ce nombre est probablement sous-estimé, surtout dans les pays sahéliens et d'Afrique du Nord (Mauritanie, Mali, Niger, Tchad, Soudan, Ethiopie et Algérie). L'abattage illégal est souvent une pratique courante des bouchers occasionnels qui proposent à la vente des viandes non contrôlées et moins chères provenant d'animaux non enregistrés.

I.2. Terminologie et spécifications de la viande de dromadaire

Durant de longues années, la viande de dromadaire a été considérée comme un puissant marqueur des identités sociales, ethniques et religieuses. Si elle est interdite aux juifs, son statut reste certain aux yeux des musulmans

(Halal). Cependant, les terminologies et les aspects des spécifications de la viande de dromadaire sont considérés comme le futur outil de marketing et de commerce international de ce produit. S'inspirant des spécifications du

bœuf, l'Association de l'Industrie du Chameau du Centre de l'Australie, présente les spécifications de la viande de dromadaire sur son site Internet (CACIA, 2022), et certains auteurs ont affirmé que l'adoption de ces spécifications

facilite grandement le commerce international de la viande de dromadaire (Brisbane, 2021).

I.3. Perception par le consommateur de la viande de dromadaire

Bien que la viande de dromadaire soit consommée dans plusieurs régions, il existe des tabous dans certaines cultures et religions. Vu son indisponibilité, la viande de dromadaire n'est pas consommée dans la plupart des pays développés (Europe, États-Unis, Canada, Nouvelle-Zélande) à l'exception de l'Australie. Une analyse SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities et Threats en anglais ou Forces, Faiblesses, Possibilités et Menaces (FFPM) en français) a été menée. Les résultats de cette analyse ont montré que l'une des faiblesses identifiées est le manque de sensibilisation des consommateurs à la viande de dromadaire (Mbaga, 2013). En règle générale, les

consommateurs n'achètent pas un produit s'ils n'en ont pas déjà entendu parler. Par conséquent, la sensibilisation des consommateurs reste un facteur très important. Les consommateurs ont tendance à ne pas aimer la viande de dromadaire parce qu'ils associent la viande au dromadaire lui-même, et c'est souvent l'une des raisons de cette désapprobation. Dans ces conditions, l'idéal serait que les fabricants évitent d'utiliser des étiquettes promotionnelles montrant l'image du dromadaire lui-même. L'industrie australienne de la viande a réussi à promouvoir la viande de kangourou et des leçons peuvent être tirées des mêmes approches (Australian Government, 2020).

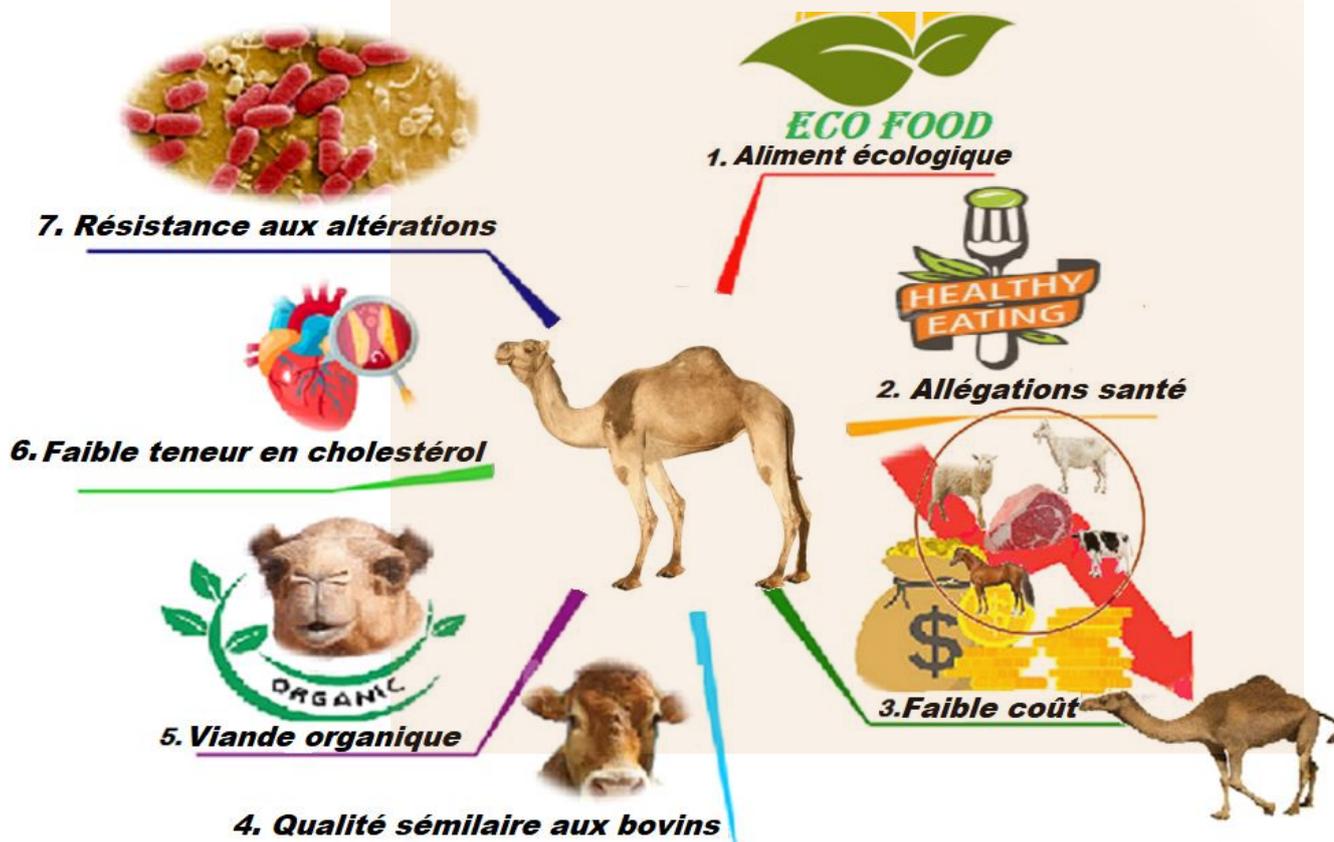
II. VIANDE DROMADAIRE ET NUTRITION

II.1. La viande de dromadaire comme substitut à d'autres viandes rouges

L'un des principaux défis pour la sécurité alimentaire mondiale est la forte demande de viande et produits carnés (National Research Council, 2015). En Afrique, au Moyen-Orient et dans certains pays asiatiques, notamment dans les régions arides et semi-arides, les dromadaires sont considérés comme une source majeure de protéines animales équivalente à celle d'autres protéines animales commercialement importantes. De plus, le prix de la viande

de dromadaire est souvent inférieur à celui des bovins et des ovins. Cela permet un accès aux protéines animales pour les populations souvent les plus défavorisées et assure à la viande de dromadaire une certaine compétitivité. Ainsi, le dromadaire à une bosse comme source de viande semble présenter une alternative viable aux autres gros animaux d'élevage (Figure 1).

Figure 1 : La viande cameline comme une alternative aux autres viandes rouges



Dans une étude récente, Brahimi *et al.* (2020) ont identifié les goulots d'étranglement invalidant la promotion de la consommation de viande de dromadaire dans la région saharienne algérienne. Ces auteurs ont également confirmé que la consommation de la viande de dromadaire est moins efficace même dans son fief. Comme toutes les familles algériennes musulmanes, celles des régions du sud du pays sacrifiaient le mouton lors de l'Aïd El-Adha (fête du sacrifice). Cependant, plusieurs d'entre elles se sont rabattues sur le sacrifice du dromadaire, appelé localement "El-Hachi" ou "El-Houar". Selon le Conseil de la Charia islamique, cet animal est éligible au sacrifice rituel, et le sacrifice ne peut être effectué que par sept (07) familles pour une (01) tête d'animal.

Les caractéristiques qualitatives générales de la viande de dromadaire sont très proches de celles de la viande

II.2. Une nécessaire lutte contre la fraude

Depuis le scandale de la viande de cheval, la sensibilisation à la fraude alimentaire a fortement augmenté. Cependant, avec une demande accrue de viande de dromadaire, les produits alimentaires issus de cette espèce sont susceptibles d'être victimes de fraudes alimentaires (Zhao *et al.*, 2020). Ces fraudes alimentaires peuvent être détectées de manière très spécifique et relativement

bovine. De plus, il est difficile pour un consommateur non averti de faire la différence (Suliman *et al.*, 2020). Au cours des dernières décennies, la consommation mondiale de viande de dromadaire a augmenté et les principaux "mangeurs de viande de dromadaire" avec plus de 3 kg/habitant/an se trouvent aux Émirats, en Mauritanie, en Mongolie, à Oman, en Somalie et au Sahara occidental (Faye & Bonnet, 2012). La teneur en cholestérol de la viande de dromadaire (50 mg/100 g) est inférieure à celle des autres animaux d'élevage (Raiymbek *et al.*, 2015). Il semble que la viande de dromadaire puisse être utilisée comme substitut de la viande de bœuf en raison de sa teneur réduite en cholestérol et constitue un argument commercial fort pour souligner le caractère sain de ce produit.

quantifiée grâce à la réaction en chaîne par polymérase (PCR) en temps réel et à l'immuno-essai à flux latéral (LFI) (permettant par exemple de déterminer le pourcentage de chaque espèce animale par rapport à la quantité totale de viande). Globalement, cette nouvelle méthode pourrait être idéale pour les laboratoires gouvernementaux afin de détecter ce type de fraude alimentaire.

III. VIANDE DE DROMADAIRE ET ENVIRONNEMENT LA PRODUCTION DE VIANDE DE DROMADAIRE EST-ELLE SANS DANGER POUR L'ENVIRONNEMENT ?

La demande croissante de viande ne peut pas être satisfaite par la seule production de viande conventionnelle, car 80% de toutes les terres arables sont déjà utilisées directement ou indirectement pour la production de bétail (Ritchie, 2017), ce qui n'est pas durable en l'état, en raison de son importante empreinte écologique. D'ici 2050, la population mondiale atteindra environ 10 milliards de personnes, selon un nouveau rapport publié par le Département des affaires économiques et sociales des Nations unies (United Nations, 2019a). Un grand défi pour les décideurs politiques vise à assurer la sécurité alimentaire sans compromettre les principaux piliers de la durabilité (United Nations, 2019b). Dans cette optique, le secteur camelin doit adopter des pratiques durables afin de devenir plus compétitif (Faye, 2013). Comparé à d'autres espèces comme les chèvres, les bovins et les moutons, le dromadaire est moins destructeur pour les pâturages fragiles. La viande de dromadaire est donc un aliment écologique. Les dromadaires ont également un taux de conversion alimentaire très efficace (Faye *et al.*, 2013a ; Abdelhadi *et al.*, 2017). De nos jours, les consommateurs, en particulier dans les civilisations riches, ont tendance à favoriser les produits qui sont respectueux de l'environnement (Hojnik *et al.*, 2019) ; par conséquent, c'est un attribut très important qui doit être promu en faveur de la viande de dromadaire.

Les dromadaires ne mangent que de petites quantités à la fois et sont considérés comme l'un des ruminants surpâturant moins, contrairement aux moutons et aux chèvres. Dépendant du système de production, la viande de dromadaire peut donc être produite de manière économique par rapport à d'autres viandes concurrentes (Abrahaley & Leta, 2018). Cependant, l'accouplement libre sur les

pâturages, le manque de contrôle sanitaire, la sécheresse et la détérioration du couvert végétal sont autant d'obstacles au développement optimal de l'élevage des dromadaires. Les camélidés, en tant que pseudo-ruminants, contribuent également aux émissions de gaz à effet de serre du fait de leur ration à base de fourrage grossier (Dittmann *et al.*, 2014). Cependant, l'intensification de la production caméline peut avoir des effets environnementaux comparables à ceux de l'élevage porcin et bovin, mais à un degré moindre (Zarrin *et al.*, 2020).

Selon FAOSTAT, la production mondiale de viande devrait doubler d'ici 2050, principalement en raison de l'augmentation de la production et de la consommation, ce qui risque d'aggraver la crise de l'eau douce à l'avenir. La teneur en eau virtuelle (TEV) pour la production de dromadaires est très peu étudiée (Faye 2020b). La quantification de la TEV pour la production de dromadaires joue un rôle important dans la compréhension des aspects de l'empreinte hydrique nationale (EH) dans les régions arides et est hautement nécessaire pour guider l'allocation de l'élevage et optimiser l'utilisation de l'eau (Qasemipour & Abbasi, 2019). Cependant, les changements actuels dans les pratiques d'élevage de dromadaire (le système bédouin basé sur la mobilité des dromadaires appelé H'mil vs. les systèmes semi ou intensifs basés sur l'intensification de la gestion) pourraient modifier cette conception. Selon Chowdhury *et al.* (2017), la TEV unitaire du dromadaire est 3,5 fois et 1,7 fois celle du mouton et de la vache, respectivement. Un kg de viande de vache et de dromadaire nécessite respectivement 14,6 et 19,7 kg d'alimentation. A ma connaissance, il n'existe pas de travaux sur l'empreinte carbone et sur la consommation d'eau nécessaires à la

production d'un kg de viande de dromadaire. Cependant, Faye (2013) a constaté que la consommation d'eau pour la production d'un litre de lait de chamelle était multipliée par

9 passant de 938 à 8601 litres d'eau par litre de lait produit. Toutefois, tous ces résultats restent à confirmer par d'autres études futures dans différentes régions arides et semi-arides.

IV. VIANDE DE DROMADAIRE ET ECONOMIE

IV.1. Le potentiel économique de la viande de dromadaire

Les professionnels de la viande considèrent le marché encore vierge du dromadaire comme une opportunité certaine de faire de bonnes affaires et de participer au développement de secteurs agricoles et agroalimentaires en pleine mutation. La viande de dromadaire a des coûts de production réduits car les dromadaires sont généralement élevés dans des régions arides. Dans ces environnements difficiles, les aliments de mauvaise qualité sont la seule source d'alimentation des dromadaires et ne sont pas utilisés par les autres espèces domestiques. Par conséquent, les dromadaires peuvent produire de la viande à un coût inférieur à celui des bovins, des chèvres et des moutons. La FAO prévoit que la production mondiale de viande fera plus que doubler, passant de 229 millions de tonnes en 1999 à 465 millions de tonnes en 2050 (FAOSTAT, 2015). La consommation moyenne de viande dans le monde en 2015

était de 42,14 kg par habitant et par an, tandis qu'en 2019 elle était de 43,16 kg par habitant et par an. Ainsi, l'augmentation de la consommation entre ces années était de 2,42%. Dans la consommation totale de viande, ont été ajoutés le bœuf, le mouton, le porc, la chèvre, la volaille puis les autres viandes (dromadaires, lapins...). Dans le même temps, la population mondiale devrait continuer à augmenter. Cela fera augmenter la consommation totale de viande dans le monde. Produire plus de viande pour répondre au problème de la croissance démographique signifie qu'il faudra produire plus d'aliments pour animaux, ce qui signifie également qu'il faudra plus de terres et d'eau. Sur la base de ces défis attendus, la viande de dromadaire est présentée comme un substitut potentiel aux autres viandes rouges car, entre autres, les dromadaires nécessitent moins de ressources en termes de terre et d'eau.

IV.2. Demande de viande de dromadaire sur les marchés d'exportation à forte valeur ajoutée

Les systèmes de commercialisation de la viande de dromadaire sont le plus souvent organisés sur une base informelle, entraînant une incapacité à apprécier l'importance de ces produits pour contribuer au développement du secteur camelin. Ce n'est pas parce qu'il s'agit souvent d'un commerce informel mais aussi par manque des décisions politiques conduisant à des systèmes de commercialisation organisés de façon officielle. Le lait de chamelle, en revanche, a été commercialisé et utilisé comme auxiliaire de transformation dans plusieurs pays européens. Cela a culminé en 2013 lorsque la Communauté Européenne (EU, 2013) a autorisé l'importation de lait de chamelle en provenance des Émirats Arabes Unis (EAU). Cette grande popularité du lait de chamelle est probablement due à la connaissance préalable de sa valeur nutritionnelle et de ses avantages pour la santé humaine par rapport au lait de vache, plus largement consommé (Zibae *et al.*, 2015).

Selon le Pew Research Center's Forum on Religion and Public Life (2021), la population musulmane mondiale

devrait augmenter d'environ 35% en 20 ans (2010-2030). D'ici 2030, la population musulmane mondiale devrait atteindre 2,2 milliards de personnes, contre 1,6 milliard en 2010. Cette augmentation considérable de la population de confession musulmane, associée à la récente augmentation de la popularité de la viande de dromadaire en Australie et en Chine (Wu *et al.*, 2011), crée un potentiel sans précédent pour la viande de dromadaire. Pour des raisons de commodité, les consommateurs demandent de plus en plus de viande prête à l'emploi. Cela a conduit à un développement spectaculaire des marchés de produits alimentaires prêts à cuire/prêts à consommer. Ces nouveaux produits ont donc un avantage concurrentiel. Malheureusement, l'industrie du dromadaire souffre d'un manque de modernisation qui se traduit par un manque d'accès aux nouveaux équipements de traitement et de conditionnement de la viande nécessaires à la production de morceaux dénudés.

IV.3. L'offre mondiale de viande de dromadaire

L'émergence de la mondialisation dans la plupart des pays en développement, ceux des régions arides et semi-arides sont à la croisée des chemins entre de nombreux choix stratégiques liés à la sécurité alimentaire (FAO, 2017). Cependant, face à une concurrence commerciale mondiale croissante, les pays arides et semi-arides doivent améliorer la qualité des viandes de dromadaire locales pour profiter d'une opportunité de mondialisation et promouvoir ces produits soit sur les marchés locaux, soit au niveau international. Cela ne peut se faire que si ces pays prennent en compte les contraintes réglementaires régionales et mondiales telles que les barrières sanitaires et techniques des accords commerciaux (WTO, 2021). Les produits du dromadaire dans leur diversité, y compris les produits biologiques et locaux, n'ont actuellement aucun nom

reconnu et aucune origine certifiée. Ce sont des produits difficilement reconnaissables et qui ne peuvent donc pas être exportés vers les marchés étrangers qui sont exigeants en termes de normes et de certification des produits susceptibles de franchir leurs frontières et d'apparaître sur les étagères de leurs marchés. En effet, l'application des bonnes pratiques de fabrication (BPF) et de l'analyse des risques et maîtrise des points critiques (HACCP) dans le secteur camelin en tant que mesures obligatoires doit améliorer considérablement la sécurité et la qualité des produits, et par conséquent, leur accès aux marchés européens et américains. La maîtrise de la filière d'abattage dans les pays producteurs constitue un défi pour les pouvoirs publics, qui doivent augmenter le nombre d'abattoirs équipés sur l'ensemble de leurs territoires.

Néanmoins, les abattoirs de service sont très anciens et manquent d'installations pour l'abattage et l'habillage hygiénique des dromadaires (Djenane *et al.*, 2020). Ils ne disposent pas de chambres froides ni de technologies de conditionnement ou de traitement des effluents. Cela

conduit inévitablement à une mauvaise utilisation des sous-produits animaux et à une mauvaise élimination des déchets d'abattoir, entraînant une pollution de l'environnement.

IV.4. Exigences de traçabilité et certification Halal

Les exigences de traçabilité sur le marché de l'exportation constituent l'un des défis majeurs de l'industrie de la viande de dromadaire. Aujourd'hui, la sécurité alimentaire est une préoccupation mondiale en raison d'un certain nombre de scandales (Wambui *et al.*, 2017). Les conditions d'élevage dans les systèmes intensifs entraînent une transmission croisée entre les animaux. Depuis les crises vécues par le secteur de la viande liées à la peste porcine africaine, à la grippe aviaire chez les volailles, à l'encéphalopathie spongiforme bovine (ESB), à la fièvre aphteuse chez les animaux d'élevage, à la dioxine et à des micro-organismes tels que *Campylobacter*, *Clostridium*, *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Listeria*, *Norovirus*, toutes les législations accordent une importance significative à :

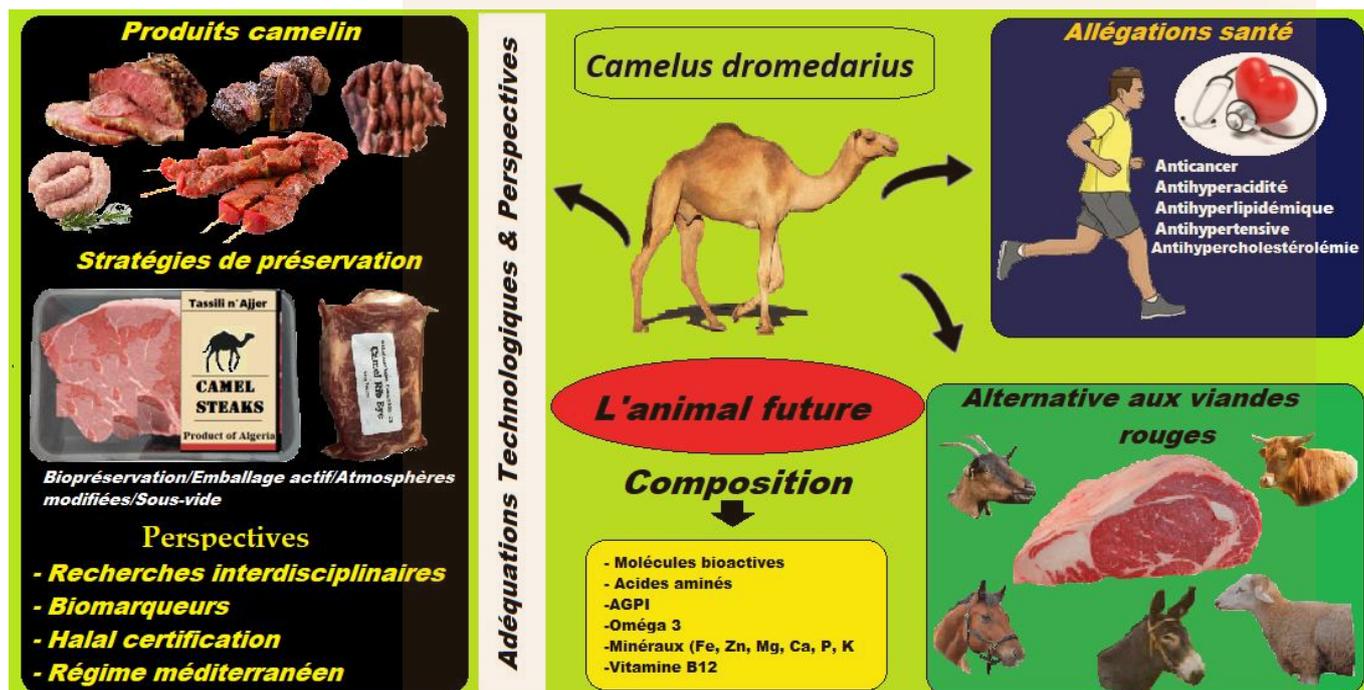
- L'identification et la traçabilité de la viande et des produits carnés.

- La mise en place d'un système d'autocontrôle et de localisation dans le circuit d'approvisionnement à son origine (Espinosa *et al.*, 2020).

Grâce à des technologies de transformation bien ciblées et à des informations sur les caractéristiques de qualité de la viande provenant de différents muscles, le secteur de la viande de dromadaire peut développer un système de commercialisation efficace basé sur des morceaux plus attrayants et présentant de meilleures caractéristiques de qualité (Kadim *et al.*, 2013 ; Faye *et al.*, 2013b). Le manque parfois de services sanitaires publics spécialisés pour les camélidés, associés aux difficultés pour les vétérinaires non spécialisés d'atteindre les zones éloignées, et l'absence d'éleveurs coopératifs conduisent à une incidence élevée de

gaspillage fœtal dû à l'abattage des ♀ pré-génitrices. L'absence de système d'identification et de traçabilité spécifique et fiable ; il est également difficile d'enregistrer les troupeaux en raison de manque des décisions politiques conduisant à un système d'identification national. Le monde musulman est le marché le plus important pour la viande de dromadaire. Par conséquent, l'absence de certification Halal (permis d'utilisation selon la loi islamique : Shari'a) est une sérieuse faiblesse. Il convient également de noter que le marché mondial de la viande de dromadaire est étroitement lié au monde arabo-musulman et que, par conséquent, la viande disponible sur les marchés doit être Halal. Cela limite de fait le flux de produits provenant de pays qui ne peuvent pas délivrer de certification Halal. L'adultération des produits carnés avec d'autres espèces de viandes moins chères et d'origine différente pendant leur préparation est une pratique courante dans le monde entier (Abdallah *et al.*, 2021). L'adultération et le mauvais étiquetage de la viande soulèvent de nombreuses préoccupations économiques, sanitaires et religieuses. La fraude à la viande de cheval de 2013 est un exemple de fraude alimentaire perpétrée à travers l'Europe en faisant passer de la viande de cheval pour du bœuf (Scarano & Rao, 2014). Dans ce contexte, la détection des espèces animales dans les produits carnés répond essentiellement à des exigences religieuses et concurrentielles (Zhao *et al.*, 2020), et permet l'application de la législation sur l'étiquetage et la prévention de la concurrence déloyale dans le secteur de la viande.

Figure 2 : Les perspectives d'avenir de la viande cameline



IV.5. Préservation et technologies d'emballage

L'évolution des points de vente modernes avec un meilleur emballage, un meilleur étiquetage et de meilleures installations de chaîne du froid permettra de remédier aux inconvénients de la situation actuelle dans le secteur de la viande de dromadaire. En ce qui concerne les technologies d'emballage, très peu de données sont disponibles sur l'application des techniques innovatrices (Tableau 1). La détérioration de la qualité de la viande au cours de l'entreposage peut se traduire par une décoloration, le développement d'une saveur et d'une odeur désagréables, une perte de nutriments, des changements de texture, et peut même devenir dangereuse pour les consommateurs. Au cours de la dernière décennie, les stratégies de commercialisation de la viande fraîche ont

considérablement changé dans le monde entier. De même, l'oxydation et la photo-oxydation de la viande vendue au détail/en rayon influencent non seulement la qualité gustative du produit, mais ont également des effets néfastes sur la santé des consommateurs en raison de la formation de substances cancérigènes. Cependant, en raison de la demande croissante de viandes fraîches et prêtes à l'emploi, un besoin est apparu pour des techniques de conservation adéquates afin de maintenir la qualité et la sécurité de ces produits. Ces techniques comprennent le stockage réfrigéré, le conditionnement sous vide (SV) et sous atmosphère modifiée (AM), la biopréservation, le conditionnement actif et biodégradable, les nanotechnologies et leurs combinaisons.

Tableau 1 : Les travaux récents (2015-2022) sur la conservation de la viande cameline

Références	Produit	Résultats/Conclusions
Osaili <i>et al.</i> (2020)	Viande fraîche hachée de dromadaire	L'utilisation de températures abusives pour conserver les viandes est courante dans les pays arides. À 4 °C, le nombre d' <i>Esherichia coli</i> O157:H7 et de <i>Salmonella</i> spp. a considérablement diminué dans les échantillons de viande hachée fraîche de dromadaire. En revanche, les échantillons stockés à 10°C ont montré une augmentation significative des populations microbiennes. Ces résultats peuvent être un outil pour aider à améliorer la sécurité du produit pendant le stockage.
Osaili <i>et al.</i> (2021)	Viande de dromadaire marinée emballée.	L'utilisation de la méthode combinée d'emballage sous vide (VP) avec des huiles essentielles et leurs composants (carvacrol, cinnamaldéhyde et thymol) pourrait augmenter la stabilité microbienne de la viande de dromadaire marinée pendant le stockage, même à température abusive (10 °C).
Djenane <i>et al.</i> (2020)	Steaks de dromadaire frais emballés	Une atmosphère hautement oxygénée (80% O ₂) combinée à un traitement à l'extrait de feuille <i>Olea europaea</i> Subsp. <i>Laperrinei</i> et à la nisine constitue une stratégie pertinente pour améliorer la durée de conservation de la viande de dromadaire emballée à 1 ± 1 °C.
Khezrian & Shahbazi (2018)	Viande hachée de dromadaire emballée	Pour le souci environnemental, des films biodégradables actifs sont utilisées pour conserver la viande de dromadaire hachée pendant le stockage.
Maqsood <i>et al.</i> (2015)	Viande fraîche de dromadaire	Des extraits phénoliques ont été utilisés pour améliorer la stabilité oxydative de la viande de dromadaire durant le stockage sans préjudice sur les caractéristiques sensorielle du produit.
Yehia <i>et al.</i> (2021)	Viande de dromadaire fraîche sous vide	Les biopréservateurs naturels (Citrox + chitosan) constituent une stratégie pertinente pour le contrôle de <i>Campylobacter jejuni</i> chez la viande de dromadaire emballée sous vide à 4 et 10 °C pendant 1 mois.
Shahbazi <i>et al.</i> (2018)	Viande de dromadaire hachée crue	L'huile essentielle de menthe (<i>Mentha spicata</i>) a été utilisée comme moyen de conservation pour remplacer les conservateurs synthétiques dans la viande de dromadaire hachée.
Ansarian <i>et al.</i> (2022)	Film à base de nanoémulsion et viande hachée de dromadaire	La viande hachée de dromadaire emballée sous un film à base de nanoémulsion contenant des huiles essentielles a montré des meilleures stabilités oxydatives et durées de conservation.
Hai <i>et al.</i> (2020)	Authentification de la viande de dromadaire	Le test PCR en temps réel triplex s'est révélé être une technique spécifique, sensible et efficace pour l'identification de l'ADN de dromadaire et d'autres espèces dans les denrées alimentaires. Cette nouvelle méthode pourrait être idéale pour les laboratoires gouvernementaux afin de détecter ce type de fraude alimentaire
Husain <i>et al.</i> (2021)	Formation de biofilm chez la viande de dromadaire	La viande de dromadaire peut héberger des biofilms formés par le genre <i>Pseudomonas</i> spp. produisant des enzymes métallo-β-lactamase (MβL). L'effet de la flavone naringine sur la formation de biofilms produits par <i>Pseudomonas</i> spp. a été déterminé. La naringine a réduit de manière significative la formation de biofilms (57% de réduction). Ainsi, il est

		envisagé que la naringine puisse être utilisée comme un conservateur alimentaire naturel contre la formation de biofilms dans l'industrie de la viande.
Khan <i>et al.</i> (2021)	Viande de dromadaire marinée et amines hétérocycliques	Une marinade ≥ 6 h a provoqué une réduction totale des amines hétérocycliques (HCA) dans la viande cameline.
Gagaoua <i>et al.</i> (2021)	Viande dure de dromadaire et agents attendrissants	Les protéases végétales ont été utilisées de manière durable pour améliorer la texture de la viande issue des animaux âgés.
Maqsood <i>et al.</i> (2016)	Viande de dromadaire emballée sous vide	L'emballage sous vide est efficace pour retarder l'oxydation des lipides, la croissance microbienne et la dégradation des protéines, ainsi que pour maintenir la qualité sensorielle de la viande de dromadaire fraîche.

IV.6. Recommandations

Une alternative valable au bœuf et aux autres viandes rouges pourrait être la viande de dromadaire. Les pays sahéliens, d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient en sont les plus grands producteurs. Les propriétés nutritionnelles élevées de la viande de dromadaire permettraient de l'inclure dans le régime méditerranéen afin de l'adapter aux besoins et aux conditions de la population. Les consommateurs non avertis ont tendance à ne pas apprécier la viande de dromadaire car ils associent la viande de ce dernier à l'animal lui-même, et c'est souvent l'une des raisons de cette désapprobation. Diverses recherches ont cependant établi qu'il est généralement admis que les

animaux plus jeunes produisent une viande plus tendre que les animaux plus âgés. L'âge est donc un facteur important pour déterminer la qualité de la viande de dromadaire. Il existe des opportunités potentielles pour l'industrie de la viande de dromadaire grâce au développement de la marque "dromadaire". Les recherches futures sur le dromadaire devraient se concentrer sur l'exploitation de son potentiel en matière de viande de la même manière que pour les produits laitiers, par le biais de recherches interdisciplinaires sur les systèmes de production efficaces, l'amélioration de la technologie de la viande et la commercialisation.

CONCLUSIONS

Alors, le dromadaire l'animal du futur ? Sans aucun doute, le dromadaire peut être un outil pour lutter contre les défis futurs du changement climatique et leurs conséquences sur la planète. En raison de ses avantages médicaux et nutritionnels, la viande de dromadaire peut constituer une excellente option pour un approvisionnement mondial durable en viande, ce qui représente un argument commercial fort pour confirmer la nature saine de ce produit. Les connaissances sur les dromadaires étaient traditionnellement limitées à des zones géographiques restreintes, en particulier le Moyen-Orient, l'Asie et l'Afrique du Nord, mais l'utilisation des produits du dromadaire comme nutriment et pour ses avantages pour la santé est maintenant connue dans le monde entier. Du point de vue de la rentabilité économique, la viande de

dromadaire présente un avantage concurrentiel par rapport aux autres viandes en raison des faibles coûts de production. Il est également intéressant d'attirer l'attention des chercheurs des pays arides et semi-arides ainsi que des parties prenantes, y compris les décideurs de ces pays, sur l'urgence d'évaluer ou d'identifier les risques pour la santé associée à la consommation de produits de dromadaire et de prendre les mesures nécessaires pour réduire ces risques. La dynamique des maladies infectieuses chez les dromadaires est très variable. Les laboratoires vétérinaires doivent être dotés d'outils de diagnostic précis afin de détecter à un stade précoce les animaux infectés qui représentent des réservoirs potentiels d'infection et surtout pendant les saisons où les vecteurs sont abondants.

Références bibliographiques :

- Abdallah A., Rahem M.A., Pasqualone A. (2021). The multiplicity of halal standards: a case study of application to slaughterhouses. *Journal of Ethnic Foods*, 8, 7.
- Abdelhadi O.M.A., Babiker S.A., Bauchart D., Listrat A., Remond D., Hocquette J.F., Faye B. (2017). Effect of gender on quality and nutritive value of dromedary camel (*Camelus dromedarius*) *Longissimus lumborum* muscle. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 16, 242–249.
- Abrhaley A., Leta S. (2018). Medicinal value of camel milk and meat. *Journal of Applied Animal Research*, 46, 552–558.
- Ansarian E., Aminzare M., Azar H.H., Mehrasbi M.R., Bimakr M. (2022). Nanoemulsion-based basil seed gum edible film containing resveratrol and clove essential oil: In vitro antioxidant properties and its effect on oxidative stability and sensory characteristic of camel meat during refrigeration storage. *Meat Science*, 185, 108716.
- Ataya F.S., Al-Jafari A.A., Daoud M.S., Abdulaziz Al-Hazzani A., Ibrahim Shehata A., Saeed H.M., Fouad D. (2014). Genomics, phylogeny and in silico analysis of mitochondrial glutathione S-transferase-kappa from the camel *Camelus dromedarius*. *Research in Veterinary Science*, 97, 46–54.
- Australian Government (2020). "Exporting kangaroo meat". Department of agriculture, water and the environment. <https://www.awe.gov.au/biosecurity-trade/export/controlled-goods/kangaroo>.

Ayyash M., Liu S-Q., Al Mheiri A., Aldhaheiri M., Raeisi B., Al-Nabulsi A., Osaili T., Olaimat A. (2019). In vitro investigation of health-promoting benefits of fermented camel sausage by novel probiotic *Lactobacillus plantarum*: A comparative study with beef sausages. *LWT - Food Science and Technology*, 99, 346–354.

Brahimi Z., Senoussi A., Faye B. (2020). Camel meat marketing and camel meat market place in the Algerian northern Sahara-case of the region of Souf. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 32, 319–327.

Brisbane L. (2021). Australian Camel Industry, Conference Paper, viewed 27 December 2021, <https://www.nintione.com.au/?p=4966>.

CACIA: The Central Australian Camel Industry Association Inc., <http://www.australiancamelindustry.com.au/> (accessed 27 March 2022).

Chowdhury S., Omar Ouda K.M., Papadopoulou M.P. (2017). Virtual water content for meat and egg production through livestock farming in Saudi Arabia. *Applied Water Science*, 7, 4691–4703.

Commission Implementing Regulation (EU) No 300/2013 of 27 March 2013 amending Regulation (EU) No 605/2010 laying down animal and public health and veterinary certification conditions for the introduction into the European Union of raw milk and dairy products intended for human consumption.

Dittmann M.T., Runge U., Lang R.A., Moser D., Galeffi C., Kreuzer M., Clauss M. (2014). Methane emission by camelids. *PLoS one*, 9, e94363.

Djenane D., Aboudaou M., Djenane F., García-Gonzalo D., Pagán R. (2020). Improvement of the shelf-life status of modified Atmosphere packaged camel meat using nisin and *Olea europaea* Subsp. *laperrinei* leaf extract. *Foods*, 9, 1336.

Djenane D., Aider M. (2022). The one-humped camel: The animal of future, potential alternative red meat, technological suitability and future perspectives. *F1000Research*, 11, 1085.

Espinosa R., Tago D., Treich N. (2020). Infectious diseases and meat production. *Environmental and Resource Economics*, 76, 1019–1044.

FAO. (2017). The future of food and agriculture – Trends and challenges, Rome (Italy).

FAOSTAT (2015). Food and agriculture organization of the united Nations: Statistics division. Retrieved April 1, from <http://faostat3.fao.org>. (Accessed on 22 December 2021).

Faye B., Bonnet P. (2012). Camel sciences and economy in the world: Current situation and perspectives. In: Johnson, E.H.; et al.; Eds.; Third Proceeding ISOCARD Conference, Muscat, Sultanate of Oman, 2–15. Sultanate of Oman.

Faye B. (2013). Camel farming sustainability: The challenges of the camel farming system in the XXIth Century. *Journal of Sustainable Development*, 6, 74–82.

Faye B., Abdelhadi O., Raiymbek G., Kadim I. (2013a). Filière viande de chameau et critères de qualité. *Viandes & Produits Carnés*, VPC-2013-29-6-2.

Faye B., Abdelhadi, O. Raiymbek, G. Kadim, I. Hocquette J.-F. (2013b). La production de viande de chameau : état des connaissances, situation actuelle et perspectives. *INRA Production Animale*, 26 (3), 289-300.

Faye, B. (2020a). How many large camelids in the world? A synthetic analysis of the world camel demographic changes. *Pastoralism*, 10, 25.

Faye B. (2020b). Interaction between camel farming and environment (chapter 17). In: “Handbook of research on health and environmental benefits of camel products”, AlHaj O., Faye B., Agrawal R.D., (Eds), IGI Global, Hershey, USA, 363-378.

Gagaoua M., Dib A.L., Lamri M., Lakhdara N. (2021). Artificial tenderization of camel meat using Algerian endemic plant proteases (ficin, capparin and calotropain) recovered using Three Phase Partitioning system: a sustainable development example. Book Abstract of the 67th International Congress of Meat Science and Technology Kraków, August 23–27.

Hai X., Liu G-Q., Luo J-X., Guo Y-S., Qian J-P., Ya M., Guo L. (2020). Triplex real-time PCR assay for the authentication of camel-derived dairy and meat products. *Journal of Dairy Science*, 103, 9841-9850.

Hojnik J., Ruzzier M., Konečnik Ruzzier M. (2019). Transition towards sustainability: Adoption of eco-products among consumers. *Sustainability*, 11, 4308.

Husain F.M., Perveen K., Abul Qais F., Ahmad I., Alfarhan A.H., El-Sheikh Mohamed A.N. (2021). Inhibits the biofilms of metallo- β -lactamases (M β LS) producing *Pseudomonas* species isolated from camel meat. *Saudi Journal of Biological Science*, 28, 333-341.

Kadim I.T., Al-Karousi A., Mahgoub O., Al-Marzooqi W., Khalaf S.K., Al-Maqbali R.S., Al-Sinan S.S.H., Raiymbek G. (2013). Chemical composition, quality and histochemical characteristics of individual dromedary camel (*Camelus dromedarius*) muscles. *Meat Science*, 93, 564–571.

Kadim I.T., Sahi A.B.A. (2018). Health aspects of camel meat: a review of literature. *Advances in Animal Veterinary Science*, 6, 271–272.

Khan M.R., Busquets R., Azam M. (2021). Blueberry, raspberry, and strawberry extracts reduce the formation of carcinogenic heterocyclic amines in fried camel, beef and chicken meats. *Food Control*, 123, 107852.

Khezrian A., Shahbazi Y. (2018). Application of nanocomposite chitosan and carboxymethyl cellulose films containing natural preservative compounds in minced camel's meat. *International Journal of Biological Macromolecules*, 106, 1146–1158.

Maqsood S., Abushelaibi A., Manheem K., Al Rashedi A., Kadim I.T. (2015). Lipid oxidation, protein degradation, microbial and sensorial quality of camel meat as influenced by phenolic compounds. *LWT- Food Science and Technology*, 63, 953–959.

Maqsood S., Ahmed Al-Haddad N., Mudgil P. (2016). Vacuum packaging as an effective strategy to retard off-odour development, microbial spoilage, protein degradation and retain sensory quality of camel meat. *LWT - Food Science and Technology*, 72, 55–62.

Mbaga, M. (2013). “The economic potential of camel meat”. In “Camel meat and meat products”, Editor(s): Kadim, I.T.; Mahgoub, O.; Faye, B.; Farouk, M.M.; edition: Wallingford, Oxfordshire, UK; Cambridge, MA: CABI©.

National Research Council (2015). Critical Role of Animal Science Research in Food Security and Sustainability. Washington (DC): National Academies Press (US); 2015 Mar 31. 2, Global Food Security Challenge: Sustainability Considerations. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK285718/>.

Osaili T.M., Al-Nabulsi A.A., Dhanasekaran D.K., Hasan F., Rao S., Fatima H., Ayyash M., Holley R., Obaid R.S. (2020). Growth behaviour and thermal inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* spp. in ground lean camel meat. *International Journal of Food Microbiology*, 316, 108423.

Osaili T.M., Hasan F., Al-Nabulsi A.A., Dhanasekaran D.K., Obaid R.S., Hashim M.S., Radwan H.M., Cheikh Ismail L., Hasan H., Faris M.A.-I.E., Naja F., Savvaidis I.N., Olaimat A.N., Ayyash M., Holley R. (2021). Effect of essential oils and vacuum packaging on spoilage-causing microorganisms of marinated camel meat during storage. *Foods*, 10, 2980.

Pigièrre F., Henrotay D. (2012). Camels in the northern provinces of the Roman Empire. *Journal of Archaeological Science*, 39, 1531–1539.

Popova T., Tejada L., Penarrieta J.M., Smith M.A., Bush R.D., Hopkins D.L. (2021). Meat of South American camelids - Sensory quality and nutritional composition. *Meat Science*, 171, 108285.

P.R.C.F.R. & P.L. (2021). Pew Research Center's Forum on Religion and Public Life. <https://www.pewresearch.org/search/the+world%E2%80%99s+Muslim+population> (accessed website on 29.12.2021)

- Qasemipour E., Abbasi A. (2019). Virtual Water Flow and Water Footprint Assessment of an Arid Region: A Case Study of South Khorasan Province, Iran. *Water*, 11, 1755.
- Raiymbek G., Kadim I., Konuspayeva G., Mahgoub O., Serikbayeva A., Faye B. (2015). Discriminant amino-acid components of Bactrian (*Camelus bactrianus*) and Dromedary (*Camelus dromedarius*) meat. *Journal of Food Composition and Analysis*, 41, 194–200.
- Ritchie H. (2017). OurWorldinData.org. UN Food and agriculture organization.
- Sahraoui N., Dotreppe O., Errahmani M.B., Boudjenah S., Baaissa B., Guetarni D., Hornick J-L. (2014). Caractérisation des acides gras de la viande cameline en Algérie. *Cahiers de la Nutrition & Diététique*, 49, 231–234.
- Scarano D. Rao R. (2014). DNA markers for food products authentication. *Diversity*, 6, 579–596.
- Shahbazi Y., Karami N., Shavisi N. (2018). Effect of *Mentha spicata* essential oil on chemical, microbial, and sensory properties of minced camel meat during refrigerated storage. *Journal of Food Safety*, 38, e12375.
- Sophie G.H., De Cupere B., Dövenner F., Pucher E., Bocherens H. (2020). Mobility and origin of camels in the Roman Empire through serial stable carbon and oxygen isotope variations in tooth enamel. *Quaternary International*, 557, 80–91.
- Suliman G.M., Al-Owaimer A.N., Hussein E., Abulfatah K., Othman M.B. (2020). Meat quality characteristics of the Arabian camel (*Camelus dromedarius*) at different ages and post-mortem ageing periods. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 33, 1332–1338.
- United Nations Department of Economic and Social Affairs Population Division. (2019a). *World Population Prospects. Highlights*; United Nations: New York, NY, USA, 2019a (accessed on 22 December 2021).
- United Nations (2019b). *The Sustainable Development Goals Report*; United Nations: New York, NY, USA (accessed on 22 December 2021).
- Wambui J., Karuri E., Lamuka P., Matofari J. (2017). Good hygiene practices among meat handlers in small and medium enterprise slaughterhouses in Kenya. *Food Control*, 81, 34–39.
- WTO. (2021). World Trade Organization. *World Trade Report 2021. Economic resilience and trade*.
- Wu D., Chan C-H., Deng C. (2011). Australian camel meat: China market. RIRDC publication No.11/110, 2011. Australian Government. Rural Industries Research and Development Corporation.
- Yehia H.M., Al-Masoud A.H., Elkhadragey M.F., Korany S.M., Nada H.M.S., Albaridi N.A., Alzahrani A.A., AL-Dagal M.M. (2021). Improving the quality and safety of fresh camel meat contaminated with *Campylobacter jejuni* using citrox, chitosan, and vacuum packaging to extend shelf life. *Animals*, 11, 1152.
- Zarrin M., Riveros J.L., Ahmadpour A., de Almeida A.M., Konuspayeva G., VargasBello-Pérez E., Faye B., Hernández-Castellano L.E. (2020). Camelids: new players in the international animal production context. *Tropical Animal Health and Production*, 52, 903–913.
- Zhao L., Hu Y., Liu W., Wu H., Xiao J., Zhang C., Zhang H., Zhang X., Liu J., Lu X., Zheng W. (2020). Identification of camel species in food products by a polymerase chain reaction-lateral flow immunoassay. *Food Chemistry*, 319, 126538.
- Zibae S., Hosseini S.M., Yousefi M., Taghipour A., Kiani M.A., Noras M.R. (2015). Nutritional and therapeutic characteristics of camel milk in children: A Systematic Review. *Electronics Physics*, 7, 1523–1528.