

Projet de thèse

Conception d'un modèle d'optimisation multi-objectifs permettant de piloter les liens entre les pratiques d'élevage et la qualité des viandes bovines

Contact : marie-pierre.ellies@agro-bordeaux.fr
Ou marie-pierre.ellies@inrae.fr

06 85 62 19 49

AVANT-PROPOS

L'élevage, notamment intensif, est très attaqué aujourd'hui pour des raisons allant de préoccupations environnementales à des inquiétudes en matière de bien-être animal en passant par le souci de la santé des Hommes. Si tout ceci est bien entendu légitime, il est important de considérer que l'élevage apporte aussi de nombreux et très importants services économiques, sociaux, culturels et environnementaux beaucoup moins connus et moins médiatisés que ses impacts négatifs.

Dans ce contexte, il s'avère important de proposer des pistes de progrès notamment pour mieux respecter l'environnement et les animaux et de privilégier une nouvelle vision de l'élevage, mettant en avant l'ensemble des services rendus (économiques, sociaux, culturels et environnementaux).

Cette vision est basée sur l'agroécologie qui est une conception des systèmes de production qui s'appuient sur les écosystèmes. Son objectif est de diminuer les pressions sur l'environnement (ex : réduire les émissions de gaz à effet de serre, etc) et de préserver les ressources naturelles. Il s'agit d'utiliser au maximum la nature pour produire mieux en s'appuyant sur ses capacités de renouvellement.

Il nous faut donc repenser la place et le rôle de l'élevage dans les systèmes alimentaires en recouplant les productions végétales et animales car cela ouvre de nouvelles perspectives de progrès : (i) augmentation de l'efficacité productive des troupeaux, (ii) substitution d'intrants par des alternatives à moindre impact environnemental, (iii) développement de pratiques agroécologiques et d'économie circulaire, (iv) développement de systèmes d'élevage respectueux de l'animal. Ce type d'agriculture économe en ressources non renouvelables vise à éliminer les pertes et gaspillages en recyclant les biomasses. Il produit une alimentation saine d'un point de vue sanitaire et à un prix abordable ainsi que d'autres biens et services reconnus par la société (stockage de carbone dans le sol, préservation de la biodiversité, et entretien des paysages, production d'énergie, etc.).

Dans ce cadre, l'élevage joue un rôle central en valorisant des flux de biomasses végétales non consommables par l'homme qui servent à la production des aliments à haute valeur nutritionnelle et en entretenant le sol par une gestion appropriée des effluents et de la prairie.

Le recyclage des biomasses et la complémentarité des productions peut se faire au niveau d'une exploitation agricole ou plus largement entre exploitations au niveau des territoires.

Afin de répondre au triple objectif de nourrir l'humanité tout en préservant les animaux et l'environnement, différentes voies de progrès nous semblent à privilégier :

- Accroître l'efficacité des troupeaux en utilisant des aliments alternatifs.
- Substituer des intrants à faibles impacts à des intrants à impacts élevés.
- Reconcevoir les systèmes pour tirer parti du re-couplage élevage et production végétale.

- Améliorer le bien-être et la santé des troupeaux.

CONTEXTE

La production alimentaire est responsable de 21 à 37 % des gaz à effet de serre au niveau mondial (Mbow et al., 2019) et l'élevage en est un contributeur majeur (Peyraud, 2020). Les effets négatifs de l'agriculture sur l'eau et le sol sont tout aussi préoccupants : le rétablissement de la qualité de l'eau étant loin d'être atteint (Leip et al., 2015) malgré les efforts consentis. Les pertes de carbone du sol résultant de la conversion des prairies et des forêts en terres cultivées sont importantes (EEA, 2019). Ces problèmes environnementaux sont doublés par les impacts sur la santé dont l'exposition à l'antibiorésistance, aux pesticides (Moisan et al., 2015) et à la pollution de l'air par l'ammoniac et les microparticules (Leip et al., 2015). Dans ce contexte, les consommateurs européens sont de plus en plus sensibles au mode de production de leur alimentation (Marette, 2020).

En ce qui concerne les produits d'origine animale, les interrogations concernent l'impact environnemental de l'élevage (Peyraud, 2020), l'effet de la consommation de produits animaux sur la santé (Lecerf, 2020), les risques sanitaires (Trégaro and Angot, 2020) et les conditions d'élevage des animaux et de leur bien-être (de Boyer des Roches et al., 2020).

Une majorité de consommateurs se déclare prête à réduire sa consommation de viande (Vanhonaker et al., 2013). De son côté, l'OMS propose un équilibre 50/50 entre les protéines animales et végétales pour une alimentation saine tandis que nos régimes occidentaux actuels sont proches d'un ratio 65/35.

La consommation de produits carnés par habitant pourrait donc continuer à diminuer dans les prochaines années, mais l'ampleur du phénomène reste difficile à prévoir sans une connaissance précise des attitudes de consommation, notamment des différences intergénérationnelles, de la stratification de la consommation au sein d'une population et des moteurs culturels des changements alimentaires.

Aujourd'hui, les consommateurs prennent leur repas de moins en moins souvent à leur domicile et cherchent souvent des produits pratiques et rapides à préparer. C'est ainsi que les achats des ménages sont majoritairement orientés vers les viandes hachées, à griller ou à rôtir, au détriment des viandes à bouillir ou à braiser (Ellies-Oury et al., 2019a; Hocquette et al., 2018). En parallèle, les consommateurs sont de plus en plus soucieux de la valeur santé des produits qu'ils consomment, et les viandes n'échappent pas à ces nouvelles attentes (Benjamin and Spener, 2009; Field et al., 2009; Verbeke et al., 2010). Or, actuellement il n'existe pas (en France comme en Europe) de techniques simples pour garantir la qualité sensorielle et / ou nutritionnelle des viandes à partir d'une carcasse (et/ou d'un animal vivant). Ces qualités ne peuvent, en effet, être appréciées qu'après abattage et transformation du muscle en viande.

Dans ce contexte, **un modèle de prédiction précoce des propriétés des viandes**, à partir des pratiques d'élevage, est pertinent à développer dans la mesure où il permettra de répondre aux attentes de la filière comme des consommateurs. Ainsi, Ellies-Oury et al. (2019) ont récemment mis en évidence que 88 % des consommateurs seraient intéressés par un modèle qui, comme le modèle Australien (Meat Standards Australia) (Hocquette et al., 2014), leur garantirait le niveau de qualité d'un morceau de viande au moment de l'achat.

Un tel modèle devra prendre en considération le fait que qualité sensorielle, qualité sanitaire et qualité nutritionnelle sont parfois peu compatibles, voire antagonistes. Il s'avère donc nécessaire d'introduire une approche d'**optimisation multi-objectifs** dans le développement d'un tel modèle (Conanec et al., 2019). En effet, la mise à disposition des acteurs de la filière d'un outil d'intégration des différents critères permettrait de piloter au mieux la conduite des animaux en trouvant les meilleurs compromis.

Il ressort de ces différents éléments que les acteurs de la filière bovine ne disposent pas d'informations objectives, solides et fiables pour répondre aux attentes des consommateurs en ce qui concerne les multiples aspects de la qualité intrinsèque des produits des différents systèmes d'élevage européens.

Contexte du programme Européen INTAQT

Dans ce contexte, le projet Européen¹ H2020 INTAQT vise à réaliser une **évaluation multicritère approfondie des relations entre les systèmes d'élevage et les caractéristiques de qualité des produits d'origine animale.**

Plus précisément, les objectifs de ce programme sont :

1. De développer des outils d'évaluation et d'authentification de la qualité
2. De développer des modèles complets quantifiant l'impact des systèmes d'élevage sur les caractéristiques de qualité des produits (sécurité des produits, valeur nutritionnelle et caractéristiques sensorielles)
3. De co-construire avec les acteurs de la chaîne agroalimentaire des outils de notation multicritères de la qualité intrinsèque des produits qui soient à la fois analytiques, rapides, rentables, innovants et pratiques
4. De mettre au point des moyens d'améliorer les pratiques d'élevage dans le respect de la qualité élevée des produits animaux et de la durabilité de la production.
5. De promouvoir des pratiques d'élevage innovantes (approuvées par les acteurs de la filière) pour obtenir de manière constante et vérifiable des produits d'origine animale d'excellente qualité, sûrs, sains et savoureux, provenant d'un gradient de systèmes d'élevage extensifs à intensifs d'une grande variété de pays européens.
6. A l'issue du projet, l'objectif final serait de proposer et de mettre en œuvre des méthodes permettant d'améliorer les pratiques d'élevage de sorte qu'elles assurent à la fois une production durable et des produits animaux de haute qualité (concept « one quality »).

OBJECTIFS DE LA THESE

Le projet de thèse proposé ici est pleinement intégré dans le projet INTAQT. **Plus précisément, le travail de thèse visera à proposer un modèle permettant d'intégrer et de piloter les liens entre les pratiques d'élevage et la qualité intrinsèque des produits animaux. Pour ce faire, deux supports seront mobilisés : l'utilisation de bases de données déjà disponibles et nouvellement acquises dans le cadre du projet INTAQT.**

Objectif 1. De modéliser l'évolution (synergique ou antagoniste) des différents traits de qualité des viandes² sous l'effet des pratiques d'élevage³ et des performances animales

Objectif 2. De proposer une méthodologie d'optimisation conjointe des différents niveaux de qualité des viandes en intégrant les attentes des acteurs

Objectif 3. De proposer un concept de notation multicritère de la qualité globale des produits afin, à terme, de le/s développer un outil dans une application web

METHODOLOGIE

Objectif 1.

De modéliser l'évolution (synergique ou antagoniste) des différents traits de qualité des viandes⁴ sous l'effet des pratiques d'élevage et des performances animales

1.1. Dans un premier temps, il s'agira d'identifier au sein de l'ensemble des variables disponibles pour caractériser chaque trait de qualité, lesquelles sont les plus intéressants/pertinentes à prendre en compte dans la modélisation. Pour être pertinente dans un modèle, une variable (= paramètre de qualité) devra être susceptible d'être modulée par les pratiques et/ou les performances animales... mais aussi correspondre à une attente des opérateurs de terrain (exemple :

¹ construit par un ensemble de partenaire Européens

² Les trois traits étudiés dans ce travail seront la qualité nutritionnelle, la qualité sanitaire et la qualité sensorielle, chacun de ces traits étant caractérisés par un certain nombre de paramètres

³ Le terme de pratiques d'élevage intègre : la conduite alimentaire et d'élevage ainsi que les différents aspects de durabilité des pratiques d'élevage (impacts environnementaux, viabilité économique, bien-être animal, utilisation de médicaments)

⁴ Les trois traits étudiés dans ce travail seront la qualité nutritionnelle, la qualité sanitaire et la qualité sensorielle, chacun de ces traits étant caractérisés par un certain nombre de paramètres

la tendreté et la jutosité pour caractériser la qualité sensorielle ; les acides gras saturés et oméga 3 pour caractériser la qualité nutritionnelle). Pour mettre en évidence les paramètres les plus pertinents à inclure dans l'analyse, les plages de variation des différents traits de qualité seront analysées en fonction des pratiques d'élevage.

1.2. *La modélisation de l'évolution des différents niveaux de qualité pourra se faire via des analyses de sensibilité afin de déterminer comment évoluent les paramètres lorsque l'un d'entre eux est modifié et/ou lorsque les pratiques d'élevage / performances animales sont modulées.*

Objectif 2.

De proposer une méthodologie d'optimisation conjointe des différents niveaux de qualité des viandes en intégrant les attentes des acteurs⁵

A l'issue du travail de recueil des attentes, un travail d'analyse détaillée des résultats visera à proposer une pondération des indicateurs pertinents au sein de chacun des traits de qualité. Une fois le cadre de l'outil défini, des modèles de calcul seront définis afin de transformer les mesures des traits de qualité en notes, de pondérer les différentes notes et enfin de proposer des algorithmes pour le développement d'une application web à l'usage des acteurs comme outils de contrôle et de soutien. Cette pondération pourra être réalisée de différentes manières, notamment en mobilisant des méthodes expertes / empiriques (analyse de discours) et des méthodes statistiques. Pour ce faire, la connaissance à la fois 1] des interactions entre les paramètres de qualité et 2] des attentes des différentes parties prenantes des filières⁶ sera mobilisée dans une étude multicritère.

Objectif 3.

De proposer un concept de notation multicritère de la qualité globale des produits afin, à terme, de le/s développer un outil dans une application web

Il sera nécessaire de proposer une méthodologie permettant d'établir une hiérarchie entre les compromis, via un score global qui pourrait être construit et ensuite être seuillé afin de définir différents niveaux de qualité (comme par exemple « non acceptable », « acceptable », « supérieur »).

Cet outil sera ensuite intégré dans une application d'évaluation professionnelle de la qualité permettant de définir de nouvelles pratiques d'élevage durable assurant une qualité élevée des produits

Concrètement et en fonction des données saisies dans l'application web (critères de qualité ou pratiques d'élevage), l'application permettra d'anticiper l'impact sur la qualité d'un changement de pratiques ou de suggérer de nouvelles pratiques d'élevage pour atteindre un niveau de qualité attendu.

La robustesse des outils de notation sera ensuite testée dans les exploitations agricoles dans le cadre du projet INTAQT par une évaluation multicritère des différents systèmes et pratiques d'élevage.

SUPPORT / DONNEES

Trois jeux de données seront mobilisés pour traiter ces différentes questions et répondre aux objectifs 1 et 2 :

- Les données produites dans le cadre du projet INTAQT en partenariat avec l'entreprise BEAUVALLET : Pour 100 animaux, nous disposerons des **pratiques d'élevage**, des **propriétés des carcasses** mais également les **qualités sensorielle et nutritionnelle** des viandes (sur le muscle Longissimus thoracis)

- La base GEMQUAL : Elle porte sur 450 animaux issus de 16 races différents et conduits dans 5 pays européens différents. Les données portent sur les **propriétés des carcasses** mais également les **qualités sensorielle et nutritionnelle** des viandes (sur le muscle Longissimus thoracis)

- La base MSA : Elle porte sur les viandes de 761 bovins provenant de 4 pays et issus de 15 races différentes. Pour ces 761 bovins, un total de 9396 échantillons a été prélevé sur 18 muscle différents. Les données disponibles concernent les **propriétés des carcasses** et la **qualité sensorielle** des viandes.

⁵ A noter que les attentes des acteurs seront définies par ailleurs dans le cadre d'un des WP du programme INTAQT

⁶ Les combinaisons d'objectifs prioritaires dictés par les attentes du terrain seront identifiées dans le cadre du projet Européen H2020 INTAQT dans lequel est intégrée cette thèse. Pour ce travail de thèse, il s'agira d'en synthétiser les résultats et d'en extraire les objectifs prioritaires

D'autres résultats expérimentaux actuellement stockés dans les entrepôts de données INRAE pourront également servir de support.

LIVRABLES ET ATTENDUS

A l'issue de ce travail, on pourra :

- quantifier les proximités et les antagonismes existant entre les deux types de qualité (sensorielle, sanitaire et nutritionnelle)
 - proposer un modèle statistique permettant d'anticiper l'impact des pratiques et des performances animales sur la qualité des produits.
 - fournir des méthodologies de prédiction des différents paramètres de qualité en fonction des pratiques et des performances animales.
 - proposer un pool de caractéristiques animales permettant, pour chaque filière ou chaque débouché, d'atteindre un compromis acceptable, voire le compromis idéal.
- => Le rapport décrivant les synergies et les antagonismes existant entre les caractéristiques intrinsèques de qualité des produits servira à évaluer les compromis entre les différents aspects de la qualité des produits et à définir les compromis possibles à atteindre.

Ces modèles de prédiction seront utilisés pour modéliser l'optimisation des différents leviers pour atteindre un niveau de qualité donné en fonction des caractéristiques des systèmes d'élevage notamment en lien avec leur intensification (alimentation, race, localisation géographique, etc.).

Les outils développés devront, à terme, permettre d'anticiper les conséquences pour la qualité des produits d'un changement de pratiques d'élevage. **L'application permettra également de suggérer de nouvelles pratiques d'élevage durables permettant d'atteindre un niveau de qualité attendu.**

A terme, un système permettant de prédire de façon précoce la qualité de la viande conduirait potentiellement 1] à rémunérer les producteurs selon la qualité réelle de la viande qu'ils produisent, 2] à garantir aux consommateurs le niveau de qualité de la viande qu'ils achètent, et donc 3] à répondre pleinement aux attentes des consommateurs, tout en permettant une rémunération adaptée des éleveurs et en assurant une production durable.

STRUCTURE ENCADRANTE ET FINANCEMENT

Ce projet de thèse bénéficie d'un demi financement par le biais du projet Européen INTAQT (acquis).

La thèse sera co-encadrée par :

- M.P. Ellies-Oury (40 % ; MCF HDR Bordeaux Sciences Agro, UMRH INRAE),
J.F. Hocquette (40 % ; DR UMRH INRAE)
J. Saracco (20 % ; PR ENSC Bordeaux ; INRIA Bordeaux).

L'école doctorale envisagée est :

- L'ED 154 Sciences de la vie et de la santé de l'Université de Bordeaux
- Ou à défaut, l'ED n°615 Sciences Biologique et Santé (SBS) de l'Université de Limoges.

BIBLIOGRAPHIE

- Benjamin, S., Spener, F., 2009. Conjugated linoleic acids as functional food: an insight into their health benefits. *Nutr. Metab.* 6, 36.
- Conanec, A., Picard, B., Durand, D., Cantalapiedra-Hijar, G., Chavent, M., Denoyelle, C., Gruffat, D., Normand, J., Saracco, J., Ellies-Oury, M.-P., 2019. New Approach Studying Interactions Regarding Trade-Off between Beef Performances and Meat Qualities. *Foods* 8, 197.
- de Boyer des Roches, A., Delanoue, E., Meunier-Salaün, M.C., Veissier, I., 2020. Bien-être animal : attentes, indicateurs, et pistes d'amélioration, in: *L'élevage Pour l'agroécologie et Une Alimentation Durable*. France Agricole, Paris, pp. 51–74.
- Ellies-Oury, M.-P., Lee, A., Jacob, H., Hocquette, J.-F., 2019. Meat consumption—what French consumers feel about the quality of beef? *Ital. J. Anim. Sci.* 18, 646–656.
- Field, C.J., Blewett, H.H., Proctor, S., Vine, D., 2009. Human health benefits of vaccenic acid. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 34, 979–991.

- Hocquette, J.-F., Ellies-Oury, M.-P., Lherm, M., Pineau, C., Deblitz, C., Farmer, L., 2018. Current situation and future prospects for beef production in Europe—A review. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 31, 1017.
- Hocquette, J.-F., Van Wezemael, L., Chriki, S., Legrand, I., Verbeke, W., Farmer, L., Scollan, N.D., Polkinghorne, R., Rødbotten, R., Allen, P., others, 2014. Modelling of beef sensory quality for a better prediction of palatability. *Meat Sci.* 97, 316–322.
- Lecerf, J.M., 2020. Place des produits animaux en nutrition humaine, in: *L'élevage Pour l'agroécologie et Une Alimentation Durable*. France Agricole, Paris, pp. 3–19.
- Marette, S., 2020. Quels choix pour les consommateurs dans un contexte de fort questionnement sur la durabilité de la viande ?, in: *L'élevage Pour l'agroécologie et Une Alimentation Durable*. France Agricole, Paris, pp. 263–276.
- Peyraud, J.L., 2020. Faire évoluer l'élevage pour une agriculture agroécologique ?, in: *L'élevage Pour l'agroécologie et Une Alimentation Durable*. France Agricole, Paris, pp. 139–155.
- Trégaro, Y., Angot, J.L., 2020. Crises sanitaires en élevage et évolution des filières, in: *L'élevage Pour l'agroécologie et Une Alimentation Durable*. France Agricole, Paris, pp. 95–115.
- Verbeke, W., Pérez-Cueto, F.J., de Barcellos, M.D., Krystallis, A., Grunert, K.G., 2010. European citizen and consumer attitudes and preferences regarding beef and pork. *Meat Sci.* 84, 284–292.
- Mbow C., Rosenzweig C., Barioni LG., Benton TG., Herrero M., Krishnapillai M., Liwenga E., Pradhan P., Rivera-Ferre MG., Sapkota T., Tubiello FN., Xu Y. (2019). Food security. In: *Climate Change and Land: An IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*. Shukla PR., Skea J., Calvo Buendia E., Masson-Delmotte V., Pörtner HO., Roberts DC., Zhai P., Slade R., Connors S., van Diemen R., Ferrat M., Haughey E., Luz S., Neogi S., Pathak M., Petzold J., Portugal Pereira J., Vyas P., Huntley E., Kissick K., Belkacemi M., Malley J. Éd. IPCC. Genève, Suisse, 437-550.
- Leip A., Billen G., Garnier J., Grizzetti B., Lassaletta L., Reis S., Simpson D., Sutton MA., de Vries W., Weiss F., Westhoek H. (2015). Impacts of European livestock production: Nitrogen, sulphur, phosphorus and greenhouse gas emissions, land-use, water eutrophication and biodiversity. *Environ Res Lett*, 10(115004), 13 p.
- EEA (2019). Annual European Union greenhouse gas inventory 1990-2017 and inventory report 2019. Ed. European Environment Agency, Soumission dans le cadre de la Conventioncadre des Nations unies sur les changements climatiques et du protocole de Kyoto, 29 mai, 962 p.
- Moisan F., Spinosi J., Delabre L., Gourlet V., Mazurie JL., Bénatru I., Goldberg M., Weisskopf MG., Imbernon E., Tzourio C., Elbaz A. (2015). Association of Parkinson's disease and its subtypes with agricultural pesticide exposures in men: A case-control study in France. *Environ Health Perspect*, 123(11):1123-1129
- Vanhonacker F., Van Loo EJ., Gellynck X., Verbeke W. (2013). Flemish consumer attitudes towards more sustainable food choices. *Appetite*, 62:7-16.