



HAL
open science

DéfiViande

Marie-Madeleine Mialon, Dominique Bauchart, Michel M. Doreau, Denys Durand, Maguy Eugène, Daniel D. Krauss, Luc Mounier, Didier D. Micol, Isabelle Ortigues Marty, Milka Popova, et al.

► **To cite this version:**

Marie-Madeleine Mialon, Dominique Bauchart, Michel M. Doreau, Denys Durand, Maguy Eugène, et al.. DéfiViande: Rapport final. [Contrat] Institut National de la Recherche Agronomique (INRA). 2011. hal-02809726

HAL Id: hal-02809726

<https://hal.inrae.fr/hal-02809726>

Submitted on 6 Jun 2020

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

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



Contrat de Recherches n° 23000274 INRA- Valorex – McKey

« DéfiViande »

Rapport Final

**M.M. Mialon, D. Bauchart, M. Doreau, D. Durand, M. Eugène, D. Krauss,
L. Mounier, D. Micol, I. Ortigues-Marty, M. Popova, C. Terlouw**

Décembre 2011

Sommaire

| | |
|---|-----------|
| Introduction | 2 |
| Rappel du protocole | 3 |
| Performances zootechniques | 4 |
| Comportement alimentaire et activité générale | 7 |
| Comportement social | 9 |
| Production de méthane | 12 |
| Réactions de stress à l'abattage | 15 |
| Peroxydation et fonctionnement hépatique | 18 |
| Teneur en lipides et composition en acides gras | 20 |
| Marqueurs du métabolisme musculaire et hépatique | 25 |
| Conclusion générale | 28 |
| Liste des publications et rapports | 29 |
| Annexe 1 : Protocole | |
| Annexe 2 : Résultats zootechniques | |
| Annexe 3 : Comportement alimentaire | |
| Annexe 4 : Comportement social | |
| Annexe 5 : Méthane | |
| Annexe 6 : Stress à l'abattage | |
| Annexe 7 : Composition en acides gras de la viande, souffrance hépatique et peroxydation | |
| Annexe 8 : Enzymes tissulaires | |

Introduction

M.M. Mialon, M. Doreau

La production de viande bovine est confrontée à de nouveaux défis en termes d'exigences sociétales sur la protection de l'environnement, le respect des animaux et la qualité de la viande. Bien que le moteur principal des décisions prises par l'éleveur reste le revenu qu'il retirera de ses productions, il devient indispensable de lui fournir, ainsi qu'à l'ensemble de la filière, des éléments de décision lui permettant d'intégrer ces nouvelles contraintes. Pour cela une démarche globale est nécessaire, intégrant les différents éléments techniques nécessaires au choix d'un système de production.

Un projet relatif à l'engraissement de taurillons a été réfléchi dans cet objectif. Comme l'un des principaux questionnements relatifs au bien-être des animaux à l'engrais est le risque de perturbations du comportement liées à une conduite alimentaire intensive, avec un apport énergétique élevé, les essais ont été menés avec des rations très riches en concentré, le principal facteur de variation étant la nature des glucides : amidon ou parois. En outre, le régime amidon a été supplémenté en lipides, pour accroître la densité énergétique de la ration. Ces lipides ont été apportés sous forme de graine de lin, car des essais sur bovins laitiers avaient montré que la graine de lin contribuait à réduire la production de méthane. Sur un autre plan, les éleveurs sont confrontés au problème de l'allotement d'animaux provenant d'élevages différents en début d'engraissement : la méthode habituelle consistant à constituer des lots homogènes en poids est-elle favorable ou préjudiciable aux relations sociales entre animaux, qui peuvent avoir des conséquences sur les performances. Une autre question récurrente est le risque de stress des animaux à l'abattage. Deux protocoles ont été comparés. Enfin, ce projet a permis d'affiner les connaissances relatives à l'effet de la composition de la ration sur le risque de souffrance hépatique, le métabolisme musculaire, la composition en acides gras des viandes et les risques de peroxydation.

Ce projet ambitieux a été baptisé DéfiViande. Il s'inscrivait dans la problématique du développement durable et visait à apporter des éléments chiffrés aux bailleurs du projet, ainsi qu'aux organismes d'élevage. Ce projet a rassemblé les compétences scientifiques de nombreux chercheurs de l'INRA, basés à l'Unité de Recherches sur les Herbivores (63122 Saint-Genès-Champanelle, centre de Clermont-Ferrand – Theix). L'engraissement des taurillons ainsi que l'organisation et la conduite des expérimentations ont été réalisés au Domaine de la Sapinière (18390 Osmoy, centre d'Orléans). L'abattage des animaux et les prélèvements afférents, ainsi que les analyses de laboratoire, le traitement et l'interprétation des données, ont été réalisés à l'Unité de Recherches sur les Herbivores. Au total, environ 15 chercheurs et 30 techniciens ont participé à cet essai. Que tous soient remerciés pour leur contribution. L'INRA a fourni un apport financier important (salaires, infrastructures, équipements et fonctionnement) mais ce projet n'aurait pas pu être réalisé sans la contribution financière décisive d'une part de la Région Centre, d'autre part des Sociétés McKey et Valorex, que nous remercions chaleureusement.

Le présent rapport comprend une présentation synthétique des principaux résultats et en annexe, la liste des publications et rapports, et l'ensemble des diaporamas présentés lors de la réunion de restitution au domaine de la Sapinière, en octobre 2011.

Protocole

M.M. Mialon, D. Bauchart, M. Doreau, D. Krauss, L. Mounier, I. Ortigues-Marty, C. Terlouw

Objectifs :

Les principaux travaux réalisés dans le projet visaient à :

- quantifier les gaz à effets de serre émis par les taurillons afin d'évaluer la variabilité individuelle et la relation avec le niveau et la transformation alimentaire
- analyser le bien-être des taurillons engraisés intensivement jusqu'à l'abattage, en modulant le niveau énergétique de la ration d'engraissement et le mode d'allotement des veaux au sevrage, deux facteurs clés de la conduite des animaux.
- apprécier les effets des régimes sur la qualité nutritionnelle des viandes par les teneurs des classes lipidiques et la composition de leurs acides gras.

Il repose sur le contrôle de 140 taurillons de race Charolaise, au cours de campagnes d'engraissement, en élevage expérimental dans des conditions les plus proches possibles de celles du terrain. Ces animaux ont été abattus en abattoir expérimental.

Ces 140 veaux ont été procréés à partir de semences de pères des années 80 d'où un potentiel génétique pour la croissance inférieur au potentiel actuel.

Conduite des animaux en engraissement :

Chaque année, 70 jeunes bovins ont été allotés au sevrage en 10 lots de 7 de façon à introduire ou non des perturbations dans les relations sociales. Ils ont été alimentés avec 3 régimes d'engraissement différents à base de concentré et de paille. Un aliment concentré « parois » (ration P) à base de son, de pulpe de betteraves et de luzerne déshydratées, et un aliment concentré « amidon – lipides » (ration ALH) riche en céréales et contenant 6% de graine de lin extrudée ont été distribués individuellement et *ad libitum* à 4 lots pour chacun d'eux. Pour la ration « amidon - lipides bas » (ration ALB), le concentré amidon - lipides a été distribué en quantité limitée à 2 lots afin de fournir aux animaux un niveau d'UFV équivalent à celui de la ration P. D'un point de vue pratique, pour estimer les quantités de concentré à distribuer, chaque lot ALB est jumelé à un lot P. La valeur énergétique nette des concentrés P et AL calculée d'après les tables INRA était de 0,84 et 1,13UFV / kg MS.

L'allotement a été réalisé selon 2 critères croisés : conservation ou non des lots d'élevage avant sevrage (non-réallotés vs réallotés) et constitution de lots de veaux sevrés avec des poids homogènes ou hétérogènes à l'entrée en engraissement (homogènes vs hétérogènes).

Au démarrage du projet, nous avons fait l'hypothèse que les animaux ingèreraient les mêmes quantités des deux concentrés « parois » et « amidon – lipides » distribués à volonté (ration P et ALH) du fait d'une même présentation physique. Compte tenu des croissances prévisionnelles basées sur cette hypothèse, les abattages étaient initialement prévus à 15 mois pour le régime ALH et 18 mois pour les régimes P et ALB pour réaliser des abattages à poids constant. La croissance réalisée ayant été inférieure aux prévisions pour le régime ALH, la planification des abattages a dû être modifiée et les taurillons ont été abattus en 2 séries, à 16 et à 18 mois. Les animaux ont été transportés par lot entre l'unité de Bourges et l'abattoir de l'INRA de Clermont-Ferrand et les abattages se sont déroulés sur 2 jours pour chaque lot.

Mesures en engraissement, à l'abattage et sur carcasse

Les différentes mesures seront présentées dans les parties traitant des différents thèmes.

Performances zootechniques

M.M. Mialon, M. Doreau, D. Micol, L Mounier, I. Ortigues-Marty

Cet essai visait à tester la valorisation, en termes de performances de croissance en engraissement et de quantité et qualité de carcasse, d'un aliment concentré très énergétique (ALH) en comparaison avec un aliment riche en fibre (P). Ces deux aliments ont été distribués en continu à des taurillons qui avaient été allotés selon des modalités différentes. Le choix d'incorporer des lipides dans l'aliment ALH a été fait pour disposer d'un aliment très énergétique mais le moins acidogène possible pour limiter les problèmes digestifs.

Mesures et analyses

*** en engraissement**

La croissance des animaux a été suivie par pesées bimensuelles à heure fixe et elle est décrite par le Gain Moyen Quotidien (GMQ) exprimé en g/j.

L'ingestion de concentré a été déterminée individuellement par pesée quotidienne des quantités distribuées et pesée 3 fois par semaine des quantités refusées. L'ingestion est exprimée d'une part en quantités d'aliment ingérées (QI en kg/j) et d'autre part en énergie (nb d'Unités Fourragères Viande, UFV/j). L'efficacité alimentaire sur une période est estimée par le rapport GMQ/UFV.

Les données d'ingestion, de croissance et d'efficacité alimentaire ont été analysées jusqu'à 196 jours d'engraissement, période pendant laquelle tous les taurillons étaient présents avant les premiers abattages (n=129 animaux). Cette période a été découpée en trois sous périodes : 0-56j, 56-126j et 126-196j.

*** à l'abattage**

Les caractéristiques d'abattage ont été enregistrées et la composition des carcasses a été estimée par dissection de la 6^{ème} côte (n= 123 animaux).

*** mesure de digestibilité sur vaches taries**

Un essai complémentaire a été réalisé afin de mesurer la digestibilité des régimes P et ALH, et d'en estimer les valeurs UFV avec plus de précision que par les tables INRA. Pour des raisons pratiques et de coût, la digestibilité a été mesurée sur des vaches laitières taries. Il avait été montré auparavant que les résultats sur vaches taries sont comparables à ceux obtenus sur taurillons. Six vaches laitières taries de race Holstein ont été utilisées selon un schéma en inversion. Après 3 semaines d'adaptation, les vaches ont eu 2 périodes expérimentales de 3 semaines. Les mesures de digestibilité ont été réalisées en 3^{ème} semaine de chaque période expérimentale sur 6 jours de collecte.

Les résultats d'ingestion d'énergie et d'efficacité présentés dans le texte ont été recalculés en tenant compte des valeurs UFV estimées à partir des résultats de digestibilité, d'où de légères différences avec la présentation orale du 27/10 (annexe 2).

*** analyses des données**

Les analyses visent à tester l'effet du type de concentré (comparaison régimes P et ALH), l'effet de l'origine de l'énergie (régimes P et ALB) et l'effet des modalités d'allotement.

Résultats

* Problèmes sanitaires et mortalité pendant les 2 campagnes

Un taux de mortalité anormalement élevé de l'ordre de 12% a été observé dans l'essai. Il s'explique pour moitié par des problèmes digestifs, ceci malgré les traitements vétérinaires réalisés. Ces troubles digestifs s'apparentant à de la météorisation sont présents essentiellement avec le régime ALH.

* Digestibilité des régimes ALH et P

La digestibilité de la matière organique (dMO) est de 69,7% pour le régime P et 75,2% pour le régime ALH et la digestibilité de l'énergie (dE) est de 75,2% et 77,9% respectivement pour les régimes P et ALH. Si l'on compare la valeur UFV prédite d'après la composition de la ration, au moyen des tables INRA, à la valeur calculée à partir de dE et dMO, on constate que ces valeurs sont très proches (entre 0,75 et 0,80 UFV/kg de MS) dans le cas du régime P. Par contre dans le cas du régime ALH ces valeurs vont de 1,02 d'après les tables INRA jusqu'à 0,88 par le calcul d'après la dMO. Ceci signifie qu'en utilisant les tables, nous avons surestimé l'énergie effectivement valorisée par l'animal et donc probablement sous estimé l'efficacité d'utilisation de l'énergie. Cette moindre valorisation de l'énergie par des animaux ayant un potentiel génétique de croissance probablement limité explique que l'objectif de croissance théorique de 1800g/j que l'on avait prévu n'ait pas été atteint dans le cadre de cet essai.

* Comparaison des régimes ALH et P

- Ingestion, croissance et efficacité alimentaire en engraissement

En moyenne les animaux de ces 2 régimes ont consommé 87% de concentré et 13% de paille.

- Au démarrage de l'essai, l'hypothèse était que les animaux des 2 régimes ingèreraient des quantités de concentrés équivalentes, or l'ingestion de concentré a été significativement plus faible avec le régime ALH qu'avec le régime P (de l'ordre de 10% par jour sur la période 0-196j). L'apport en UFV calculées d'après la digestibilité de la ration a été cependant supérieur (8,13 vs 7,74 UFV respectivement pour les régimes ALH et P sur la période 0-196j, $P < 0.05$).

- La croissance des animaux est supérieure avec le régime ALH par rapport au régime P sur la période 0-196j (1681 g/j vs 1585 g/j resp., $P < 0,01$). Le GMQ n'est pas différent sur les périodes 0-56j et 56-126j (1536 vs 1468 g/j et 1789 vs 1785 g/j resp. pour les régimes ALH et P sur les 2 périodes). Ce n'est qu'entre 126 et 196j d'engraissement que le GMQ devient significativement supérieur pour les animaux du régime ALH (1691 g/j) par rapport à ceux du régime P (1476 g/j).

-L'efficacité alimentaire globale sur la période 0-196j n'est pas différente entre les 2 régimes, cependant elle apparaît significativement plus élevée sur la période 126-196j pour le régime ALH (181 vs 167 g de GMQ par UFV).

- Performances d'abattage

Avec le régime ALH, le poids d'abattage est significativement supérieur (738 kg vs 706 kg) ainsi que le poids de carcasse (455 vs 421 kg) par rapport au régime P à un âge moyen d'abattage de 533 jours. La composition de carcasse se caractérise par un % de dépôts adipeux supérieur (17,1 vs 15,0% respectivement pour les régimes ALH et P), un % de muscle inférieur (69,7 vs 71,3%) et un % de squelette inférieur (13,7 vs 14,1%). Le poids du tube digestif vide est inférieur avec la ration ALH (31,9 vs 34,8 kg), du fait d'un poids de panse et de feuillet plus faibles qu'avec le régime P. Le poids du contenu digestif est également inférieur. Le rendement poids carcasse / poids départ étable est supérieur avec le régime ALH (59,0 vs 57,2 %).

*** Comparaison des régimes ALB et P**

Cette analyse prend en compte les lots ALB et les lots P jumelés.

Avec le régime ALB, les animaux ont consommé 83% de concentré et 17% de paille. En tenant compte des résultats de digestibilité, il apparaît que les régimes ALB et P ne sont iso-énergétiques qu'à partir de 126 j d'engraissement. Le GMQ obtenu avec le régime ALB est équivalent à celui du régime P entre 56 et 126j et sinon il est inférieur ($P < 0.05$). L'efficacité alimentaire sur la période 0-196j et les performances d'abattage ne sont pas différentes entre les 2 régimes.

*** Effet de l'allotement sur les performances zootechniques**

Les modalités d'allotement n'ont pas d'effet majeur sur les performances analysées hormis un GMQ supérieur pour les animaux non réallotés (1647 g/j) par rapport aux réallotés (1520 g/j) entre 126 et 196j.

Au cours des 196j d'engraissement, le coefficient de variation de poids des lots hétérogènes diminue de 12 à 9,2% alors qu'il augmente chez les lots homogènes de 4,1 à 6,4%.

Conclusion

A l'issue de cet essai, en comparant les régimes ALH et P, nous constatons que :

- les animaux ont ingéré spontanément moins d'aliment ALH que d'aliment P malgré une présentation physique comparable,
- ils ont moins bien valorisé l'énergie ingérée
- d'où un niveau de croissance plus faible que celui attendu sur la période 0-196j bien que supérieur à celui du régime P et
- des problèmes digestifs fréquents entraînant un taux de mortalité élevé d'où une incidence économique défavorable.

Pour tempérer ces conclusions, il faut cependant noter que sur la période 126-196j le régime ALH se démarque très nettement du régime P par sa supériorité en croissance et en efficacité. Nous pouvons faire l'hypothèse que l'utilisation de ce type de régime très énergétique distribué à volonté en début d'engraissement pose des problèmes d'adaptation digestive. Par ailleurs, nos hypothèses initiales de croissance étaient probablement trop optimistes pour des animaux ayant un potentiel génétique des années 80. Il serait intéressant de tester ce type de régime sur des animaux à plus fort potentiel génétique et avec une adaptation beaucoup plus progressive.

Comportement alimentaire et activité générale

MM Mialon, D Dormion, L Mounier, I Veissier

Les mesures du comportement des animaux au quotidien sont indispensables comme indicateurs de bien-être. Ces critères qui sont particulièrement sensibles constituent des indicateurs précoces d'une situation d'inconfort. Ainsi, dans le cadre de cet essai, une modification éventuelle du rythme d'activité des taurillons devrait permettre de révéler s'il existe un éventuel mal être et de voir comment cet état évolue dans le temps. La mesure du rythme alimentaire a pour but de vérifier si les animaux mettent en place un comportement alimentaire différent en fonction de la concentration énergétique de l'aliment. En effet, des résultats obtenus sur des taurillons de race Blonde d'Aquitaine ont montré que le comportement alimentaire varie avec le type de ration. La composition du lot peut également avoir une incidence sur le comportement alimentaire des animaux selon qu'elle aura pour effet d'accentuer la compétition alimentaire entre les animaux ou non.

Mesures et analyses

Les mesures comportementales doivent être réalisées dans des conditions parfaitement standardisées et demandent des aménagements spécifiques.

*** comportement alimentaire**

Les auges individuelles ont été équipées d'un système enregistrant le temps d'ouverture des portillons chaque minute. Ceci a permis de calculer certains paramètres du comportement alimentaire tels que la durée d'ingestion du concentré sur la journée (estimée par la durée totale d'ouverture) ainsi que le nombre de repas. La définition d'un repas est un point important qui repose sur la distinction entre les pauses intra et inter repas. Pour cela, nous avons considéré, en accord avec la littérature, que, au-delà de 4 minutes sans ouvrir le portillon, l'animal initie un nouveau repas. La vitesse d'ingestion du concentré (en g/min) a été estimée par le ratio entre la quantité ingérée sur la journée et la durée d'ingestion.

*** activité générale**

Pour apprécier le rythme d'activité des animaux, les taurillons ont été observés pendant 24 heures, selon la méthode du scan sampling avec un intervalle de 5 minutes entre 2 observations. En 1^{ère} campagne, des notations de groupe ont été réalisées à partir d'enregistrements vidéo. En 2^{ème} campagne, des notations individuelles ont été réalisées en période diurne (entre 9h et 18h) par observation directe et complétées par des notations de groupe à partir d'enregistrements vidéo pour le reste des 24 heures.

Ces observations permettent d'estimer le budget temps, par lot, sur 24 h c'est-à-dire le % de temps passé dans chaque activité. Les notations individuelles permettent, en plus, d'apprécier le fractionnement d'une activité en nombre et durées de séquences et donc les changements d'activité. Les observations ont été réalisées sur une journée où la seule intervention sur les animaux était la distribution de l'aliment

*** analyses des données**

Pour voir l'évolution en cours d'engraissement, ces différents comportements ont été étudiés à 3 stades : début, milieu et fin d'engraissement.

Les analyses visent à tester l'effet du type de concentré (comparaison régimes P et ALH) et l'effet des modalités d'allotement.

Résultats

* Comportement alimentaire

L'analyse du comportement alimentaire ne prend pas en compte la paille qui est offerte collectivement dans chaque lot.

Sur l'ensemble de l'expérimentation, les taurillons des 2 régimes ont ingéré l'aliment concentré en 8,7 repas par jour en moyenne. Les animaux alimentés avec le régime ALH ingèrent moins d'aliment que ceux recevant le régime P, quel que soit le stade. Au début, la vitesse d'ingestion est identique pour les 2 régimes (103 g/min) puis elle augmente de façon significative, mais plus fortement avec le régime ALH (364 g/min vs 279 g/min en fin d'engraissement respectivement pour les régimes ALH et P). En début et milieu d'engraissement, l'activité d'ingestion semble plus étalée sur la journée avec le régime ALH qu'avec le régime P mais en fin d'engraissement, il ne subsiste plus de différence.

Indépendamment du régime, les animaux non réallotés mangent 9% moins vite que les animaux réallotés (206 g/min vs 227 g/min, $P < 0,05$).

* Activité générale

Sur l'ensemble de l'expérimentation, les taurillons passent en moyenne 62% de leur temps couchés, 16% debout immobiles et 22% debout actifs dont 4% à des interactions sociales. Le régime alimentaire et le mode d'allotement (homogénéité ou hétérogénéité en poids, réalloté ou non) n'ont pas d'effet sur le temps passé dans ces activités sur 24h.

Le nombre de changements d'activité au cours de la période diurne varie en fonction du régime et du stade. Avec le régime ALH, les taurillons changent plus souvent d'activité qu'avec le régime P (37,9 vs 32,4) et passent moins de temps couché. Quel que soit le régime, le nombre de changements d'activités augmente significativement entre le début et milieu d'engraissement, puis reste stable.

Conclusion

Le type d'aliment concentré plus ou moins énergétique utilisé dans la ration modifie le comportement des taurillons. Jusqu'à mi-engraissement, l'étalement plus important de l'ingestion sur la journée avec le régime ALH peut être lié à une recherche d'adaptation à ce régime. Les problèmes digestifs qui se sont révélés majoritairement avec ce régime peuvent traduire le fait que cette adaptation est difficile voire impossible pour certains animaux avec un tel aliment concentré offert à volonté dès le début de l'engraissement. Ces taurillons mangent plus vite, moins longtemps et en moins grandes quantités par rapport à ceux alimentés avec le régime P. Leur activité est plus fractionnée ce qui peut traduire un certain inconfort.

Concernant la constitution des lots, les animaux réallotés au sevrage mangent la même quantité d'aliment que ceux qui ne le sont pas, mais avec une vitesse d'ingestion plus élevée ce qui pourrait traduire un certain état de stress. Par contre, le fait que les lots soient constitués d'animaux de poids homogène ou hétérogène n'a aucun effet sur le budget temps et le comportement alimentaire.

Comportement social

L. Mounier, MM Mialon, C. Terlouw

La prise en compte du comportement social est extrêmement importante en élevage, notamment en élevage de taurillons. En effet, les relations entre les animaux peuvent être source de stress lorsque la hiérarchie n'est pas suffisamment stable et au contraire source d'apaisement lorsque les animaux expriment entre eux des relations d'affinité. Ces relations d'affinité sont principalement mises en place dans le jeune âge des animaux alors que les relations hiérarchiques s'établissent à chaque rencontre entre nouveaux individus.

Le mode de production des taurillons, avec notamment le réallotement par critère de poids en début d'engraissement peut, à ce titre, être perturbant pour l'établissement des relations sociales entre les animaux. Le mode de production peut alors avoir des conséquences négatives sur les performances des taurillons ou sur leur réactivité face à un stress, tel que les manipulations par exemple. Ainsi, des résultats précédents ont montré que le réallotement était source d'une augmentation des combats entre les animaux lors de la mise en lot, d'une augmentation du stress à l'abattage des taurillons et d'une diminution de la croissance. L'objectif ici était de confirmer ces résultats obtenus sur des lots d'animaux plus petits, de voir si la composition du lot, en terme d'affinité des animaux mais aussi d'homogénéité des poids, et la composition de la ration distribuée pouvaient influencer la réaction des animaux face à la manipulation et exacerber les compétitions alimentaires entre les taurillons.

Mesures et analyses

* Comportement social au réallotement

Au moment du réallotement, les lots étaient observés en continu pendant une heure afin d'observer le comportement. Les comportements observés étaient principalement les comportements agonistiques (lutte, coup de tête, menace, ..) mais également les autres comportements, type non agonistiques (léchage, sollicitation, ...) ou sexuels. Les données comportementales enregistrées étaient la fréquence des comportements, leur durée moyenne et la durée totale.

* Réactivité à la manipulation

La réactivité des taurillons à la manipulation était évaluée par l'intermédiaire de deux tests : le test de réactivité à la contention en cage et le test à la manipulation le long d'un parcours.

- le test de contention avait pour objectif de mesurer la réactivité à l'homme des taurillons, pris individuellement, lors des opérations de contention en cage. Il a été réalisé deux fois au cours de l'engraissement. Pour ce test, chaque animal devait passer deux fois dans la cage à 15 minutes d'intervalle. La réactivité de l'animal était évaluée par le nombre de mouvements brusques (sursaut, coup de pied, ...) et le nombre de mouvements totaux (autres comportements), et lors du deuxième passage par la vitesse de sortie de la cage de contention et par dosage du cortisol plasmatique.

- le test à la manipulation avait pour objectif d'évaluer la réactivité du lot à la manipulation par l'homme le long d'un parcours prédéfini. Il a été réalisé trois fois au cours de l'engraissement. La réactivité était évaluée par l'intermédiaire de différents temps de déplacement, des difficultés de manipulation (parole ou mouvement de l'opérateur pour faire avancer les animaux, ...) et enfin des comportements agonistiques lors de l'arrivée à la destination finale.

*** Tests de compétition alimentaire**

L'objectif de ce test était d'exacerber les relations de dominance entre les animaux en situation de compétition alimentaire. Il a été réalisé deux fois au cours de l'engraissement. La veille au soir et le jour du test aucun aliment n'était distribué dans les auges individuelles, puis au cours du test, une quantité limitée d'aliment était distribuée de façon collective, et ce trois fois de suite. Pour chaque comportement observé (combat, repas, ...), la fréquence, la latence d'apparition du comportement et la durée de ce comportement ont été enregistrées.

*** Analyse des données**

Pour l'ensemble des mesures, l'unité d'observation était le lot d'animaux (pas d'analyses individuelles) et les résultats sont présentés en moyenne, erreurs standards et parfois coefficients de variation intra lot pour juger de la variabilité des comportements au sein du lot. Les facteurs de variations étaient le facteur social (réallotés vs non réallotés), le facteur poids (homogènes vs hétérogènes) et le facteur alimentation (régime P vs régime ALH). Les deux années sont traitées en même temps.

Résultats

*** Comportement social au réallotement**

Les lots d'animaux réallotés échangent plus de luttes que les lots non réallotés (6.4 vs 0.6, $p = 0.03$), les lots homogènes en poids échangent également plus de lutte que les lots hétérogènes en poids (6.5 vs 0.4, $p = 0.02$), enfin les lots réallotés et homogènes en poids échangent plus de luttes que les autres lots (12 vs 0.6, $p = 0.05$). Pour ces derniers lots, les luttes ont eu tendance à durer plus longtemps que pour les autres lots (143 s vs 5s, $p = 0.09$).

*** Réactivité à la manipulation**

- test de contention : les lots d'animaux réallotés ont exprimé plus de mouvements dans la cage lors du premier test en début d'engraissement que les lots d'animaux non réallotés (34.7 vs 31.4, $p = 0.05$). Les lots d'animaux réallotés et homogènes en poids ont eu tendance à être plus réactifs (mouvements totaux) que les autres ($p = 0.07$). Les mouvements totaux ont été également plus nombreux chez les animaux homogènes en poids et ayant reçu une alimentation ALH ($p = 0.02$). Si l'on regarde sur le premier test de contention, la concentration en cortisol des lots réallotés a été plus importante que celle des lots non réallotés (14.8 ng/mL vs 12.7 ng/mL, $p = 0.02$). Sur l'ensemble des tests à la contention, elle a été plus élevée pour les lots d'animaux homogènes en poids et ayant reçu une alimentation ALH alors qu'elle a été plus faible pour les lots d'animaux hétérogènes en poids et ayant une alimentation ALH ($p = 0.02$). Enfin, après le transport pour l'abattage, les lots réallotés ont eu une concentration en cortisol plus élevée que les lots non réallotés (30 ng/mL vs 20.6 ng/mL, $p = 0.03$).

*** Tests de compétition alimentaire**

Le nombre total de repas par lot au cours du test n'est pas modifié par les facteurs de variation. Par contre, la variabilité des repas au sein des lots, c'est-à-dire la différence dans le nombre de repas entre les individus du lot, est plus importante dans les lots d'animaux homogènes en poids (CV = 79.5 vs 63.2% ; $p = 0.02$) et dans les lots d'animaux ayant reçu une alimentation ALH (CV = 79.2 vs 63.6% ; $p = 0.02$). Cette variabilité des repas est plus faible pour les lots d'animaux hétérogènes en poids et ayant reçu une alimentation P (41.6 vs 81.3 ; $p < 0.001$). La durée totale des repas est plus longue pour les lots d'animaux hétérogènes et recevant une alimentation P (durée = 84.6 vs 65.4 s ; $p < 0.001$). Cette durée est également mieux répartie pour ces lots (CV = 33.0 vs 72.3% ; $p < 0.001$).

Conclusion

L'expérience confirme que le réallotement est préjudiciable au comportement des taurillons puisque les taurillons réallotés se battent plus au moment du réallotement, sont plus réactifs à la manipulation et sont plus stressés lors de l'abattage.

L'homogénéisation des poids en début d'engraissement semble également préjudiciable dans la mesure où les combats au moment du réallotement sont plus fréquents entre les animaux homogènes en poids, que ces animaux semblent plus réactifs à la manipulation, et enfin que la compétition alimentaire est plus exacerbée au sein de ces lots.

L'alimentation ALH semble rendre les animaux plus réactifs à la manipulation et exacerber les compétitions au sein des lots.

Production de méthane. De l'écosystème microbien à l'ensemble des gaz à effet de serre

M. Eugène, M. Doreau, T.T.H. Nguyen, M. Popova

La production de méthane a été mesurée à trois reprises (début, milieu et fin d'engraissement) sur tous les animaux des lots P et ALH pendant la première année d'expérimentation, par la méthode du gaz traceur SF₆. Le principe de la méthode est d'introduire dans le rumen une capsule contenant le gaz traceur qui diffuse à taux connu et constant, et de mesurer le rapport des concentrations entre méthane et gaz traceur dans un échantillon d'air exhalé. Le pH et les acides gras volatils (AGV) du rumen, ainsi que la population de protozoaires, ont été mesurés à partir de prélèvements obtenus par ruminocentèse. A l'abattage, des prélèvements de contenus ruminiaux ont été réalisés sur 10 animaux pour chacun des deux régimes afin de dénombrer les protozoaires et de caractériser l'écosystème microbien (bactéries et Archaea méthanogènes) par des techniques de biologie moléculaire. Enfin, une analyse de cycle de vie a été réalisée sur la période d'engraissement pour comparer les impacts environnementaux globaux des deux régimes.

Production de méthane

Les taurillons recevant le régime ALH ont eu une production de méthane plus faible, exprimée en g/j (-20%) et en g/kg de gain de poids (-24%). Ces effets ont été dus à une plus faible ingestion du régime ALH, car il n'y a pas eu de différence lorsque la production de méthane était exprimée par kg de MS (matière sèche) ingérée. Cette dernière a même été plus élevée de 20% pour le régime ALH en fin d'engraissement. Il est possible que cette absence de différence soit due à la très forte proportion de concentré dans la ration, qui a par elle-même un effet négatif sur la production de méthane. Le régime ALH a entraîné une teneur en AGV et un rapport acétate/propionate plus faibles que le régime P, respectivement de 13 et 11%, mais le pH n'était pas modifié par le régime. Le plus faible rapport acétate/propionate est favorable à une réduction de la production de méthane. Il n'y a pas eu de relation entre la production de méthane par kg de gain de poids et l'ingestion résiduelle des animaux, qui est un critère de l'efficacité alimentaire de l'engraissement. Cela signifie les différences individuelles de production de méthane ne sont pas attribuables à des différences d'efficacité de transformation des aliments.

| | Période 1 | | Période 2 | | Période 3 | | Effets |
|--------------------------------------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|
| | P | ALH | P | ALH | P | ALH | |
| Ingestion (kg MS) | 8,2 | 7,1 | 11,3 | 8,8 | 10,1 | 7,8 | P, R, PxR |
| CH ₄ (g/j) | 285 | 227 | 406 | 335 | 506 | 394 | P, R |
| CH ₄ (g/kg MS) | 35,4 | 32,5 | 36,3 | 38,8 | 42,6 | 50,8 | P, R, PxR |
| CH ₄ (g/kg gain de poids) | 129 | 96 | 202 | 156 | 430 | 301 | P, R, PxR |

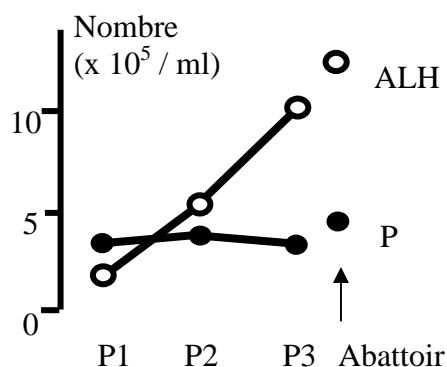
P: effet période; R = effet régime, PxR: interaction. Seuil de signification 5%

Ecosystème microbien

Les bactéries totales ont été caractérisées par des méthodes ciblant le gène rrs, commun à l'ensemble des bactéries. Les Archaea méthanogènes ont été étudiés à partir de méthodes ciblant le gène fonctionnel mcrA, qui code pour la méthyl coenzyme M réductase, l'enzyme qui agit lors de la dernière étape de la production de méthane à partir de l'hydrogène. On a utilisé la DGGE pour analyser la biodiversité et la qPCR pour quantifier les micro-

organismes, sur des extraits d'ADN (quantification de la population) et d'ARN (activité métabolique estimée par l'expression du gène).

L'abondance des méthanogènes était identique pour les deux régimes, mais, de manière surprenante, le nombre de protozoaires était plus faible de 65% pour le régime P. Le régime ALH a réduit la diversité et l'activité métabolique des méthanogènes. Aucun changement n'a été observé entre régimes pour le nombre et la diversité des bactéries. Les résultats indiquent que la réduction de la production journalière de méthane avec le régime ALH est liée à une modification du microbiote, en particulier des méthanogènes. La caractérisation de l'activité de la structure et de l'activité de l'ensemble du microbiote du rumen devrait permettre une meilleure prévision de la méthanogénèse.

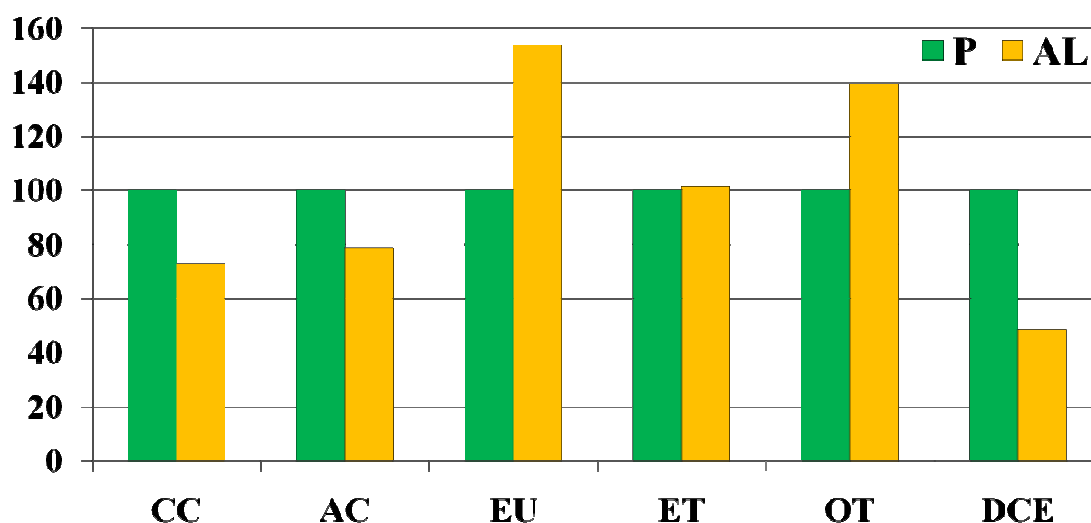


| | P | ALH | <i>p</i> |
|--|------|------|----------|
| Bactéries | | | |
| Biodiversité (index de Shannon) | 1,54 | 1,58 | 0,11 |
| Nombre (log ₁₀ copies / g MS) | 11,8 | 12,2 | 0,09 |
| Méthanogènes | | | |
| Biodiversité (index de Shannon) | 1,17 | 1,03 | < 0,01 |
| Nombre (log ₁₀ copies / g MS) | 9,02 | 9,07 | 0,83 |
| Expression du gène 2 ^{-ct} (x 10 ⁷) | 1,72 | 0,87 | < 0,01 |

Nombre de protozoaires du rumen

Impacts environnementaux

L'impact « changement climatique », correspondant à l'ensemble des gaz à effet de serre, a été plus faible pour le régime ALH, en raison de l'émission plus faible de méthane, les deux autres gaz à effet de serre variant peu. Il en est de même pour la demande en énergie, en raison du coût énergétique de la déshydratation des pulpes et de la luzerne du régime P, et pour le potentiel d'acidification. En revanche, le potentiel d'eutrophisation et l'occupation des terres ont été plus élevés. Ces résultats montrent l'intérêt de ne pas limiter l'analyse environnementale au seul méthane.



CC : changement climatique (gaz à effet de serre) ; AC : potentiel d'acidification (ammoniac, sulfates, oxydes d'azote); EU : potentiel d'eutrophisation (nitrates, phosphates, ammoniac); ET : écotoxicité terrestre ; OT : occupation des terres ; DCE (demande cumulée en énergie).

Conclusion

Le régime AL combinait deux facteurs conduisant habituellement à une baisse de la production de méthane : la très forte proportion de concentré et l'apport de graine de lin. Ce dernier facteur distinguait le régime AL du régime F, car les sous-produits riches en fibres entraînent habituellement une production de méthane élevée. De manière surprenante, les deux rations ne se sont pas différenciées par la production de méthane par kg de matière sèche, ce qui traduit une absence de modification majeure dans les processus biochimiques de formation de méthane dans le rumen, malgré des différences observées dans l'écosystème microbien. En revanche, une approche plus pratique, lorsque le méthane est exprimé par kg de gain de poids, montre une production plus faible pour le régime AL, en raison de son niveau d'ingestion plus faible. Une analyse de cycle de vie circonscrite à la période d'engraissement et concernant 6 impacts environnementaux montre que le régime AL a un impact plus faible sur le changement climatique que le régime F, mais les différences entre régimes dépendent de l'impact considéré.

Réactions de stress à l'abattage

C. Terlouw, MM Mialon, L. Mounier

L'état de stress d'un animal est défini en termes de ses réponses émotionnelles, comportementales et physiologiques lorsqu'il se trouve face à une situation qu'il perçoit comme potentiellement menaçante (dia 2). La période de l'abattage commence à la ferme, quand l'éleveur prépare les animaux pour le départ vers l'abattoir et termine au moment de la mise à mort de l'animal. Du point de vue de l'animal, cette période est associée à de nombreux facteurs potentiellement stressants (dia 3). Il s'agit de facteurs d'origine physique, comme la privation alimentaire et la fatigue, et de facteurs d'origine émotionnelle, comme la nouveauté, la présence humaine et des perturbations sociales, liées à l'éclatement du groupe d'élevage et le mélange d'animaux non familiers. La façon dont les animaux évaluent et réagissent à ces différents aspects dépend de leur origine génétique – certaines races sont plus réactives que d'autres- et de leur vécu. La présente étude s'intéresse à cette dernière question, car les animaux ont été conduits de différentes manières : en lot ré-alloté vs non ré-alloté, et en lot de poids homogènes vs poids hétérogènes en début de période d'engraissement (dia 4).

Outre le vécu, les conditions de l'abattage lui-même influencent, bien sûr, les réactions des animaux. Comme indiqué ci-dessous, les causes possibles de stress à l'abattage sont multiples. Dans des études antérieures nous avons déjà évalué les effets de la nouveauté, de la présence humaine et du stress social. Par conséquent, nous avons choisi d'étudier les effets de la durée de l'attente, associée à la durée de privation alimentaire avant l'abattage.

Pour répondre à ces questions chaque lot (parc) a été transporté à Theix (arrivée vers 15h) et introduit dans deux parcs d'attente adjacents (permettant le contact visuel). Le lendemain, les animaux dans un des parcs d'attente étaient abattus. Les animaux de l'autre parc étaient abattus le surlendemain de leur arrivée. Le soir de l'arrivée, tous les animaux avaient accès à de la nourriture (la ration avec laquelle ils avaient été nourris pendant l'engraissement) pendant 3 h. Ensuite, l'aliment était enlevé. Ainsi, les animaux du premier parc abattu avaient été privés de nourriture pendant une nuit et ceux du deuxième parc pendant un jour et deux nuits. Ils avaient accès à l'eau en permanence. Les taurillons étaient abattus 1 par 1. Ils étaient transportés à l'abattoir accompagnés d'un autre taurillon, non expérimental, pour éviter l'isolement du taurillon expérimental juste avant l'abattage, ce qui aurait constitué un stress supplémentaire (dia 8).

Mesures et résultats

*Nombre d'interventions sur l'animal

Le nombre de coups (main, bâton) utilisé pour charger l'animal pour l'amener à l'abattoir expérimental, ou dans l'abattoir, pour le conduire vers le piège ont été comptabilisés. Les résultats montrent que les taurillons élevés dans des groupes de poids hétérogènes sont plus difficiles à conduire ($p < 0,05$). Ces taurillons ont fait preuve d'un attachement au groupe d'élevage plus fort que les taurillons élevés en groupes de poids homogène (cf résultats L. Mounier) Comme ces taurillons étaient accompagnés en présence d'un taurillon non familier, mais en l'absence de leur groupe d'élevage, l'absence du groupe peut avoir provoqué des réactions de peur expliquant une plus grande difficulté de conduite.

*Constituants du sang et de l'urine

Des prises de sang ont été effectuées au moment du départ pour Theix et au moment de l'arrivée. Des prises de sang ont également été obtenues au moment de la saignée pendant l'abattage. L'urine était prélevée directement dans la vessie, 40 min après l'abattage.

Les analyses montrent des teneurs urinaires en créatinine plus élevées chez les taurillons abattus le surlendemain de leur arrivée ($p=0,002$) ou ayant un rendement carcasse plus élevé ($p=0,0001$), quelque soit le régime d'engraissement. Les taux de créatinine urinaires dépendent de plusieurs facteurs. La créatinine provient de la dégradation de la créatine, liée au métabolisme du muscle. Par conséquent, les taux de créatinine urinaires sont généralement positivement corrélés avec la masse musculaire. Ils dépendent également de l'état hydrique des animaux, qui produisent une urine plus concentrée lorsqu'ils boivent peu. Ces résultats suggèrent que le deuxième jour, les animaux ont peu bu. Il est possible que l'absence de nourriture ait limité la boisson, car en général, il existe un lien fort entre la prise alimentaire, d'abord, et la prise d'eau, ensuite (Cardot et al., 2008). Le lien avec le rendement carcasse va dans le même sens. Lorsque le rendement est élevé, le contenu digestif est bas. Le manque de contenu digestif peut également s'expliquer par une ingestion d'eau moindre (dia 14).

Les analyses des teneurs sanguines en cortisol montrent une augmentation après le transport, par rapport à celles d'avant. Une attente de deux au lieu d'une nuit avant l'abattage n'avait pas d'influence sur les taux de cortisol ($p=0,83$), mais provoquait une augmentation de la noradrénaline urinaire ($p<0,02$), surtout chez les animaux du régime ALH. L'augmentation de l'adrénaline urinaire suite à l'attente n'était pas significative ($p=0,34$). Ces trois hormones permettent de rendre disponibles les réserves énergétiques, et elles stimulent la circulation sanguine et la fonction musculaire, de façon à ce que les animaux puissent réagir de manière adéquate (fuir, défense) à des menaces. Les résultats montrent que la noradrénaline, et probablement, mais dans une moindre mesure, l'adrénaline, permettent la mobilisation des réserves énergétiques pendant la période d'attente lorsque les animaux ne sont pas nourris. Les résultats indiquent par ailleurs que le régime alimentaire influence la cortisolémie ($p=0,04$). Les valeurs plus élevées chez les taurillons du groupe ALH sont probablement liées à la fonction du cortisol dans le métabolisme lipidique.

La question d'une diminution de la prise d'eau chez des animaux n'ayant pas accès à la nourriture mériterait de plus amples investissements. Il s'agit de savoir si en absence d'aliment, les animaux s'hydratent correctement, ou si les animaux sont dans un état de déshydratation, et d'en connaître les conséquences sur les qualités des viandes.

*** Evolution du pH après la mort**

Après l'abattage, malgré la mort de l'animal, les réactions biochimiques continuent dans le muscle (dia 6). Comme il n'y a plus de circulation du sang, les produits de dégradation (protons, lactate) s'accumulent sur place, dans le muscle. Cette accumulation provoque une acidification du muscle. Celle-ci est souhaitée, elle est nécessaire pour la transformation du muscle en viande. Toutefois, si l'acidification se fait trop rapidement, ou de manière insuffisante, la viande ne sera pas bonne. Pour que le processus de l'acidification se fasse à la vitesse souhaitée et de manière complète, il faut que, au moment de la mise à mort, le muscle

- ne soit pas dans un état très actif (état de repos relatif)
- contienne suffisamment de réserves glucidiques.

Le processus de l'acidification et par conséquent, les qualités des viandes sont fortement influencées par le comportement et par l'état physiologique des animaux pendant la période qui précède l'abattage. Pour se déplacer, l'animal utilise ses muscles. Pour pouvoir se contracter, le métabolisme dans le muscle s'accélère et consomme une partie des réserves glucidiques. Lorsque l'animal est stressé (peur) ces deux effets sont renforcés.

Deux conséquences sont possibles:

1. Stress juste avant la mise à mort : Métabolisme du muscle activé au moment de la mort de l'animal

→ Immédiatement après l'abattage, acidification du muscle accélérée. Résultat : on obtient assez rapidement un pH bas. On ne connaît pas, pour l'instant, les effets sur les qualités des viandes des bovins. Chez le porc, le phénomène est la cause de la production de viandes de type PSE.

2. Beaucoup de stress pendant la période précédant la mise à mort : manque de réserves glucidiques dans le muscle au moment de la mort de l'animal

→ Durant les 24h qui suivent l'abattage, acidification insuffisante conduisant à un pH ultime élevé et une couleur sombre de la viande (viandes de type DFD ou à coupe sombre).

Des analyses par modélisation indiquent que le pH ultime du semitendineux était influencé ($p < 0,0001$) par la distribution des poids dans le lot d'engraissement (hétérogène > homogène) en interaction avec le moment de l'abattage : après vs avant l'été. Le fait d'avoir été ré-alloté ou non jouait également un rôle en interaction avec d'autres effets. L'année d'expérimentation avait l'effet le plus prononcé (année 2 > année 1). Le modèle explique 78,9 % de la variabilité entre animaux (dia 14 ; $p < 0,001$). Pour les taurillons du régime P, le pH de ce muscle à 3 h (indicateur de la vitesse de l'évolution du pH) était influencé ($p < 0,0001$) par l'année (année 2 > année 1) et par la cortisolémie urinaire (valeurs plus basses si cortisolémie élevée), suggérant que le stress a accéléré la vitesse de la diminution du pH (dia 15).

Le pH ultime du longissimus dépendait partiellement de ces mêmes facteurs ($p < 0,001$) : l'année, l'homogénéité des poids des lots et le moment de l'abattage (avant vs après l'été). De plus, le régime alimentaire et dans une moindre mesure, les caractéristiques de l'animal en termes de réactivité à certains stress jouaient également un rôle (dia 16).

* Conclusion

Les deux points principaux qui ressortent de ces études sont (dia 17) :

1. Les régimes alimentaires n'ont pas eu d'effets majeurs sur l'évolution du pH *post-mortem*
2. La facilité de conduite des animaux et l'évolution du pH dans le muscle *post-mortem* dépendent de beaucoup de variables relatives à la conduite de l'élevage et de l'abattage.

Plus précisément :

- A l'abattage, la docilité et l'état physiologique des taurillons dépendent :
 - de l'année de l'expérimentation,
 - des conditions d'élevage (poids des lots et de l'alimentation)
 - des conditions de l'abattage (durée d'attente).
- L'évolution du pH *post-mortem* dépend :
 - de l'année et des choix de l'élevage (les poids des lots, le réallotement et le moment de l'abattage peuvent expliquer jusqu'à 80% de la variabilité)
 - des réactions de stress au moment de l'abattage (indicateurs : cortisol urinaire, noradrénaline, vitesse d'entrée dans le piège)

Enfin, les réactions de stress pendant la période de l'élevage permettent d'identifier les individus plus réactifs aux conditions de l'abattage (vitesse sortie pendant le test 2).

Peroxydation au niveau plasmatique et musculaire et fonctionnement hépatique : effet du niveau d'alimentation et du stress à l'abattage

D Durand, A.S Bage, A. Thomas et M. Brunel

Cet essai visait à tester l'effet de la distribution de 3 types d'aliment variant par leur niveau d'énergie (fort ou faible) et l'apport ou non de lipides dans la ration. De plus, les animaux étaient plus ou moins stressés avant l'abattage par un jeûne de 24 ou 48 heures. Sur ces animaux, nous avons évalué l'effet des rations et du stress sur 1) le fonctionnement hépatique, 2) l'intensité des processus de peroxydation au niveau systémique et musculaire. En effet, des études précédentes avaient montré que des rations très riches en énergie pouvaient entraîner des dysfonctionnements hépatiques (début de stéatose par exemple) et que par ailleurs, l'apport de lipides riches en acides gras polyinsaturés pouvait prédisposer les animaux à la lipoperoxydation. Ces deux déviations, souffrance hépatique et lipoperoxydation, peuvent avoir des répercussions importantes sur 1) les performances des animaux et 2) la qualité des produits par apparition de produits oxydés dans les viandes entraînant une altération des qualités nutritionnelles et sensorielles.

Mesures et analyses

A partir d'échantillons de sang prélevés au moment de l'abattage, nous avons réalisé les mesures suivantes :

1. de dysfonctionnement hépatique (teneurs en bilirubine),
2. de souffrance hépatique (activité de la γ GT, ASAT, et ALAT),
3. de stress oxydant (teneurs en MDA).

* analyses des données

Les analyses statistiques avaient pour but de tester les effets des régimes alimentaires, du stress et de l'année d'expérimentation, ainsi que les interactions entre ces facteurs en ce qui concernait les paramètres de la peroxydation. La même analyse de variance a été conduite pour les indicateurs de fonctionnement hépatique, mais sans tester l'effet stress, cet effet du stress sur les marqueurs de souffrance hépatique n'ayant pas de sens physiologique.

* Marqueurs des processus de lipoperoxydation

| Année | Aliment ^{ion} | 2009 | | | 2010 | | | SEM | statistiques | | | |
|-------------------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|-------------------|--------|---------------------|
| | | P | ALH | ALB | P | ALH | ALB | | Année | Alim ^t | Stress | Int ^{tion} |
| MDA plasmatique (µg/ml) | Sans Stress | 0.05 | 0.09 | 0.07 | 0.21 | 0.46 | 0.15 | 0.04 | <0.001 | ns | 0.018 | ns |
| | Avec Stress | 0.05 | 0.13 | 0.11 | 0.31 | 0.15 | 0.27 | | | | | |
| MDA tissulaire (µg/g) | Sans Stress | 0.125 | 0.122 | 0.128 | 0.152 | 0.177 | 0.151 | 0.028 | ns | ns | ns | ns |
| | Avec Stress | 0.131 | 0.180 | 0.124 | 0.248 | 0.154 | 0.065 | | | | | |

Les taux de base de 2009 sont conformes à ce qui a déjà été rapporté chez le ruminant (de 0.05 à 0.1 µg/mL de plasma (Gladine et al., 2007¹ ; Gobert et al, 2009²), par contre les taux

¹ Gladine C., Morand C., Rock E., Bauchart D., Durand D. 2007. Plant extracts rich in polyphenols (PERP) are efficient antioxidants to prevent lipoperoxidation in plasma lipids from animals fed n-3 polyunsaturated diets. Anim. Feed Sci. Technol..136, 281-296

atteints en 2010 ne correspondent pas à des valeurs habituelles. Ainsi, il apparaît une grande différence entre les deux années d'expérimentation (+215% en 2010, $P < 0.001$). Cette mesure est difficilement explicable. En effet des niveaux de MDA plasmatique ne peuvent augmenter que si un stress quelconque s'est produit. C'est ce que nous observons avec la situation de stress induite par un jeûne prolongé et ceci pour les deux années, ce stress se traduisant par une augmentation de près de 45% du MDA circulant ($P < 0.05$). Nous n'observons aucune incidence des différentes rations sur le niveau de peroxydation.

Les teneurs observées dans le muscle sont conformes à ce que nous observons habituellement sur des tissus juste après abattage, nous avons déjà montré que seule la maturation longue suivie d'un conditionnement riche en oxygène était capable d'augmenter significativement la lipoperoxydation. (Gobert et al., 2010³).

* Marqueurs du fonctionnement hépatique

| Année | 2009 | | | 2010 | | | Effets statistiques (probabilité) | | | |
|-------------------|--------------------------|-------|--------|-------|-------|-------|-----------------------------------|--------------------|-------|-------------------|
| | Alimentat ^{ion} | P | ALH | ALB | P | ALH | ALB | SEM | Année | Alim ^t |
| ASAT (UL/L) | 71.24 | 89.98 | 112.00 | 64.00 | 70.80 | 68.24 | 11.169 | 0.02 2009>2010 | NS | NS |
| ALAT (UL/L) | 34.37 | 30.97 | 32.75 | 31.91 | 27.19 | 28.24 | 2.880 | NS | NS | NS |
| GGT (UL/L) | 26.38 | 26.17 | 27.17 | 26.64 | 26.66 | 22.94 | 1.152 | NS | NS | NS |
| Bilirubine (mg/l) | 4.67 | 4.95 | 4.28 | 4.04 | 4.02 | 3.74 | 0.290 | 0.006 2009>2010 | NS | NS |

Les valeurs des marqueurs de souffrance hépatique sont voisines de celles habituellement observées (Gobert et al., 2009). Comme pour le stress oxydant, l'alimentation n'entraîne aucune perturbation du foie, même dans le cas de régime riche en lipides. Par contre, comme précédemment, nous observons des différences entre années. Il apparaît que l'année 2009 présente des niveaux d'ASAT et de bilirubine plus élevés que 2010 ($P < 0.05$), mais ces taux restent largement dans des zones non pathologiques.

Conclusion

Les différents types de ration n'ont pas entraîné de perturbations du fonctionnement hépatique, ni même des intensités des processus de peroxydation au niveau musculaire ou plasmatique. Par contre, un effet du stress pré abattage a bien été observé, le jeûne prolongé ayant intensifié le stress oxydant au niveau plasmatique. Par contre cette augmentation n'a pas eu de répercussion sur les qualités nutritionnelles vis-à-vis de la peroxydation au niveau musculaire. Il est possible que ces effets délétères sur la viande n'aient pas pu être mis en évidence en ne mesurant qu'à l'abattage, nous avons montré dans des études précédentes que les conséquences du stress pré abattage se révélaient principalement après maturation et conditionnement des viandes. Enfin, la conclusion la plus délicate à interpréter reste cet effet année très important, il semble que les animaux abattus en 2010 aient subi un stress plus important que ceux abattus en 2009 sans que l'on puisse justifier cette hypothèse par des différences de conduite entre les 2 années.

² Gobert M., Martin B., Ferlay A., Chilliard Y., Graulet B., Pradel Ph., Bauchart D., Durand D. 2009. Plant polyphenols associated with vitamin E can reduce plasma lipoperoxydation in dairy cows given n-3 polyunsaturated fatty acids. *J. Dairy Sci.*, 92, 6095-6104

³ Gobert M., Gruffat D., Habeau M., Parafita E., Bauchart D., Durand D. 2010. Plant extracts combined with vitamin E in PUFA-rich diets of cull cows protect processed beef against lipid oxidation. *Meat Science*, 85, 676-683

Teneur en lipides et composition en acides gras

D Bauchart, A Thomas

La viande bovine souffre d'une image négative en raison de pratiques d'élevage intensives, de son coût élevé et d'une valeur nutritionnelle en lipides et acides gras critiquée.

En effet, la viande bovine est souvent associée à une teneur excessive en acides gras saturés (AGS) et monosaturés (AGMI) *trans* considérés comme des facteurs de risque pour la santé humaine car pro athérogéniques (Legrand et al, 2001). Par ailleurs, elle souffre d'une relative pauvreté en acides gras polyinsaturés notamment de type n-3 (AGPI n-3) reconnus pour leurs propriétés protectrices des maladies cardiovasculaires (Moreno et Mitjavila, 2003) et pour le maintien des fonctions cognitives et de la vision (Narayan et al, 2006).

De nombreux facteurs de variation de ces caractéristiques lipidiques des viandes liés à l'animal (âge, sexe, race) et à son alimentation (composition de la ration, suppléments lipidiques) ont été testés dans un contexte de rations isoénergétiques (Scollan et al, 2006 ; Nuernberg, 2009). Le but de l'étude est d'étudier les effets de trois types de rations variant par le niveau énergétique et la source de l'énergie, sur les caractéristiques des lipides musculaires (teneur des lipides et acides gras totaux; teneur des différents acides gras), ces données étant comparés pour trois muscles, le *Rectus abdominis* (RA, bavette de flanchet), *Longissimus thoracis* (LT, faux filet) et *Semitendinosus* (ST, tendre de tranche)) de taurillons charolais.

Matériels et méthodes

- **Préparation des échantillons musculaires**

Des échantillons les plus représentatifs des muscles (100-150g) sont prélevés 24 h post mortem, débarrassés du tissu gras périphérique (non consommé), puis coupés en cubes et immédiatement congelés dans N₂ liquide pour être broyés en poudre fine et homogène.

- **Analyses des lipides et acides gras des muscles**

La teneur en matière sèche des muscles est déterminée par gravimétrie après chauffage à 80 °C pendant 48h. Les lipides totaux sont extraits par broyage de la poudre de muscle (6g) avec le mélange chloroforme-méthanol (150 mL) selon la méthode de Folch et al. (1957) et leur quantité déterminée par gravimétrie. Leurs AG sont extraits et transméthylés à 20°C par le méthanolate de Na puis le BF₃-méthanol 14%. Les esters méthyliques d'AG (EM AG) sont analysés par chromatographie en phase gazeuse avec le chromatographe PR 2100 sur colonne capillaire polaire de type CP Sil 88 et quantifiés par standardisation interne (19:0).

- **Traitement statistique des données**

Il a été établi à l'aide du logiciel SAS consistant en une analyse de variance à deux facteurs. Le but est de vérifier si les différences observées entre les résultats sont significatives et si elles peuvent s'expliquer par un effet muscle, par un effet régime (traitement) ou par l'interaction entre ces deux facteurs.

Résultats

1. Teneurs en lipides et acides gras totaux des muscles (Tableau 1)

Elles varient avec le type de muscle. Elles sont les plus élevées avec la ration dont le niveau énergétique est le plus élevé (ALH) et le muscle LT par rapport au muscle RA et

surtout ST. Une interaction muscle x régime est observée pour la teneur en lipides totaux mais pas de la teneur en AG totaux des muscles.

Tableau 1: Effets des régimes expérimentaux sur les teneurs en lipides et acides gras totaux des muscles *Rectus abdominis* (RA), *Longissimus thoracis* (LT) et *Semitendinosus* (ST) de taurillons charolais (données cumulées des deux années).

| Muscles | P | | | ALH | | | ALB | | | SEM | Effets statistiques (Probabilité) | | |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-----------------------------------|-----------------------------|--------------|
| | RA | LT | ST | RA | LT | ST | RA | LT | ST | | Muscle (M) | Trait ^t (T) | Inter. M x T |
| Lipides (g/100g de tissu frais) | 1.85 | 1.94 | 1.23 | 2.44 | 3.03 | 1.50 | 1.76 | 1.92 | 1.23 | 0.147 | P<0.0001 LT>RA>ST | P<0.0001 ALH>P= P=ALB | 0.04 |
| Acides gras (g/100g de tissu frais) | 1.22 | 1.32 | 0.70 | 1.78 | 2.30 | 1.01 | 1.27 | 1.33 | 0.69 | 0.130 | P<0.0001 LT>RA>ST | P<0.0001 ALH>P= P=ALB | NS |

Teneurs en acides gras saturés et monoinsaturés des muscles (Tableau 2)

Les concentrations en AG saturés (C16:0 et C18:0) varient très significativement (P<0.0001), comme celles en lipides et acides gras totaux, avec le type de muscle, les valeurs les plus élevées étant observées avec le muscle LT et à un degré moindre le muscle RA. Le C16:0 est l'AG saturé le plus abondant (en moyenne 22,2% des AG totaux), le C18:0 ne représentant que 15,8% des AG totaux. Leurs teneurs varient également avec le type de ration, les plus élevées étant observées avec le régime le plus riche en énergie (ALH) (P<0.0001).

Tableau 2: Effets des régimes expérimentaux sur les teneurs (mg/100g tissu frais) en acides gras saturés et monoinsaturés des muscles *Rectus abdominis* (RA), *Longissimus thoracis* (LT) et *Semitendinosus* (ST) de taurillons charolais (données cumulées des deux années)

| Muscles | P | | | ALH | | | ALB | | | SEM | Effets statistiques (Probabilité) | | |
|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----------------------------------|------------------------------|--------------|
| | RA | LT | ST | RA | LT | ST | RA | LT | ST | | Muscle (M) | Trait ^t (T) | Inter. M x T |
| C16:0 mg/100g de tissu frais | 308 | 332 | 155 | 431 | 545 | 216 | 280 | 292 | 135 | 34.0 | P<0.0001 LT>RA>ST | P<0.0001 ALH>P= P=ALB | NS |
| C18:0 | 199 | 261 | 106 | 240 | 393 | 133 | 193 | 233 | 97 | 22.5 | P<0.0001 LT=RA>ST | P<0.0001 ALH>P= P=ALB | NS |
| Σ AG Saturés | 586 | 680 | 297 | 764 | 1061 | 396 | 544 | 599 | 264 | 62.8 | P<0.0001 LT=RA>ST | P<0.0001 ALH>P= P=ALB | NS |
| C18:1 n-9 cis | 322 | 337 | 170 | 582 | 736 | 305 | 358 | 374 | 172 | 47.0 | P<0.0001 LT>RA>ST | P<0.0001 ALH>P= P=ALB | 0.04 |
| Σ AGMI cis | 397 | 409 | 215 | 719 | 888 | 382 | 451 | 461 | 223 | 56.1 | P<0.0001 LT=RA>ST | P<0.0001 ALH>P= P=ALB | NS |
| Σ AGMI tr | 38 | 45 | 17 | 68 | 102 | 35 | 63 | 72 | 26 | 66.0 | P<0.0001 LT>RA>ST | P<0.0001 ALH>ALB ALB>P | 0.04 |
| Σ AGMI Totaux | 435 | 454 | 232 | 788 | 990 | 417 | 514 | 533 | 249 | 61.9 | P<0.0001 LT=RA>ST | P<0.0001 ALH>ALB ALB=P | NS |

Dans le cas des AGMI *cis* dominés par le C18:1 n-9 *cis* (80% environ), les teneurs les plus élevées sont observées avec le muscle LT. Pour tous muscles confondus, ces teneurs sont très significativement ($P > 0,0001$) les plus élevées avec le régime haut en énergie (ALH).

Les teneurs en AGMI *trans* totaux (dominées par les isomères *trans* du C18:1) représentent en moyenne 10% des teneurs en AGMI *cis*. Elles sont également les plus élevées dans le muscle LT ($P < 0,0001$) comparées à celles du muscle RA (x1,5 en moyenne) et surtout du muscle ST (x3 en moyenne) avec un effet significatif ($P < 0,04$) d'interaction « traitement x muscle ». A la différence des AGMI *cis*, les AGMI *trans* totaux sont certes les plus abondants avec le régime haut (ALH) mais on observe des teneurs significativement supérieures avec le régime « lin » ALB à celles du régime « parois » (P).

Les AGMI totaux représentent en moyenne 32 à 42 % des AG totaux selon le type de muscle et de régime considérés. On observe les mêmes effets que ceux mesurés avec les AGMI *cis*, soit donc un effet marqué avec le type de muscle ; les LT et RA étant 2 fois plus riches que le muscle ST. Comme pour les AG monoinsaturés *cis*, les AGMI totaux sont très significativement ($P > 0,0001$) les plus élevées avec le régime haut en énergie (ALH).

Teneurs en acides gras polyinsaturés des muscles (Tableau 3)

Les AGPI n-6 représentent en moyenne 14.7 % des AG totaux pour tous muscles et régimes confondus, soit des teneurs comprises entre 120 et 157 mg/100 g de tissu frais. Leur teneur similaire pour les muscles RA et LT est plus élevée que dans le muscle ST. Elle augmente significativement avec le régime Haut (ALH) par rapport aux régimes bas de type parois (P) et surtout lin bas (ALB). Ils sont essentiellement composés d'AGPI n-6 *cis* (94%) essentiellement représentés par l'acide linoléique (18:2n-6), les AGPI n-6 *trans* (*trans*, *trans*, *cis trans* et *trans cis*) représentant 6% des AGPI n-6 totaux. Les teneurs comparables pour les muscles LT et RA sont supérieures de 10% à celle du muscle ST. Les mêmes effets des régimes sont observés dans le cas de l'acide linoléique (C18 :2n-6).

Les AGPI n-3 se composent de l'acide linoléique (C18 :3n-3, ALA) et de ses homologues AGPI longue chaîne n-3 (AGPI N-3 LC : C20 :5n-3 ou EPA, C22 :5 n-3 ou DPA et C22 :6n-3 ou DHA). Les effets liés au type de muscle et aux traitements sont différents entre l'ALA et ses dérivés AGPI n-3 longue chaîne. Pour l'ALA, on observe des valeurs plus élevées pour le muscle LT que le RA et surtout le ST, directement reliées à la teneur en AG totaux des muscles et un effet direct du niveau d'apport de cet AG par la graine de lin d'où des valeurs les plus élevées avec les régimes à base de lin.

Pour les AGPI n-3 longue chaîne, les teneurs sont très dépendantes de la capacité des muscles à convertir l'ALA en dérivés plus insaturés et plus longs. Ainsi c'est le muscle ST qui possède les teneurs (très significativement) plus élevées en différents AGPI n-3 LC avec curieusement un effet stimulant des régimes enrichis en graines de lin, le régime bas à base de graines de lin ayant un effet supérieur au régime lin à haut niveau d'apport en énergie et surtout au régime P riche en parois.

Les AGPI n-3 LC sont dominés par le DPA et secondairement l'EPA, la teneur en DHA généralement faible (<1,3mg/100g tissu) étant néanmoins stimulée par l'apport de graines de lin. Néanmoins la teneur en DHA des muscles reste modeste face à l'EPA et surtout le DPA ce qui confirme la faible capacité des muscles à produire du DHA à partir de l'ALA, l'EPA et surtout le DPA déjà rapportées par de précédents travaux (Scollan *et al.*, 2006).

L'analyse par M Cherfaoui (actuellement doctorante à URH-AMUVI) par approche génomique du niveau des ARNm correspondant aux protéines impliquées dans la formation des AGPI n-3 longue chaîne montrent une déficience en élongase 5 dans les tissus

musculaires à la différence du foie capable de convertir le DPA en DHA (Cherfaoui *et al.*, 2011, Lipids, sous presse).

Tableau 3: Effets des régimes expérimentaux sur les teneurs (mg/100g tissu frais) en acides gras polyinsaturés des muscles *Rectus abdominis* (RA), *Longissimus thoracis* (LT) et *Semitendinosus* (ST) de taurillons charolais (données cumulées des deux années)

| Traitement | P | | | ALH | | | ALB | | | SEM | Effets statistiques (Probabilité) | | |
|-------------------------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------------------------------|------------------------------|------------------------|
| | Muscles | RA | LT | ST | RA | LT | ST | RA | LT | | ST | Muscle (M) | Trait ^t (T) |
| Σ AGPI n-6 trans | 5.9 | 7.4 | 3.6 | 17.9 | 22.3 | 10.2 | 15.9 | 14.8 | 6.4 | 1.76 | P<0.0001 RA=LT>ST | P<0.0001 ALH>ALB ALB>P | NS |
| C18:2n-6 cis,cis | 120 | 115 | 99 | 119 | 126 | 98 | 111 | 101 | 86 | 4.07 | P<0.0001 RA=LT>ST | P<0.0001 ALH=P P>ALB | NS |
| Σ AGPI n-6 cis | 157 | 147 | 139 | 150 | 154 | 134 | 144 | 129 | 120 | 4.67 | P<0.0001 RA=LT>ST | P<0.0001 ALH =P P>ALB | NS |
| AGPI n-6 totaux | 162 | 154 | 143 | 167 | 176 | 144 | 160 | 144 | 127 | 5.88 | P<0.0001 RA=LT>ST | P<0.0004 ALH>P P>ALB | NS |
| C18:3n-3 | 10.7 | 11.7 | 8.6 | 24.7 | 31.8 | 19.6 | 20.4 | 21.1 | 15.9 | 1.20 | P<0.0001 LT>RA>ST | P<0.0001 ALH>ALB ALB>P | 0.003 |
| C20:5n-3 | 2.35 | 2.28 | 3.95 | 4.32 | 4.55 | 7.01 | 5.23 | 5.38 | 7.80 | 0.24 | P<0.0001 ST>RA=LT | P<0.0001 ALB>ALH ALH>P | NS |
| C22:5n-3 | 8.1 | 6.9 | 9.8 | 10.4 | 9.8 | 12.3 | 11.1 | 10.0 | 12.3 | 0.38 | P<0.0001 ST>RA>LT | P<0.0001 ALB=ALH ALH>P | NS |
| C22:6n-3 | 0.04 | 0.09 | 0.16 | 0.18 | 0.14 | 0.80 | 0.91 | 0.76 | 1.27 | 0.11 | P<0.0001 ST>RA=LT | P<0.0001 ALB>ALH ALH>P | 0.05 |
| AGPI n-3 totaux | 21.4 | 21.3 | 22.9 | 40.3 | 46.8 | 40.6 | 38.3 | 38.4 | 38.0 | 1.50 | NS | P<0.0001 ALH>ALB ALB>P | NS |
| AGPI totaux | 189 | 180 | 168 | 219 | 237 | 191 | 206 | 190 | 168 | 7.83 | P<0.0001 RA=LT>ST | P<0.0001 ALH>ALB ALB=P | NS |

Le calcul de différents rapports d'AG des lipides totaux des muscles considérés renseignent sur la valeur santé des viandes correspondantes (Tableau 4).

Le rapport AGPI n-6/AGPI n-3 des régimes haut et bas supplémentés en graines de lin présente des valeurs inférieures à 5 compatibles aux recommandations alimentaires pour l'Homme alors que le régime parois P présente un rapport trop élevé face aux recommandations. Sur ce critère, le muscle maigre ST présente les meilleures caractéristiques.

Les mêmes tendances sont observées avec le rapport C18:2 n-6/C18:3n-3 pour l'effet traitement avec toujours le muscle RA présentant la teneur la plus forte (défavorable). Le muscle ST avec une faible teneur en lipides dominés par les phospholipides riches en AGPI explique sa valeur forte du rapport AGPI/AG saturés, valeur amplifiée par le régime P pauvres en lipides et riches en parois.

Tableau 4: Effets des régimes expérimentaux sur différents rapports d'acides gras au sein des lipides totaux des muscles *Rectus abdominis* (RA), *Longissimus thoracis* (LT) et *Semitendinosus* (ST) de taurillons charolais (données cumulées des deux années)

| Traitement | P | | | ALH | | | ALB | | | | Effets statistiques (Probabilité) | | |
|-------------------------------------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-----------------------------------|------------------------------|----------------|
| | Muscles | RA | LT | ST | RA | LT | ST | RA | LT | | ST | Muscle (M) | Traitement (T) |
| Rapport n-6 / n-3 | 7.7 | 7.3 | 6.3 | 4.2 | 3.8 | 3.6 | 4.2 | 3.8 | 3.3 | 0.124 | P<0.0001 RA>LT LT>ST | P<0.0001 P>ALH=ALB | 0.008 |
| Rapport 18:2n-6 C18:3n-3 | 11.5 | 10.0 | 11.6 | 5.0 | 4.2 | 5.1 | 5.5 | 4.8 | 5.4 | 0.205 | P<0.0001 RA=ST>LT | P<0.0001 P>ALB ALB>ALH | NS |
| Rapport C16:0 / C18:0 | 1.5 | 1.3 | 1.4 | 1.7 | 1.4 | 1.6 | 1.5 | 1.2 | 1.4 | 0.053 | P<0.0001 RA>ST ST>LT | P<0.0001 ALH>ALB=P | NS |
| Rapport AGPI / AG Sat. | 0.36 | 0.30 | 0.65 | 0.35 | 0.30 | 0.58 | 0.41 | 0.38 | 0.68 | 0.011 | P<0.0001 ST>RA=LT | P<0.02 ALB>ALH=P | NS |

En conclusion

Les travaux d'analyse des effets des traitements alimentaires et du type de muscle montrent des effets nets stimulants du niveau d'apport en énergie sur l'élévation des teneurs des principaux acides gras au sein des lipides musculaires.

Cependant, ces effets sont pondérés par le type de muscle considéré, les effets étant plus marqués sur les muscles LT et RA que le muscle ST plus maigre possédant des capacités lipogéniques relativement plus réduites.

En revanche, dans le cas du dépôt des AGPI n-3 LC, le muscle ST apparaît posséder des capacités de stockage supérieures aux autres muscles peut être par des possibilités supérieures d'élongation et de désaturation de l'ALA. Ces hypothèses devraient être confirmées par une approche génomique comparée de ces voies du métabolisme des AGPI n-3 LC entre les différents muscles prélevés et étudiés dans ce programme DéfiViande. A cet égard, le muscle ST avec des teneurs en lipides et acides gras relativement modérées, une teneur en AGPI n-3 LC plus élevée et un rapport AGPI n-6/AGPI n-3 plus faible, se révèle une source de viande particulièrement bénéfique pour la santé humaine, notamment lorsqu'elle est produite avec des taurillons recevant des aliments enrichis en graines de lin extrudées.

Marqueurs du métabolisme musculaire et hépatique

D. Micol, B. Picard, J.F. Hocquette

Le métabolisme des lipides dans les muscles est une composante primordiale de la physiologie de l'animal pendant la phase d'élevage, mais aussi de la qualité finale de la viande après l'abattage. D'une part, l'oxydation des acides gras (AG) dans le muscle fournit une part importante de l'énergie nécessaire à la contraction musculaire en cours de la croissance et lors d'un exercice physique. D'autre part, le muscle peut également stocker les AG sous forme de lipides intramusculaires (LIM). La teneur en LIM au moment de l'abattage de l'animal détermine alors en partie les qualités organoleptiques (jutosité, flaveur, tendreté) de la viande. L'élévation de la teneur en lipides intramusculaires semble liée à une augmentation de l'activité des voies de dépôt, de transport, et d'utilisation des AG dans le muscle. Il a été montré que le contrôle de la teneur en LIM serait davantage lié à l'importance des flux de lipides dans le muscle qu'à la régulation d'une voie métabolique unique (Gondret et Hocquette, 2006⁴). De ce fait, si l'on souhaite modifier de façon importante la teneur en LIM de la masse musculaire, il s'agira alors de rechercher les stratégies nutritionnelles (restriction protéique de courte durée par exemple) ou génétique (sélection directe sur la teneur en LIM) susceptibles de modifier ces flux d'acides gras.

Dans ce projet trois activités enzymatiques représentatives du métabolisme du muscle sont suivies et mesurées. Nous avons en effet déjà montré chez le boeuf (Bouhraoua et al., 2001⁵) que l'apport d'huile de tournesol ou de lin par infusion modifie l'activité métabolique des muscles (augmentation du potentiel d'oxydation, diminution des potentiels d'utilisation du glucose et de la chaîne respiratoire). L'objectif est de confirmer ici ces résultats chez le taurillon et de les relier aux caractéristiques qualitatives des muscles et de la viande.

De plus, le foie se distingue des muscles squelettiques par une plus forte activité métabolique et notamment par un plus fort potentiel d'utilisation des acides gras à des fins énergétiques. Ces différences résultent principalement d'un métabolisme mitochondrial beaucoup plus actif dans le foie que dans le muscle squelettique, comme en témoignent les différences d'activités de la cytochrome c oxydase (COX) observées entre les différents organes et tissus. Enfin, aussi bien chez le rat que chez le bovin, le foie se distingue du muscle squelettique par un rapport des activités cytochrome c oxydase / citrate synthase plus élevé suggérant des différences qualitatives ou fonctionnelles des mitochondries entre le foie d'une part, et les tissus musculaires d'autre part (Piot et al., 1998⁶). Le métabolisme du glucose (estimé par l'activité phosphofructokinase-PFK) s'en trouve en conséquence modifié. Nous proposons donc de mesurer. Dans ce projet trois activités enzymatiques (LDH, PFK, COX) représentatives du métabolisme du foie et du muscle sont mesurées pour préciser dans quelle mesure les différences de régime alimentaire modifie ces activités, et donc, d'une façon plus générale, l'activité métabolique du foie et ceci afin de mieux expliquer les variabilités d'efficacité alimentaire globale entre régimes et entre individus.

Conduite et alimentation des animaux en engraissement :

Dans le volet de ce projet 2 des 3 régimes expérimentaux d'engraissement différents à base de concentré et de paille ont été suivis. Le régime à base de l'aliment concentré « parois » (ration P) à base de son, de pulpe de betteraves et de luzerne déshydratées, et le régime à base de l'aliment concentré « amidon – lipides » (ration ALH) riche en céréales et contenant 6% de graine de lin extrudée qui ont été distribués individuellement et *ad libitum* à 4 lots pour

⁴ Gondret et Hocquette, 2006. INRA Prod. Anim., 19, 327-338

⁵ Bouhraoua et al., 2001. Congrès de la Société Française de Nutrition

⁶ Piot et al., 1998. Comparative Biochemistry and Physiology Part B 121, 185-194

chacun d'eux. La valeur énergétique nette des concentrés P et AL calculée d'après les tables INRA était de 0,84 et 1,13UFV / kg MS.

Mesures et analyses

* En engraissement

L'ingestion de concentré a été déterminée individuellement par pesée quotidienne des quantités distribuées et pesée 3 fois par semaine des quantités refusées. L'ingestion est exprimée d'une part en quantités d'aliment ingérées et d'autre part en énergie (UFV/j).

La croissance des animaux a été suivie par pesées bimensuelles à heure fixe et elle est décrite par le Gain Moyen Quotidien (GMQ) exprimé en g/j. L'efficacité alimentaire sur une période est estimée par le rapport GMQ/UFV.

* A l'abattage

Les caractéristiques d'abattage ont été enregistrées : poids vif avant abattage, poids des éléments constitutifs du cinquième quartier (tête, cuir, extrémités des membres...), des organes (foie, cœur, poumon, rein, éléments du tube digestif...) et des dépôts adipeux internes (gras thoracique, des reins, du péritoine et du mésentère...). La composition tissulaire (dépôts adipeux de la carcasse, muscles et squelette de la carcasse) des carcasses a été estimée à partir de la dissection de la 6^{ème} côte (poids des muscles, des dépôts adipeux intermusculaires et sous cutanés et des os) selon les équations de Robelin et al., 1976.

A 24 h *post mortem*, le foie et deux muscles ont fait l'objet de prélèvement (100 g environ) : le *Longissimus Thoracis* (LT) et le *Semitendinosus* (ST). Ces deux muscles sont des morceaux à griller. Le LT correspond, en terme boucher, à la Noix d'entrecôte du faux filet et le ST, muscle de la cuisse au Rond de gîte Noix. Le ST se caractérise par une proportion plus importante de fibres rapides et a donc plutôt un métabolisme glycolytique. A l'inverse le LT a en moyenne une plus grande proportion de fibres intermédiaires à métabolisme oxydo-glycolytique. Ces muscles ont été prélevés 24h après l'abattage, après ressuyage des carcasses à 4 °C, au niveau de la 6^{ème} côte pour le LT et dans la partie centrale du muscle pour le ST. Pour les analyses biochimiques, des cubes de 3 à 4 mm ont été découpés dans le prélèvement de muscle et ont été plongés directement dans de l'azote liquide pendant 10 à 20 secondes pour la congélation. Ensuite, chaque échantillon a été mis dans un cryotube. L'ensemble a été stocké dans des cryoboîtes au congélateur à -80°C jusqu'aux analyses enzymatiques.

* Activités enzymatiques sur les muscles et le foie

Les cinétiques des activités enzymatiques caractérisant le métabolisme glycolytique [lactate déshydrogénase (LDH), phosphofruktokinase (PFK)] ou le métabolisme oxydatif [cytochrome c oxydase (COX)] ont été mesurées selon les méthodes citées par Jurie et al. (2006) sur les échantillons de muscles LT et LT et le foie. La mesure de l'activité des enzymes s'est faite à partir d'une solution de substrat broyé. En effet, pour chaque échantillon, environ 200 mg de muscle sont broyés dans un tampon d'homogénéisation à l'aide d'un broyeur homogénéisateur polytron. Ensuite les échantillons sont centrifugés à 6000 G. Le surnageant (contenant les enzymes solubles et mitochondries est utilisé pour réaliser les mesures d'activité des enzymes grâce à l'ajout dans la solution de NADP ou de NADH, et d'autres substrats nécessaires au bon fonctionnement de l'enzyme cible. L'étude métabolique des muscles s'est effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre (Uvikon 941, Kontron) à la longueur d'onde 340 nm et à température constante de 25°C. Les activités enzymatiques sont exprimées en μmol de substrat par minute et par gramme de muscle ($\mu\text{mol min}^{-1} \text{g}^{-1}$) ou en μmol de substrat par minute et par gramme de protéine extraite du muscle ($\mu\text{mol min}^{-1} \text{gprot}^{-1}$).

Résultats

* En engraissement

En moyenne les animaux de ces 2 régimes ont consommé 87% de concentré et 13% de paille. L'ingestion de concentré a été significativement plus faible avec le régime ALH qu'avec le régime P (de l'ordre de 10% par jour sur la période totale de 196j). L'apport en UFV calculées d'après la digestibilité de la ration a été cependant supérieur (8,13 vs 7,74 UFV respectivement pour les régimes ALH et P sur la période totale de finition de 196j, $P < 0,05$). La croissance des animaux est supérieure avec le régime ALH par rapport au régime P sur la période totale de finition (1681 g/j vs 1585 g/j, $P < 0,01$). L'efficacité alimentaire globale sur la période totale de finition n'est pas différente entre les deux régimes, cependant elle apparaît significativement plus élevée sur la période finale (126-196 j de finition) pour le régime ALH (181 vs 167 g de GMQ par UFV).

* A l'abattage

Avec le régime ALH, le poids d'abattage est significativement supérieur (738 kg vs 706 kg) ainsi que le poids de carcasse (455 vs 421 kg) par rapport au régime P à un âge moyen d'abattage de 533 jours. Mais, plus particulièrement, la composition de carcasse se caractérise par un pourcentage de dépôts adipeux supérieur (17,1 vs 15,0% respectivement pour les régimes ALH et P), un pourcentage de muscle inférieur (69,7 vs 71,3%) et une part de squelette inférieure (13,7 vs 14,1%). Le rendement poids carcasse / poids départ étable est supérieur avec le régime ALH (59,0 vs 57,2 %).

* Activités métaboliques des muscles et du foie

| Site Régime | Foie | | Muscle LT | | Muscle ST | | Effets P < 0,05 |
|--|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------|
| | ALH | P | ALH | P | ALH | P | |
| LDH ($\mu\text{mol min}^{-1} \text{g}^{-1}$) (écart type) | 63,8 11,5 | 58,0 10,9 | 1070 90 | 1019 78 | 1035 56 | 1013 99 | NS |
| LDH ($\mu\text{mol min}^{-1} \text{gprot}^{-1}$) (écart type) | 337 63 | 317 71 | 4911 484 | 4719 397 | 4933 379 | 4980 459 | NS |
| PFK ($\mu\text{mol min}^{-1} \text{g}^{-1}$) (écart type) | 3,0 0,5 | 3,1 0,6 | 135 21 | 127 14 | 122 39 | 108 46 | NS |
| PFK ($\mu\text{mol min}^{-1} \text{gprot}^{-1}$) (écart type) | 15,8 3,0 | 17,2 4,1 | 621 101 | 588 69 | 584 199 | 529 220 | NS |
| COX ($\mu\text{mol min}^{-1} \text{g}^{-1}$) (écart type) | 47,9 ^a 11,8 | 49,2 ^a 9,5 | 11,5 ^a 2,9 | 12,4 ^a 2,3 | 11,3 ^a 2,7 | 9,9 ^b 2,2 | ALH>P t (0,06) |
| COX ($\mu\text{mol min}^{-1} \text{gprot}^{-1}$) (écart type) | 255 68 | 268 56 | 52,8 14,1 | 57,7 10,9 | 53,4 11,9 | 48,4 11,0 | NS |

Tableau 1 : Activités métaboliques enzymatiques (LDH, PFK et COX) des muscles *Longissimus Thoracis* (LT), *Semitendinosus* (ST) et du foie selon le régime alimentaire à base de concentré amidon-lipides (ALH) ou concentré parois (P).

Conclusion

L'apport d'un aliment concentré à base d'amidon et de lipides par rapport à un concentré riche en parois dans une ration distribuée à volonté s'est traduit par une augmentation du gain de poids vif en dernière partie de la finition. Les carcasses présentent un dépôt adipeux plus important en quantité et en proportion qui dénote un dépôt et une synthèse de lipides accrus. Cependant l'élévation de la teneur en lipides intramusculaires ou leur synthèse ne semblent pas pouvoir être mis en relation avec une augmentation de l'activité des voies métaboliques et enzymatiques suivies dans le volet de cette étude.

Conclusion générale

M.M. Mialon

L'expérimentation conduite dans le cadre de ce projet était assez complexe de par le volume et la complexité des mesures réalisées. Ces mesures étaient pour certaines difficiles à concilier entre elles : par exemple des mesures de comportement très sensibles aux perturbations environnementales et la mesure des émissions de méthane entraînant de fréquentes manipulations des animaux. Ces mesures, nouvelles pour la plupart et réalisées sur un domaine expérimental distant de 200 km de l'unité de recherches, ont nécessité une certaine adaptation de la part des différents agents y compris dans le domaine de la sécurité. Le protocole a lui même évolué avec en particulier l'ajout d'un essai complémentaire pour estimer la digestibilité des régimes. Au final, ce projet nous permet de disposer d'un éventail très large de données complémentaires.

La période d'élevage a été perturbée par un évènement sanitaire majeur, la grippe, en 1^{ère} campagne et par des problèmes digestifs fréquents. Les taurillons recevant le régime amidon-lin à volonté semblent moins bien s'adapter, ce qui se traduit par une réactivité plus forte à la manipulation, plus de compétition et une vitesse d'ingestion plus rapide. Ils valorisent moins bien l'énergie ingérée en particulier en début d'engraissement. Les effets préjudiciables déjà connus du réallotement en lots de poids homogène sur le comportement des animaux sont confirmés dans cet essai. Au cours de l'engraissement, les émissions de méthane par kg de gain de poids sont plus faibles en utilisant la ration amidon-lin par rapport à la ration fibre. Cependant, l'analyse des impacts environnementaux donne un classement différent des 2 régimes selon le type d'impact auquel on s'intéresse : le régime amidon-lin a un impact plus faible pour les gaz à effet de serre mais plus élevé pour l'occupation des sols.

Le vécu par l'animal de la période d'abattage et les conséquences sur l'évolution du muscle sont déterminés de manière multifactorielle mais il semble que les régimes alimentaires n'aient pas d'effets majeurs. De même, les différents types de ration n'ont pas entraîné de perturbations du fonctionnement hépatique, ni même des intensités des processus de peroxydation au niveau musculaire ou plasmatique.

Concernant les résultats d'abattage, les animaux nourris avec le régime amidon-lin à volonté présentent des carcasses plus lourdes avec un pourcentage de dépôts adipeux supérieur par rapport au régime fibre. Cependant cette élévation de la teneur en lipides intramusculaires ou leur synthèse ne semblent pas pouvoir être mis en relation avec une augmentation de l'activité des voies du métabolisme glycolytique ou oxydatif. Du point de vue de la qualité de la viande, l'apport de graines de lin accroît la teneur en acides gras polyinsaturés n-3 des muscles considérés mais affecte peu celle des acides gras saturés, ce qui améliore la valeur santé de la viande.

Une étude économique de ces différents types de conduites aurait fourni des informations intéressantes.

Les résultats de cette expérimentation montrent bien que, selon la dimension de la durabilité que l'on va considérer, le jugement que l'on va porter sur une conduite d'élevage pourra être favorable ou défavorable. Ce qui est important, c'est de trouver un équilibre entre ces différentes dimensions.

Liste des publications et rapports

Publications scientifiques dans des revues à comité de lecture

- Eugène M., Martin C., Mialon M.M., Krauss D., Renand G., Doreau M. 2011. Dietary linseed and starch supplementation decreases methane production of fattening bulls. *Animal Feed Science and Technology*, 166-167, 330-337.
- Popova M., Martin C., Eugène M., Mialon M.M., Doreau M., Morgavi D. P. 2011. Diet composition influences methanogenic Archaea diversity and activity in the rumen of feedlot bulls. *Animal Feed Science and Technology*, 166-167, 113-121.

Communications à des symposia et à des congrès

- Eugène M., Martin M., Mialon M.M., Krauss D., Renand G., Doreau M. 2009. Methane production by growing bulls fed diets supplemented or not with linseeds. Proceedings of the XI International Symposium on Ruminant Physiology, Clermont-Ferrand, France. September 6-9 2009. Ed. Wageningen Acad. Publ. (The Netherlands) in Y. Chilliard, F. Glasser, Y. Faulconnier, F. Bocquier, I. Veissier, M. Doreau (eds) *Ruminant physiology. Digestion, metabolism, and effects of nutrition on reproduction and welfare*. pp. 172-173.
- Eugène M., Martin C., Mialon M.M., Krauss D., Renand G., Doreau M. 2009. Réduction des émissions de méthane en début d'engraissement chez le taurillon alimenté avec des rations riches en concentrés et supplémentées en graine de lin. *Rencontres Recherches Ruminants*, 17, 246.
- Eugène M., Martin C., Mialon M.M., Krauss D., Renand G., Doreau M. Dietary linseed and starch supplementation decreases methane production of fattening bulls. Proceedings of the Greenhouse Gases and Animal Agriculture (GGAA) Conference, Banff, Canada, E.J. McGeough and S.M. McGinn, eds, p. 120.
- Popova M., Martin C., Eugène M., Mialon M.M., Doreau M., Morgavi D.P. 2010. Effect of fibre- and starch-rich finishing diet on methanogenic Archaea diversity and activity in the rumen of feedlot bulls. Proceedings of the Greenhouse Gases and Animal Agriculture (GGAA) Conference, Banff, Canada, E.J. McGeough and S.M. McGinn, eds, p. 161-162.
- Mialon M.M., Micol D., Ortigues I., Krauss D., Renand G., Veissier I., Doreau M. 2010. Utilisation des rations supplémentées ou non en graine de lin extrudée pour la finition de jeunes bovins charolais. *Rencontres Recherches Ruminants*, 17, 312.
- Nguyen T.T.H., Eugène M., van der Werf H., Chesneau G., Mialon M.M., Doreau M. 2010. Effect of diet rich in “fibre” or “starch and lipid” on environmental impacts of bull-fattening system. Proceedings of the Greenhouse Gases and Animal Agriculture (GGAA) Conference, Banff, Canada, E.J. McGeough and S.M. McGinn, eds, p. 143.
- Nguyen T.T.H., Eugène M., van der Werf H., Chesneau G., Mialon M.M., Doreau M. 2010. Comparaison des impacts environnementaux d'un système d'engraissement de taurillons utilisant une ration riche en fibres ou une ration riche en amidon et lipides. *Rencontres Recherches Ruminants*, 17, 361.

Transfert

Mialon M.M., Boissy A. 2010. Bien-être animal et production : un éclairage avec le projet DéfiViande. Présentation à la Journée élevage bovin viande – Bourges 30 septembre 2010.

Rapports

Mialon M.M., Eugène M., Doreau M., Bauchart D., Krauss D., Micol D., Mounier L., Terlouw C., Veissier I., 2010. Contrat de Recherches n° 23000274 INRA-Valorex-McKey « Défi viande ». Rapport d'étape. Première année. Document confidentiel INRA, 24 pp.

Bauchart D., Thomas A., 2010. Projet Défi viande. Analyse des lipides et acides gras des viandes. Rapport confidentiel INRA, 25 pp.

Dormion D. (avec Mialon M.M.) 2010. Différences de comportement alimentaire et d'activité générale : impact du régime alimentaire et du réallotement chez les taurillons. Master de Recherche M2 Sciences de la Vie et de la Santé ; Mention : Nutrition et Sciences des Aliments, Univ. Clermont-Ferrand II.

Mialon M.M., Doreau M., Bauchart D., Kraus D., Micol D., Mounier L., Terlouw C., Veissier I., 2011. Contrat de Recherches n° 23000274 INRA-Valorex-McKey « Défi viande ». Rapport d'étape. Deuxième année. Document confidentiel INRA, 14 pp.

Programme de la journée

- 10h : Accueil
- 10h 15 : Bref rappel du protocole : 10 min (M-Madeleine Mialon)
- 10h 25 : Principaux résultats zootechniques et digestibilité des régimes : 10 min exposé + 10 min questions (MM Mialon)
- 10h 45 : Principaux résultats méthane : 10 min + 10 min (Michel Doreau)
- 11h 05 : Comportement et réactivité en élevage 2*(10 min + 15 min) (Luc Mounier et MM Mialon)
- Pause déjeuner 12h à 13h30
- 13h 30 : Marqueurs de souffrance hépatique : 15 min + 15 min (Denis Durand)
- 14h 00 : Stress à l'abattage : 15 min + 15 min (Claudia Terlouw)
- 14h 30 : Activités enzymatiques du muscle et du foie en relation avec le métabolisme 15 min + 15 min (Brigitte Picard et Didier Micol, présenté par D Bauchart)
- 15h 00 : Qualité nutritionnelle des lipides et acides gras de la viande : 15 min + 15 min (Dominique Bauchart)

27/10/11

DEFIVIANDE – McKey Valorex



DEFIVIANDE

Nouveaux défis à relever pour une production durable de viande bovine

Axe thématique régional : Nutrition, santé, bien-être

Coordinateur INRA : Daniel KRAUSS
Coordinateur Centre de Clermont-Theix : Marie-Madeleine MIALON



UE Bourges



UR1213 Herbivores



UMR1313
GABI



URANIE

Partenaires : **REGION CENTRE**
McKEY, VALOREX
CYALIN, GENOE, JACQUES COEUR



27/10/11

DEFIVIANDE – McKey Valorex



DéfiViande s'inscrit dans les recherches sur la durabilité des systèmes de production

Protection environnement

Rejets élevage et production matières 1^{ères} : effluents, gaz à effet de serre, nitrates

Consommation des ressources (culture des céréales) : énergie, engrais, eau

Viabilité économique

Maîtrise des charges : alimentation riche et coûteuse (autres solutions??)

Efficacité de la production : quantité, qualité des produits, santé des animaux

Revenu de l'éleveur

Acceptabilité sociale

Consommateur : qualité, sécurité alimentaire

Citoyen : image, bien-être animal (problèmes métaboliques, allotement, hors sol), concurrence avec l'alimentation humaine

Eleveur : travail, qualité de vie

27/10/11

DEFIVIANDE – McKey Valorex

Les objectifs du projet

1) explorer les pistes zootechniques pour réduire les émissions de GES

CH₄



2) évaluer le bien-être de taurillons engraisés intensivement en fonction :

- du niveau alimentaire
- de la pratique d'allotement



3) apprécier l'amélioration des qualités des viandes

- nutritionnelles : utilisation d'aliments à forte teneur en acides gras polyinsaturés oméga-3
- organoleptiques : marqueurs génétiques ou marqueurs fonctionnels



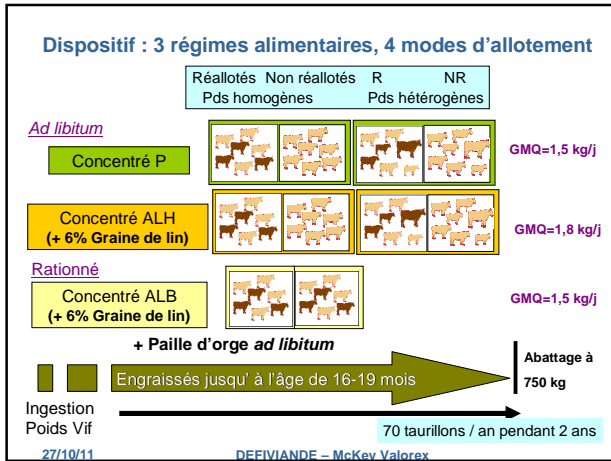
➔ 2 types d'animaux de boucherie :

- taurillons
- (- vaches adultes)

élevés et contrôlés à l'Unité Expérimentale de Bourges

27/10/11

DEFIVIANDE – McKey Valorex

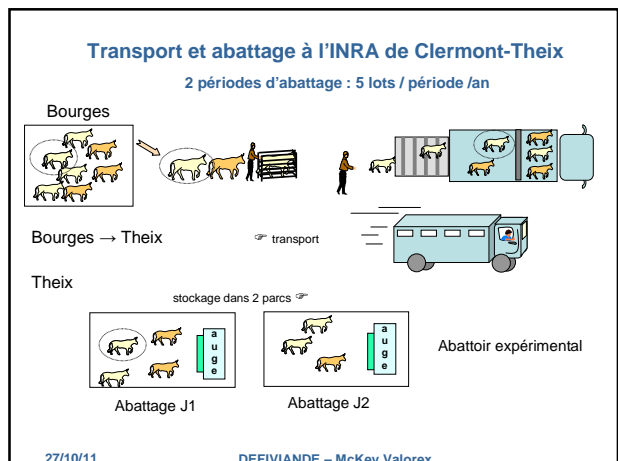
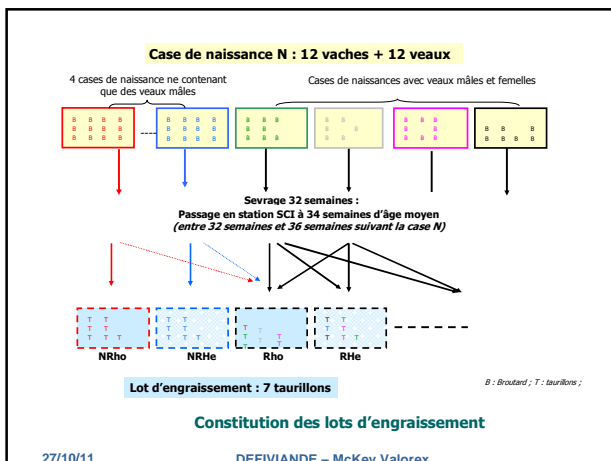


Concentrés

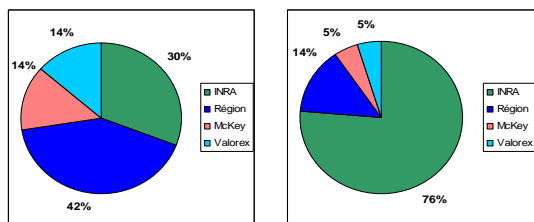
Utilisé à Bourges Expérimental

| Composition | Parois | Amidon - Lin |
|---|--------|--------------|
| Glucides (Parois, Amidon, solubles), % MS | 56 | 56 |
| Matières Grasses, % MS | 2,4 | 4,4 |
| Énergie, UFV/kg MS | 0,84 | 1,13 |
| Protéine/énergie, g PDI / UFV | 122 | 122 |

27/10/11 DEFIVIANDE – McKey Valorex



Un projet mobilisant de gros moyens humains et matériels :



Sans les salaires des permanents INRA

Avec

27/10/11

DEFIVIANDE – McKey Valorex

Valorisations, restitutions, présentations

Présentations du projet : Ferme des Bordes en 2009, GENOE 2009 et 2010, Région Centre 2009.

Mialon MM, Eugène M, Doreau M, Bauchart D, Krauss D, Micol D, Mounier L, Terlouw C, Veissier I, 2010. Contrat de Recherches n°2 3000274 INRA-Valorex-McKey « Défiviande ». **Rapport d'étape. 1^{ère} année.** Document confidentiel INRA, 24 pp

Mialon MM, Doreau M, Bauchart D, Krauss D, Micol D, Mounier L, Terlouw C, Veissier I, 2011. Contrat de Recherches n°23000274 IN RA-Valorex-McKey « Défiviande ». **Rapport d'étape. 2^{ème} année.** Document confidentiel INRA, 14 pp.

27/10/11

DEFIVIANDE – McKey Valorex

Ce n'était pas un projet facile car très ambitieux :

Merci à l'ensemble des personnes qui se sont mobilisées pendant les 3 années pour le mener à son terme

Merci à nos partenaires

27/10/11

DEFIVIANDE – McKey Valorex

Performances zootechniques

- Ingestion
- Croissance
- Efficacité alimentaire
- Performances d'Abattage
- Digestibilité des régimes P et ALH

Comparaison des régimes :
ALH vs P : type de concentré
ALB vs P : origine de l'énergie

Effet du type d'allotement

27/10/11

DEFIVIANDE Mc Key Valorex

Performances zootechniques



Les mesures en engraissement :

- Pesées des animaux tous les 14 jours
- Pesées quotidiennes des quantités d'aliment concentré distribuées et pesées des refus 3 fois par semaine
- Enregistrement des nombres de bottes de paille distribuées

Analyse des données :

Période 0-196 j divisée en 3 sous périodes : 0-56j, 56-126j, 126-196j

Les mesures à l'abattoir :

- Pesées et estimation de la composition corporelle par dissection de la 6^{ème} côte

27/10/11

DEFIVIANDE Mc Key Valorex

Problèmes sanitaires et mortalité

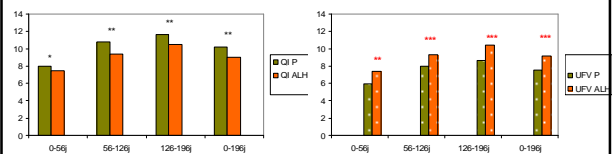
- * Problème sanitaire majeur en année 1 : grippe
- * Problèmes digestifs pendant les 2 années qui ont entraîné 4 morts chaque année, dont un seul chaque année avec le concentré P
- 📅 Année 1 : 8 animaux traités, 1 seul concentré P
- 📅 Année 2 : 11 animaux traités, 1 seul avec concentré P
- * Mortalité totale importante en engraissement :
Année 1 : 8 taurillons
Année 2 : 9 taurillons

27/10/11

DEFIVIANDE Mc Key Valorex

Comparaison de l'ingestion ALH vs P

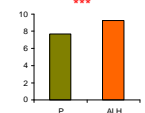
Sur l'ensemble de la période 0-196j et pour les différentes sous périodes :



- des quantités ingérées plus faibles (9.14 vs 10.20 kg/j)
- un apport en UFV supérieur (9.05 vs 7.55)

Pour les animaux abattus après l'été :

l'apport en UFV sur la totalité de l'engraissement reste supérieur (9.25 vs 7.68)

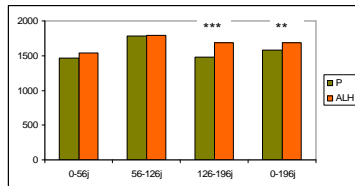


27/10/11

DEFIVIANDE Mc Key Valorex

Comparaison de la croissance ALH vs P

Sur l'ensemble de la période

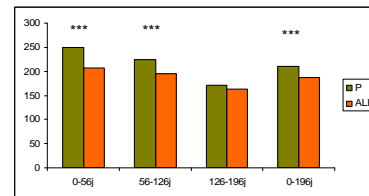


Un GMQ > (1683 vs 1583 g/j)
 Un GMQ > pour la période 126-196j (1691 vs 1476 g/j)

27/10/11

DEFIVIANDE Mc Key Valorex

Comparaison de l'efficacité alimentaire ALH vs P

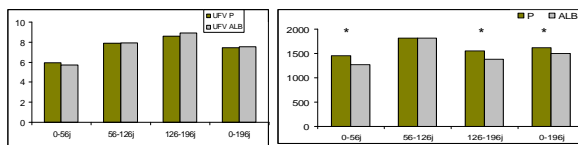


Une efficacité alimentaire plus faible pour le régime ALH

27/10/11

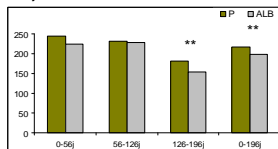
DEFIVIANDE Mc Key Valorex

Comparaison du régime ALB vs P



2 régimes isoénergétiques > 56j

Un GMQ plus faible en début et fin

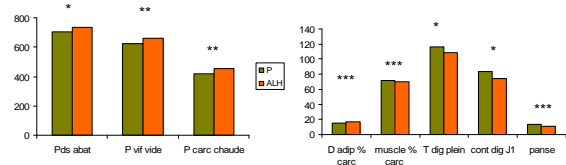


Une efficacité moins bonne quand l'énergie est apportée par amidon + graine de lin

27/10/11

DEFIVIANDE Mc Key Valorex

Performances d'abattage ALH vs P



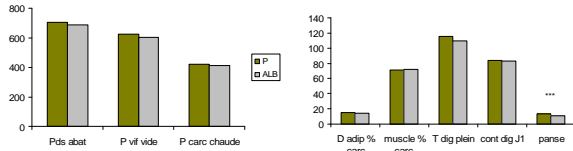
Avec le régime ALH :

- Des carcasses plus lourdes et plus grasses
- Un poids de panse et de contenu digestif plus faibles

27/10/11

DEFIVIANDE Mc Key Valorex

Performances d'abattage ALB vs P

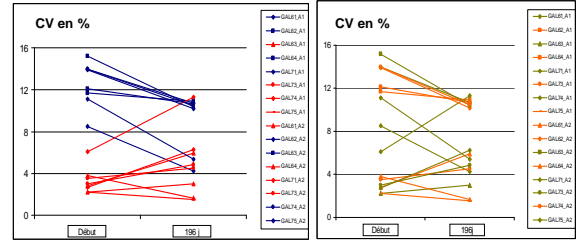


Des performances d'abattage équivalentes

27/10/11

DEFIVIANDE Mc Key Valorex

Evolution de l'hétérogénéité de poids entre début et 196j



En moyenne le CV passe de :

- 12% à 9.2% pour les lots hétérogènes
- 4.1% à 6.4% pour les lots homogènes

27/10/11

DEFIVIANDE Mc Key Valorex

Effet du réallotement

➔ Les animaux non réallotés ont une croissance significativement supérieure entre 126 et 196j :

P196 j : **Non Réallotés 668kg vs 648kg Réallotés (*)**

GMQ 126-196 : **1647g/j vs 1520 g/j (*)**

liée à une ingestion de concentré légèrement supérieure mais la différence est non significative (**9,71 vs 9,30** UFV/j)

27/10/11

DEFIVIANDE Mc Key Valorex

Essai complémentaire

Mesure de digestibilité sur vaches tarées

Choix des vaches tarées :
résultats comparables aux taurillons (essais anciens)
moins coûteux
installations opérationnelles à Theix

| | P | AL |
|---|------|------|
| Digestibilité Matière organique dMO (%) | 69,7 | 75,2 |
| Digestibilité Energie dE (%) | 75,2 | 77,9 |

Différence a priori trop forte

| | | |
|---|------|------|
| UFV prédit par tables INRA 2007 à partir de la composition de la ration | 0,77 | 1,02 |
| UFV calculé à partir de dE (méthode INRA) | 0,80 | 0,91 |
| UFV calculé à partir de dMO (méthode INRA 2007) | 0,75 | 0,88 |

27/10/11

DEFIVIANDE Mc Key Valorex

Conclusions

- Mortalité importante en engraissement
- Ingestion en QI plus faible pour le régime ALH mais supérieure en UFV
- Ecart de croissance entre les 2 régimes plus faible qu'attendu :
⇒ modification des périodes d'abattage en lien avec les contraintes de l'abattoir
- Efficacité d'utilisation de l'énergie plus faible en engraissement

27/10/11

DEFIVIANDE Mc Key Valorex

Merci

A l'ensemble du personnel de l'Unité expérimentale de Bourges

Jean-Claude Thouly et Daniel Krauss,
Thierry Noël et Christophe Pery

Et l'ensemble de l'équipe :

Benoit Brisset, Pascal Chevevson, Mathieu Jacquet, Jean-Loup Laudet
Philippe Maréchal, David Maupetit, Eric Rossi

Au personnel de l'Installation expérimentale de Theix (trocart et accueil des animaux après transport et transfert à l'abattoir)
+ essai digestibilité

Pascal Faure, Frédéric Anglard, Dominique Roux, Sylvie Rudel

Et l'équipe : Joan Chantelauze, Dominique Chassaignes, Patrice Mandon

Au personnel de l'abattoir

Roland Jailler, Denis Roux et Cedric Coustet

Et l'équipe : Simon Collange, Julien Mongiat

27/10/11

DEFIVIANDE Mc Key Valorex

Comportement alimentaire & activité générale :

Impact du régime alimentaire & du réallotement

27/10/11

DEFIVIANDE McKey Valorex

L'animal s'adapte avec plus ou moins de succès à l'alimentation proposée :



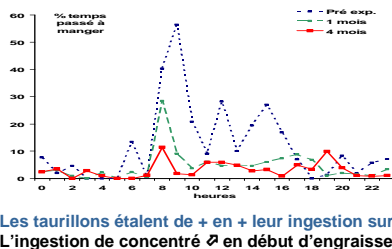
Commun et al

après un épisode d'acidose,
 ↘ ingestion de blé pendant au moins 3 jours

27/10/11

DEFIVIANDE McKey Valorex

Avec un régime C à 92% concentré et 8% paille



Mialon et al

Les taurillons étalent de + en + leur ingestion sur la journée
 L'ingestion de concentré ↗ en début d'engraissement puis ↘ et devient très variable en 2nde moitié d'engraissement

Q : la nature du concentré et les modalités d'allotement influencent-elles l'activité des animaux et leur comportement alimentaire

27/10/11

DEFIVIANDE McKey Valorex

Appréciation du bien-être

Activité générale



Comportement alimentaire



- Enregistrements vidéo (année 1 + nuits)
- observations en direct (année 2 le jour)
- interprétations (postures, activité générale)

Temps d'ouverture des portillons

27/10/11

DEFIVIANDE McKey Valorex

Variables étudiées

> Activité générale

300 h d'observation
900 scan/animal

Scan toutes les 5 minutes :

- % de temps dans chaque activité
- Durée moyenne de chaque activité
- Nombre de séquences d'activité

> Comportement alimentaire

Pesée des aliments

Temps d'ouverture des auges

- Quantité d'aliment et énergie ingérées
- Nombre de repas
- Durée d'ingestion
- Vitesse d'ingestion



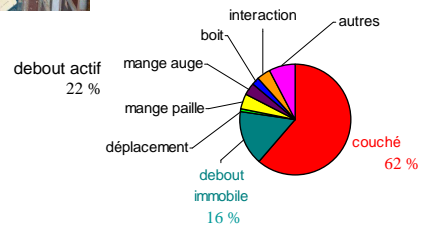
27/10/11

DEFIVIANDE McKey Valorex

Activité générale (sur 24h)



➔ Aucun effet régime ou allotement



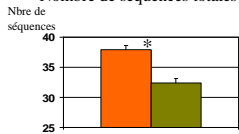
27/10/11

DEFIVIANDE McKey Valorex

Effet du régime

Activité générale (période diurne, 2009)

Nombre de séquences totales



> Changements d'activité plus fréquents pour le régime ALH

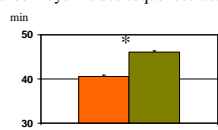
➔ Avec le régime ALH, les taurillons fractionnent plus leur activité qu'avec le régime P

➔ (Avec le régime ALB, les taurillons fractionnent plus leur activité qu'avec le régime P)

27/10/11

DEFIVIANDE McKey Valorex

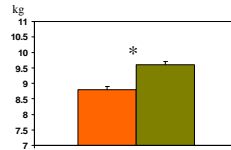
Durée moyenne des séquences couché



> Séquences couché plus courtes avec le régime ALH

Comportement alimentaire

Quantité d'aliment ingéré



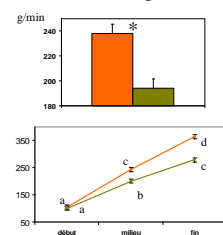
> Quantité ingérée plus faible pour le régime ALH

➔ Les animaux alimentés avec le régime ALH ingèrent moins d'aliment et plus vite

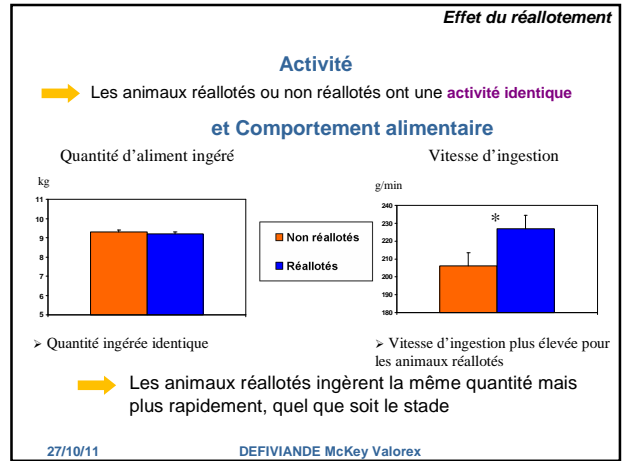
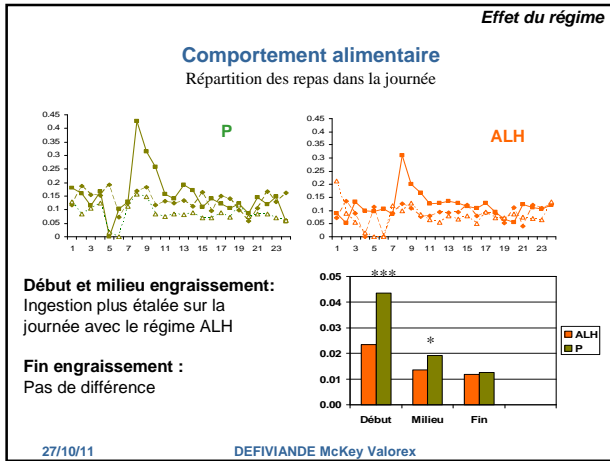
27/10/11

DEFIVIANDE McKey Valorex

Vitesse d'ingestion



> Vitesse d'ingestion plus élevée pour le régime ALH



En résumé ...

Régime ALH vs P

- fractionnent plus leur activité
- mangent plus vite à partir de mi-engraissement
- étalent plus leur ingestion au début et milieu d'engraissement

Animaux réallotés vs non réallotés

- vitesse d'ingestion plus élevée

Animaux dans lots de poids homogènes vs hétérogènes

- pas de différences mises en évidence dans cet essai

27/10/11 DEFIVIANDE McKey Valorex

Merci

Au personnel de l'Unité expérimentale de Bourges :

Christophe Pery : pour la prise en charge (organisation et réalisation) de l'ensemble des mesures et tests comportementaux

Et l'ensemble de l'équipe pour leur participation :
Benoit Brisset, Pascal Chevesson, Mathieu Jacquet, Jean-Loup Laudet, Philippe Maréchal, David Maupetit, Thierry Noël et Eric Rossi

Aux stagiaires : Lara Besse, Damien Dormion, Charles-Arthur Muller

Aux électroniciens : Thierry Vimal et Mathieu Carlier pour l'installation et la maintenance des capteurs sur les portillons

A Eric Delval pour l'installation des caméras

A Eric Delval, Damien Dormion et Olivier Loison pour l'aide aux dépouillements des vidéos

27/10/11 DEFIVIANDE McKey Valorex

VetAgro Sup

UE Bourges

INRA

Le bien-être des taurillons à l'engrais

Impact du réallotement, de la variabilité du poids et de l'alimentation.

Luc Mounier, Marie-Madeleine Mialon
Equipe Adaptation et Comportements Sociaux, UR1213, INRA

Région Centre

McKey France

VALOREX PRODUITS EXTRUDÉS

VetAgro Sup

La production de taurillons

Constitution de lots, généralement basés sur le critère de poids → Facilite la conduite alimentaire

Engraissement avec ration énergétique → Augmente le gmq

Limitation espace / augmentation effectifs → Réduction des charges

--- transfert vers l'abattoir ---

Nombreuses contraintes

VetAgro Sup

La production de taurillons

Constitution de lots, généralement basés sur le critère de poids → Modification du groupe social

Engraissement avec ration énergétique → État physiologique / Réactivité des taurillons

Limitation de l'espace disponible → Exacerbation des compétitions

--- transfert vers l'abattoir ---

Impact sur comportement, réactivité des taurillons ??

VetAgro Sup

La modification du groupe social

- Remise en cause de la hiérarchie → augmentation des combats
- Diminution de la cohésion sociale → augmentation de la réactivité des animaux face à un stress
- Diminution de la croissance des animaux
- Processus exacerbés par l'homogénéité des animaux

Problématique

Impact des différents facteurs sur le comportement et la réactivité des taurillons à l'homme, et à l'abattage

↓

Groupe plus important ?
Réactivité à la manipulation ?
Impact de la ration alimentaire ?
Mécanisme de comportement alimentaire ?

Matériels et méthodes

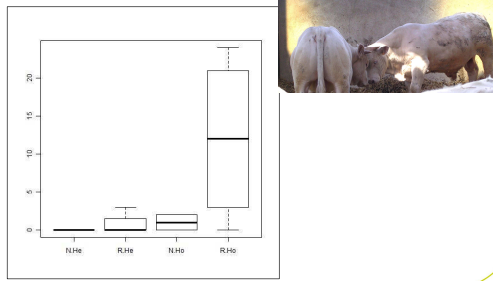
1. Comportement social au réallotement
2. Réactivité à la manipulation
3. Tests de compétition alimentaire



Résultats : réallotement

Nombre de luttes

Fonction du poids et du réallotement



$P=0.05$

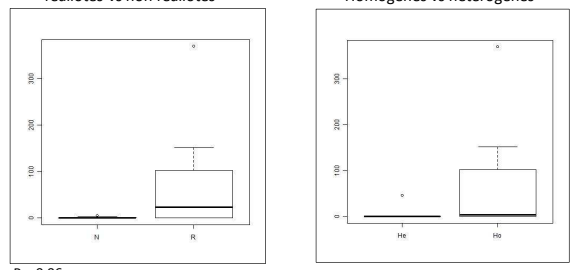
Les luttes au réallotement sont plus nombreuses chez les animaux réallotés ET homogènes en poids

Résultats : réallotement

Durée totale de luttes

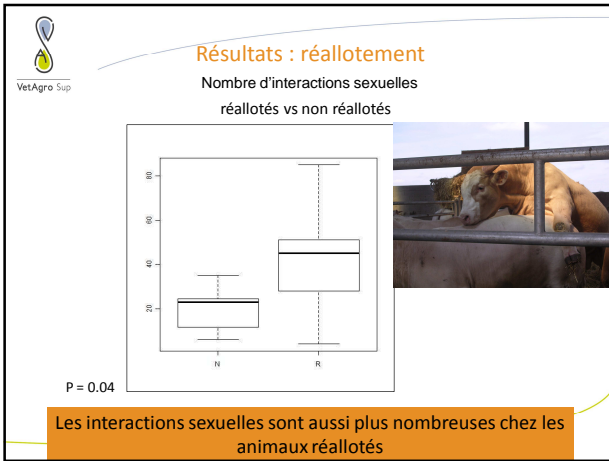
réallotés vs non réallotés

Homogènes vs hétérogènes



$P = 0.06$ $P = 0.07$

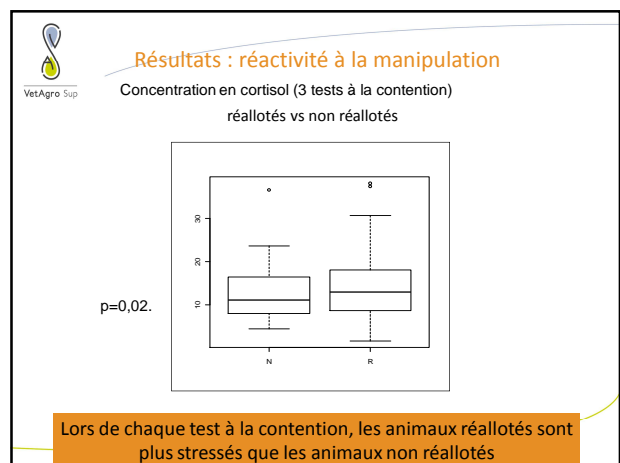
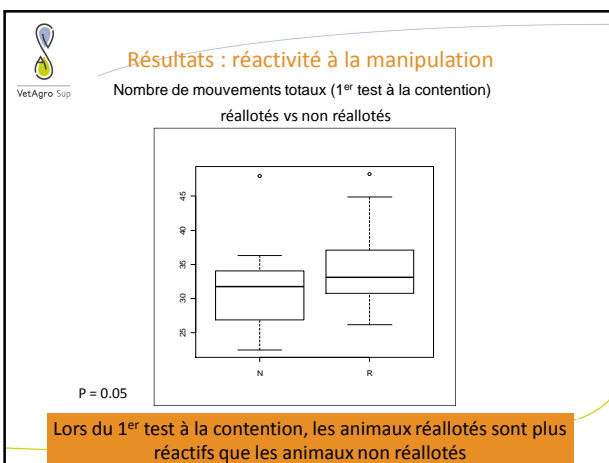
Les animaux réallotés et les homogènes en poids
Passent plus de temps en lutte

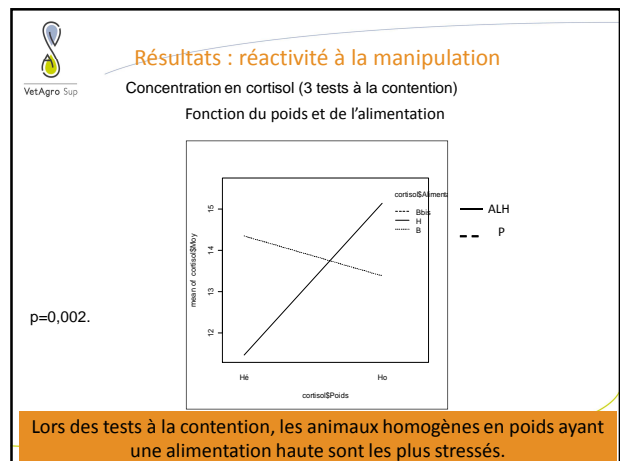
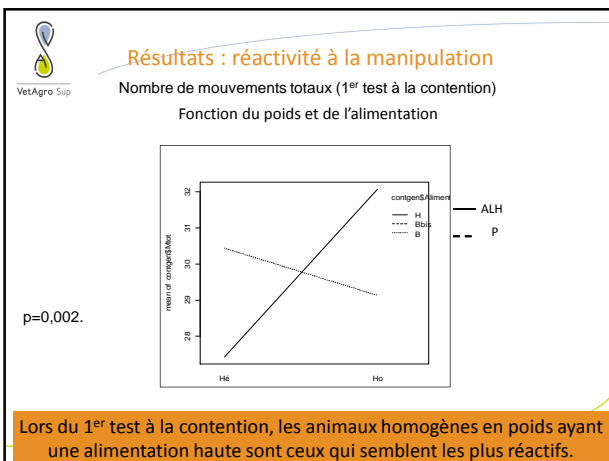
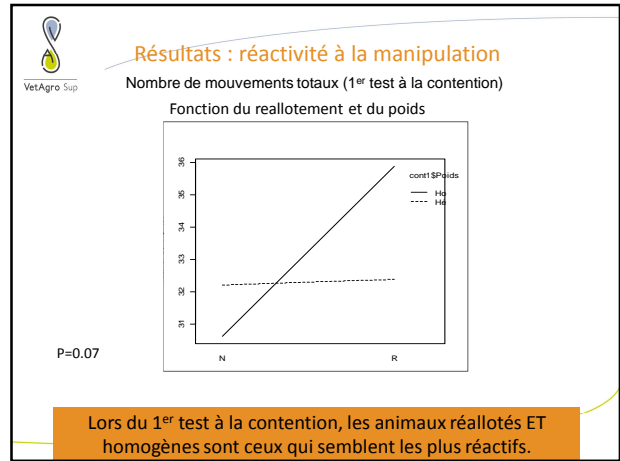
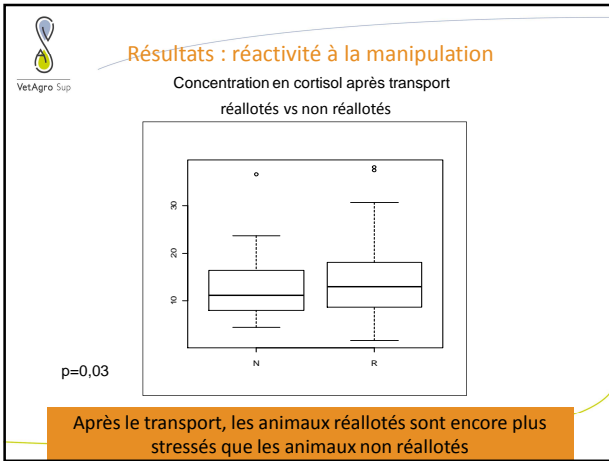


Résultats : réallotement

Les animaux réallotés « prennent connaissance les uns des autres »

Notamment par l'intermédiaire de luttes chez les animaux de poids homogènes





Résultats : réactivité à la manipulation

VetAgro Sup

Impact du réallotement, de la variabilité en poids des lots et de l'alimentation sur la réactivité et le stress lors des manipulations.

Résultats : compétition alimentaire

VetAgro Sup

Nombre de repas

Pas de différence significative dans le nombre total de repas par groupe

Répartition des repas dans le groupe

p=0,02. p=0,02.

Lors des compétitions alimentaires, la répartition des repas est différente dans les groupes selon la variabilité en poids, l'alimentation.

Résultats : compétition alimentaire

VetAgro Sup

Nombre de repas

Répartition des repas dans le groupe

ALH P

ALH P

P<0.001

Lors des compétitions alimentaires, la répartition des repas meilleure chez les animaux hétérogènes recevant une alimentation basse.

Résultats : compétition alimentaire

VetAgro Sup


Durée totale des repas

ALH P

ALH P


P<0.001

Lors des compétitions alimentaires la durée totale des repas est plus longue chez les animaux hétérogènes recevant une alimentation basse.

 **Résultats : compétition alimentaire**

Compétition alimentaire moins forte :

- chez les animaux hétérogènes en poids
- Chez les animaux recevant une alimentation basse

 **Conclusions**

Il semblerait :

- Le réallotement et l'homogénéité des poids soient perturbateurs du comportement social
- La distribution d'une alimentation haute augmente la réactivité chez les taurillons

 **Merci à tous**

 UR1213 Herbivores

 **GABI**

UMR1313
GABI



-KRAUSS Daniel
-NOEL Thierry
-PERY Christophe
-MAUPETIT David
-LAUDET Jean-Loup
-CHEVESSON Pascal
-MARECHAL Philippe
-BRISSET Benoit
-JACQUET Mathieu
-ROSSI Eric

REGION CENTRE, McKEY, VALOREX,
CYALIN, GENOE, JACQUES COEUR



Défiviande

Production de méthane

Unité de Recherches sur les Herbivores
63122 Saint-Genès Champanelle

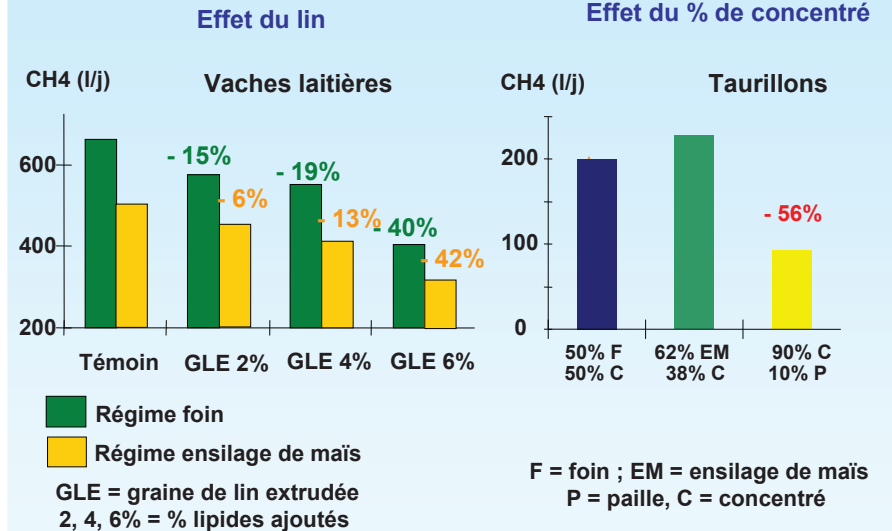
Domaine expérimental Bourges – La Sapinière
18390 Osmoy



Présenté par Michel Doreau



Ce qui était connu



Martin et al., 2009

Doreau et al., 2011

Ce qui était mal connu ou inconnu

- Les lipides ont-ils un effet avec des rations riches en concentré ?
Biais: pas la même nature de concentré, moins de CH4 avec amidon qu'avec parois
- Effet des lipides à long terme ?
- Les variations entre animaux sont-elles répétables ?
- Impacts environnementaux autres que le méthane ?
Biais: forte différence probable entre céréales et sous-produits riches en parois

Mesures

Prévu : 3 régimes

Mesure du méthane par SF6
pH, acides gras volatils, protozoaires par trocardage

Impacts environnementaux par analyse de cycle de vie

Sous-évaluation de la quantité de travail instantanée

Résultats de méthane de la P1 inexploitable car la proportion de paille dans la ration était beaucoup trop forte (20%)

Réalisé : ALH et P

Mesure du méthane par SF6
pH, acides gras volatils, protozoaires par trocardage

Maguy Eugène

Mesure de l'écosystème microbien
par DGGE et qPCR sur prélèvements à l'abattage

Milka Popova

Impacts environnementaux par analyse de cycle de vie

Hanh Nguyen

Production de méthane

| | Période 1 | | Période 2 | | Période 3 | | |
|------------------------------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|-------------------|
| | P | ALH | P | ALH | P | ALH | |
| Ingestion (kg MS) | 8.2 | 7.1 | 11.3 | 8.8 | 10.1 | 7.8 | P**, R**, PxR** |
| CH ₄ (l / j) | 285 | 227 | 406 | 335 | 506 | 394 | P**, R** |
| CH ₄ (l / kg MS) | 35.4 | 32.5 | 36.3 | 38.8 | 42.6 | 50.8 | P**, PxR* |
| CH ₄ (l / kg GMQ) | 129 | 96 | 202 | 156 | 430 | 301 | P**, R** PxR** |

Pas d'effet régime par kg de MS ingérée : lié au fort % de concentré ?
Effet temps : défavorable à ALH

L'effet régime par kg de gain est dû à la plus forte densité énergétique du régime ALH (ingestion journalière moindre)

Fermentations

| | Période 1 | | Période 2 | | Période 3 | | |
|----------------------|-----------|-----|-----------|-----|-----------|-----|----------------|
| | P | ALH | P | ALH | P | ALH | |
| pH | 6.4 | 6.4 | 6.1 | 6.3 | 6.5 | 6.6 | ns |
| Acétate / Propionate | 3.7 | 2.6 | 3.6 | 2.9 | 4.5 | 4.0 | P**, R**, PxR* |

Fermentations normales : pas d'acidose

Le rapport acétate / propionate s'accroît au cours de l'engraissement mais l'écart entre régimes diminue.

Cohérence avec la diminution de l'effet sur le méthane

Variations individuelles de la production de méthane

Le classement des animaux en fonction de leur production de méthane différerait d'une période à l'autre

Pas de lien entre production de méthane et ingestion résiduelle (trop peu de variation entre animaux)

Exemple de bouillons

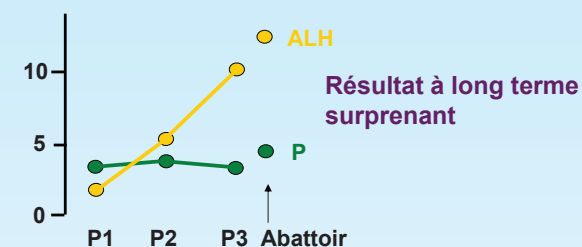
(Hegarty et al., 2007)

| | IR basse | IR haute |
|-----------------------|----------|----------|
| GMQ, kg/j | 1,1 | 1,3 |
| Ingestion de MS, kg/j | 8,4 | 14,1 |
| Méthane, g/kg MSI | 16,3 | 14,7 |
| Méthane, g/kg GMQ | 132 | 173 |

Aspects microbiologiques (1)

Protozoaires

Nombre / ml (x 10⁵)



Bactéries (gène rrs)

| | P | ALH | p |
|--|------|------|------|
| Biodiversité (index de Shannon) | 1,54 | 1,58 | 0,11 |
| Nombre (log ₁₀ copies / g MS) | 11,8 | 12,2 | 0,09 |

Peu de différences apparentes en termes quantitatifs mais la nature et la fonction des bactéries n'a pas été testée

Aspects microbiologiques (2)

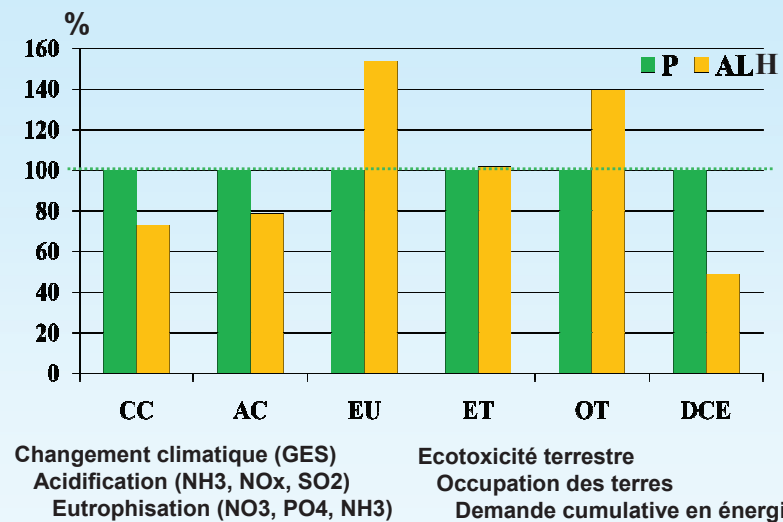
Méthanogènes (gène mcrA)

| | P | ALH | p |
|--|------|------|-------|
| Biodiversité (index de Shannon) | 1,17 | 1,03 | <0,01 |
| Nombre (\log_{10} copies / g MS) | 9,02 | 9,07 | 0,83 |
| Expression du gène 2^{-Ct} ($\times 10^7$) | 1,72 | 0,87 | <0,01 |

Il y a moins de biodiversité avec le régime ALH

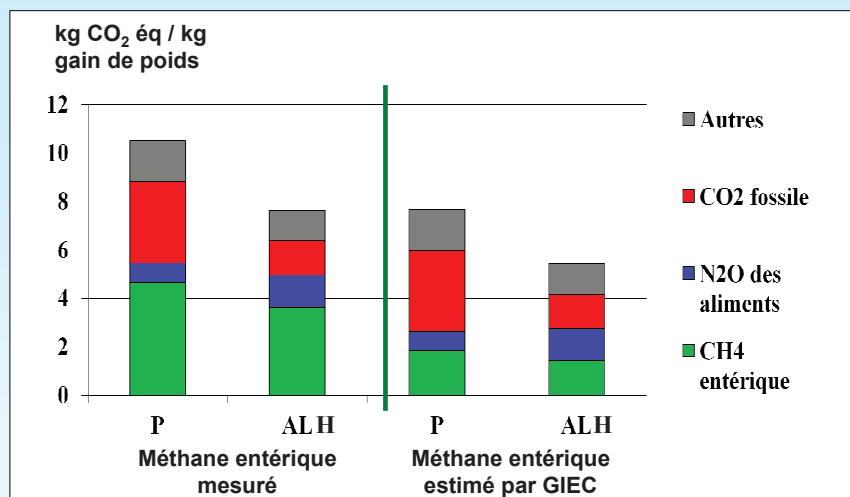
Bien qu'il n'y ait pas de variation du nombre de méthanogènes (et donc pas d'effet toxique sur la population), ceux-ci sont moins actifs, conséquence d'une plus faible production d'hydrogène

Analyse de cycle de vie pour différents impacts



L'effet « lin » ne peut pas être isolé : le choix des matières premières est primordial

Part du méthane entérique dans les GES totaux



Valorisation scientifique

Publications

Eugène M., Martin C., Mialon M.M., Krauss D., Renand G., Doreau M. 2011. Dietary linseed and starch supplementation decreases methane production of fattening bulls. *Animal Feed Science and Technology*, 166-167, 330-337.

Popova M., Martin C., Eugène M., Mialon M.M., Doreau M., Morgavi D. P. 2011. Effect of fibre- and starch-rich finishing diets on methanogenic *Archaea* diversity and activity in the rumen of feedlot bulls. *Animal Feed Science and Technology*, 166-167, 113-121.

Communications

Eugène et al, ISRP 2009
Eugène et al, GGAA 2010
Nguyen et al, GGAA 2010
Popova et al, GGAA 2010

Eugène et al, 3R 2009
Nguyen et al, 3R 2010

MACDO LUTTE CONTRE LES EMISSIONS
DE METHANE DES BOVINS



INRA **VALOREX** **McKey France**

Réactions de stress à l'abattage et qualité des produits

Effets de l'alimentation, des conditions de l'élevage et de l'abattage

Claudia Tertouw, Marie-Madeleine Mialon et Luc Mounier

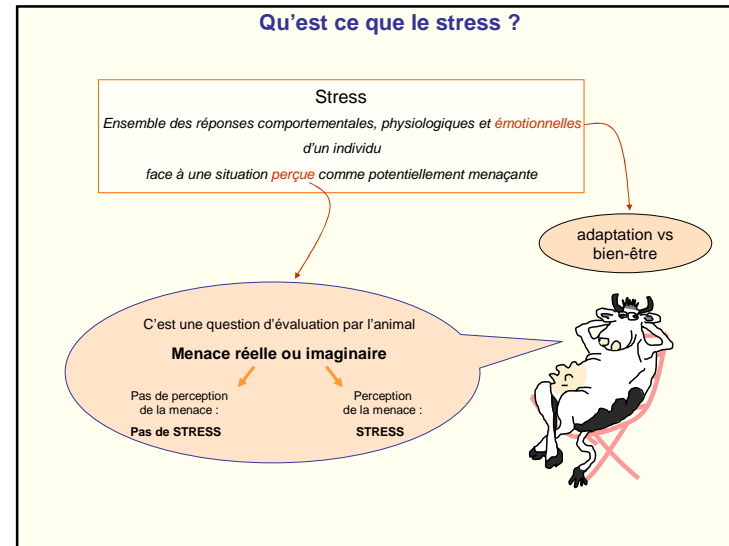
Christophe Mallet, Hervé Chandèze, Eric Delval, Stéphane Andanson et Christine Ravel
Equipe Adaptation et Comportements Sociaux

Pascal Faure, Patrice Mandon, Joan Chantelauze
Installations Expérimentales


Cédric Coustet, Julien Mongiat, Simon Collange, Denis Roux
Abattoir Expérimental

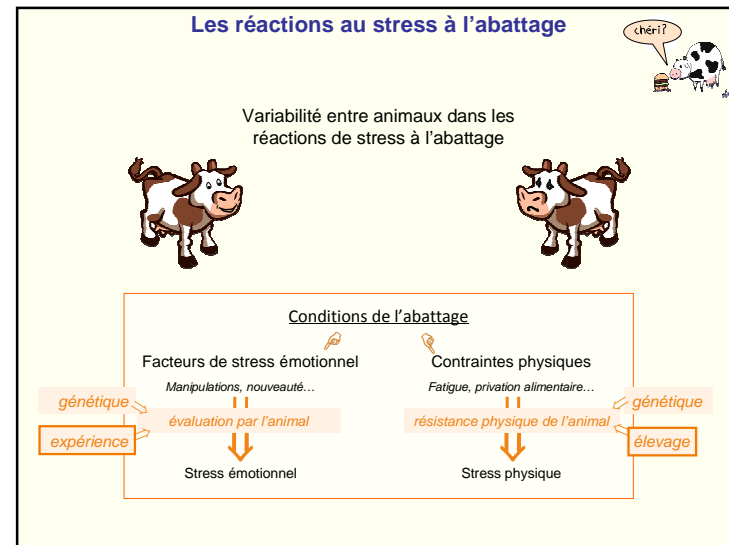
Unité des Recherches sur les Herbivores
INRA de Clermont-Ferrand - Theix

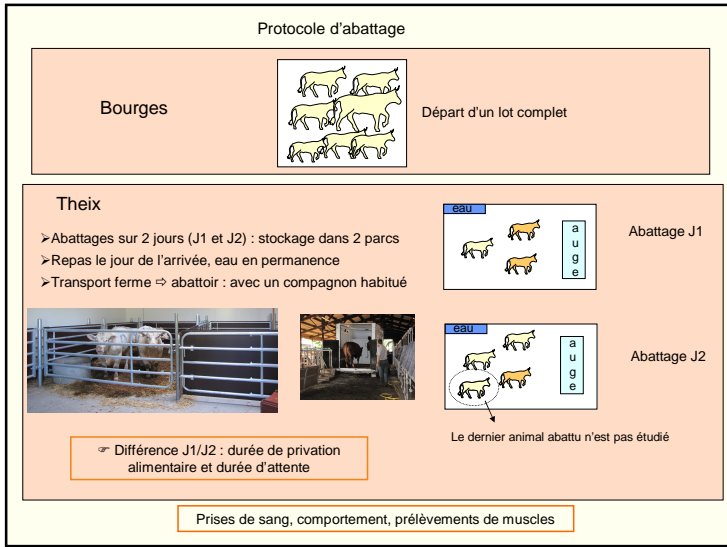
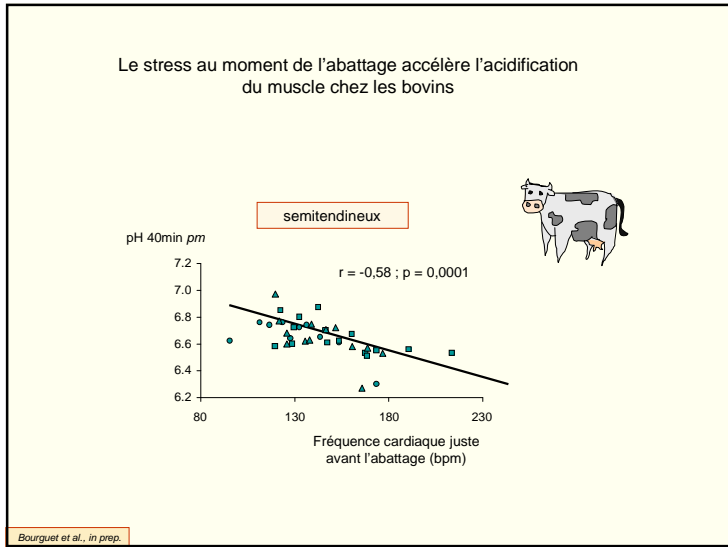
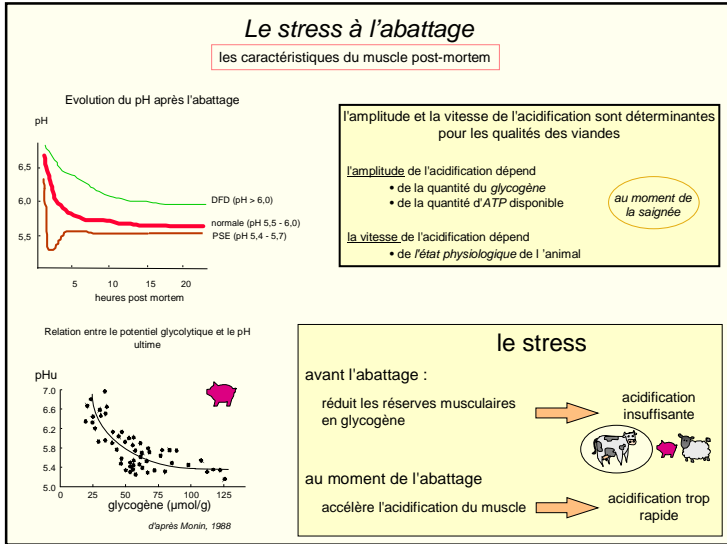
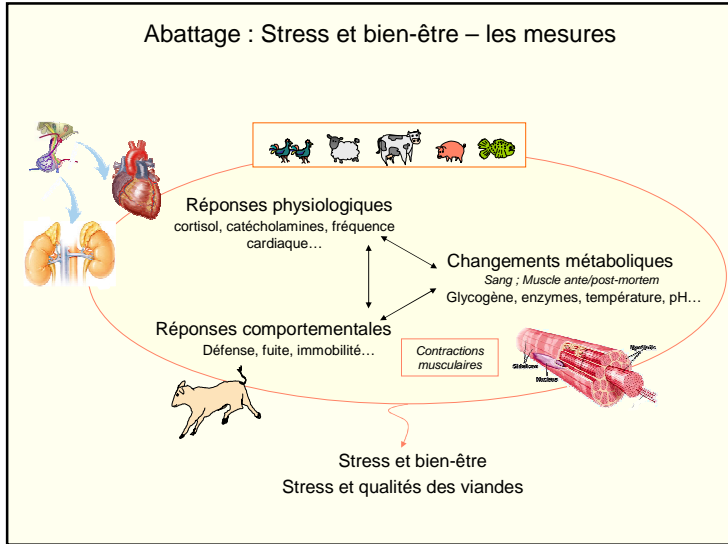


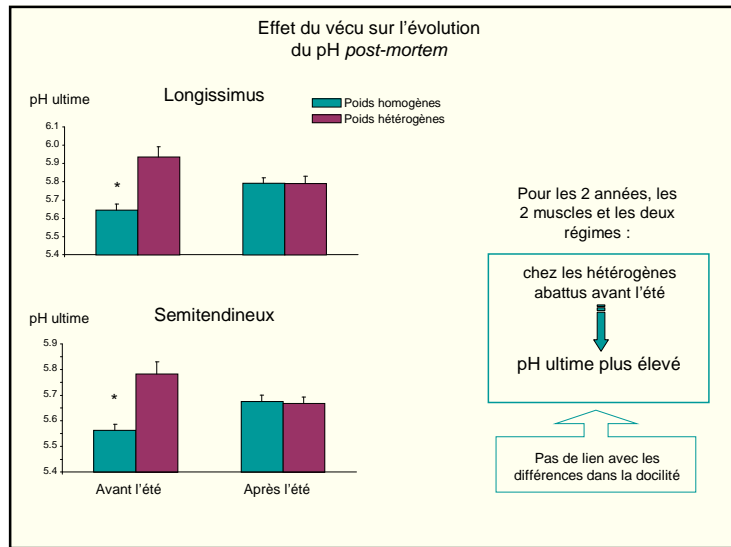
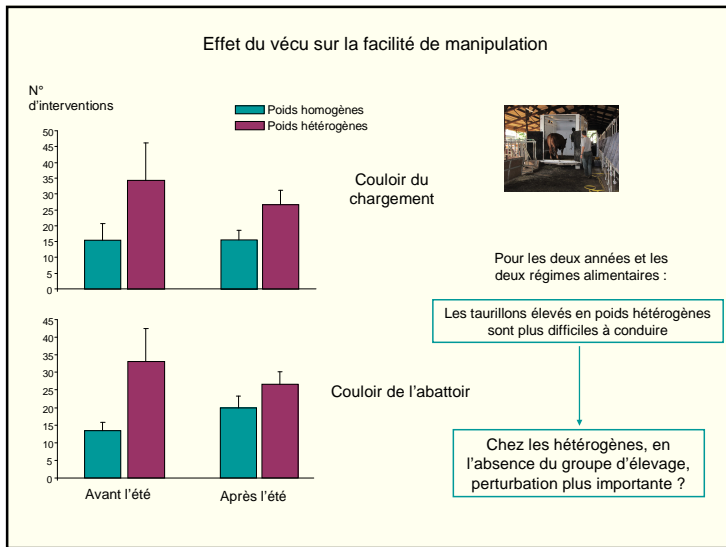
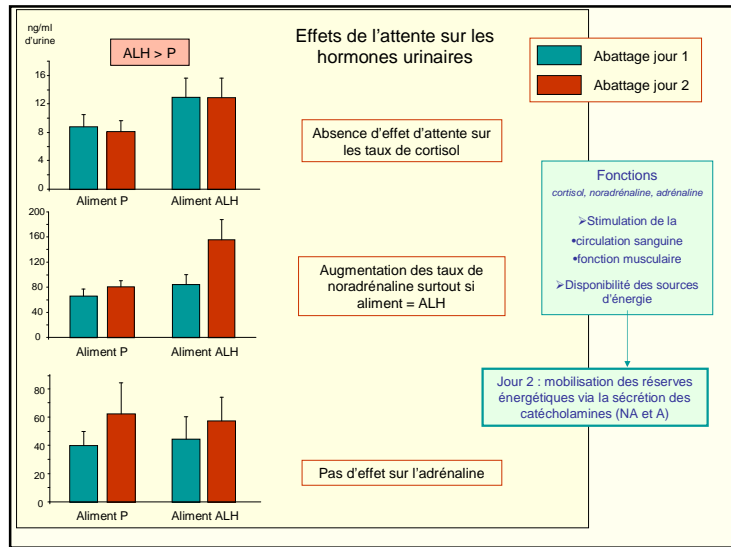
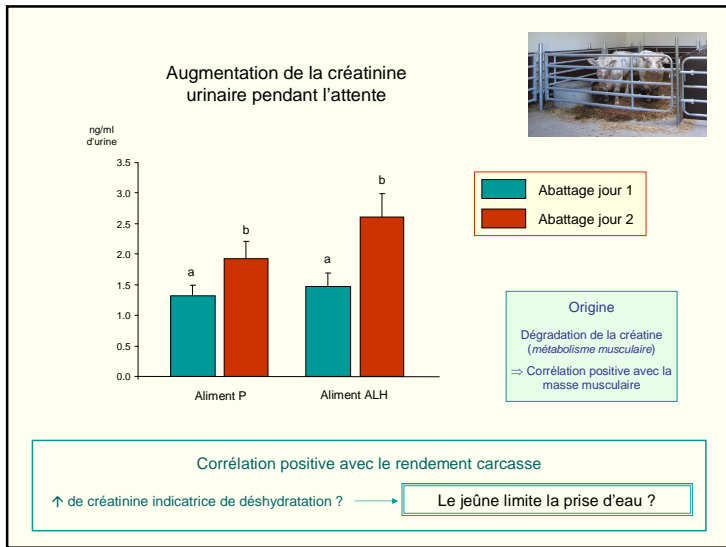


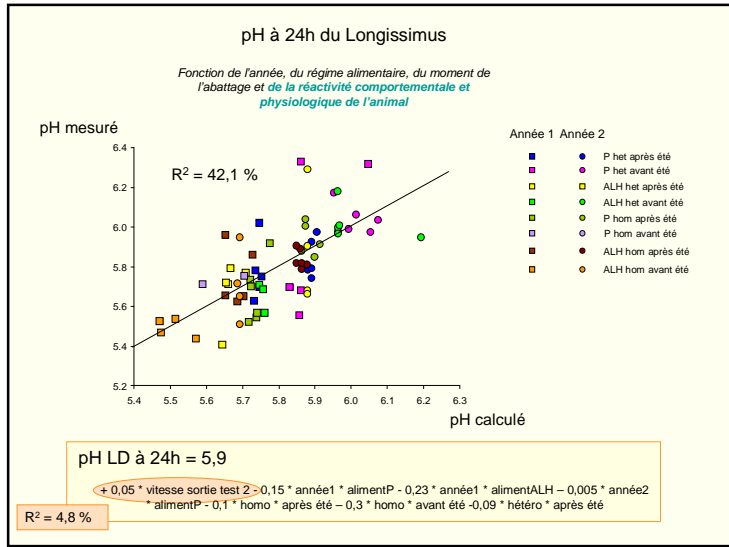
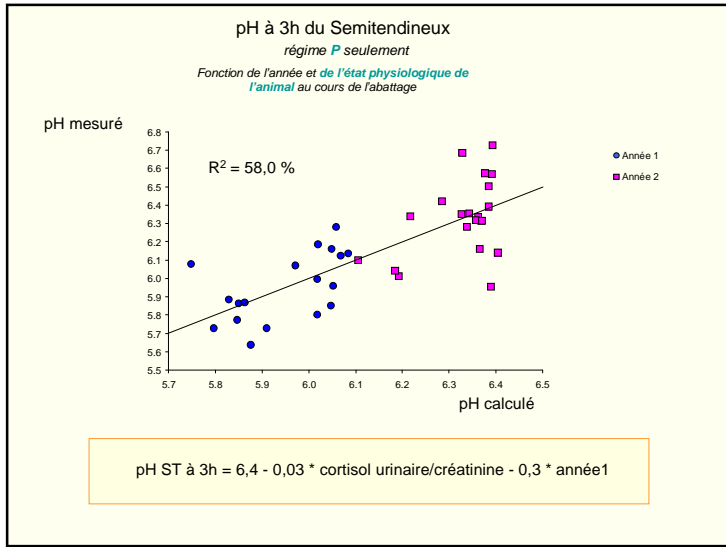
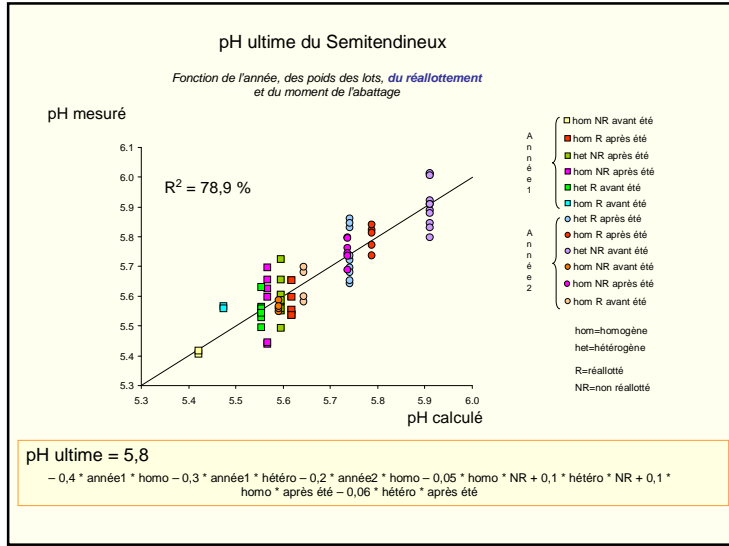
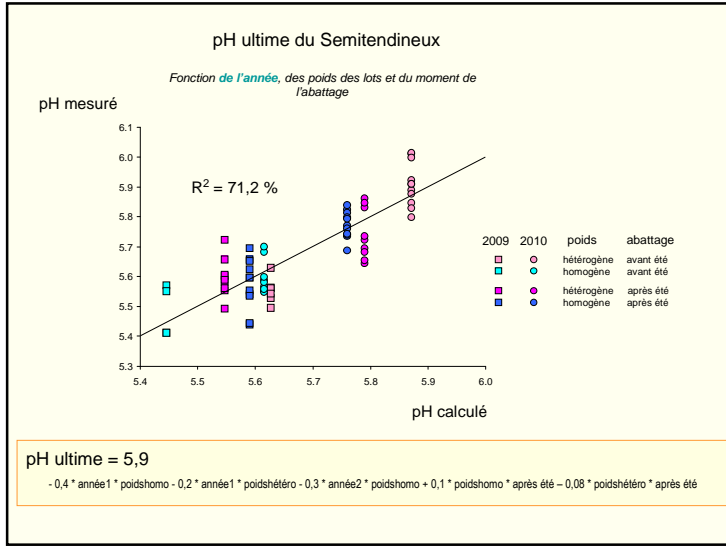
Causes de stress à l'abattage

| | | |
|------------------------|--|------------------------|
| Préparation à la ferme |  | Privation alimentaire |
| Chargement | | Fatigue |
| Transport | | Douleur |
| Déchargement | | Présence humaine |
| Attente | | Nouveauté |
| Reprise | | Perturbations sociales |
| Etourdissement | | Agressions |
| Saignée | | Luminosité |
| | | Environnement sonore |









Conclusions

À l'abattage

La docilité et l'état physiologique des taurillons sont déterminés de manière multifactorielle

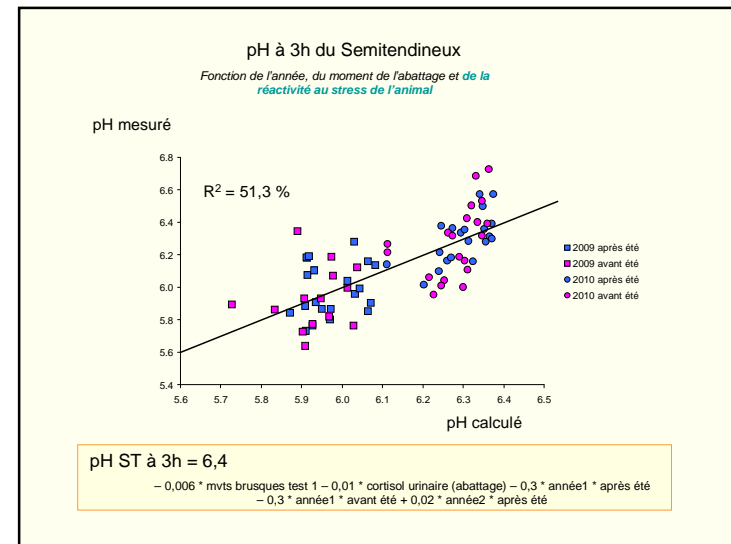
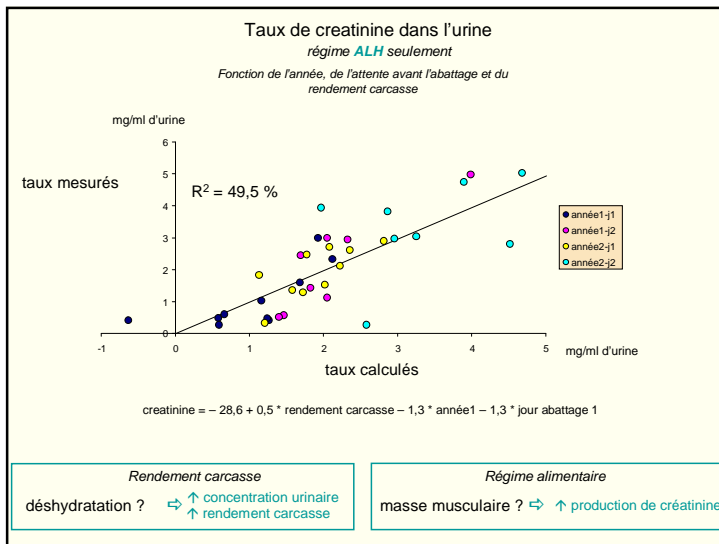
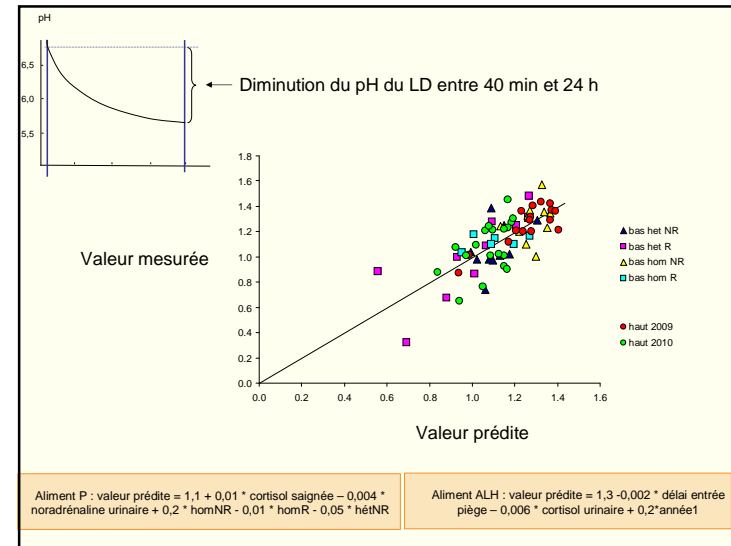
- L'année
- Des conditions de l'élevage
poids des lots, alimentation
- Des conditions de l'abattage
durée d'attente

L'évolution du pH *post-mortem* est déterminée de manière multifactorielle

- L'année et les choix de l'élevage peuvent expliquer jusqu'à 80 % de la variabilité
poids des lots, réallotement, moment de l'abattage
- Les réactions de stress au moment de l'abattage ont également une influence
Cortisol urinaire, noradrénaline, vitesse d'entrée dans le piège
- Les réactions de stress en élevage permettent d'identifier les individus plus réactifs aux conditions d'abattage
vitesse sortie test 2

➡ pH *post-mortem* : absence d'effets majeurs de l'alimentation

➡ docilité et pH *post-mortem* : prédictions nécessitent la prise en compte de beaucoup des aspects relatifs à la conduite de l'élevage et de l'abattage





Effets des conditions d'alimentation sur la valeur nutritionnelle des lipides et des acides gras de la viande chez le taurillon en finition



BAUCHART Dominique
JULIEN Sylvia
THOMAS Agnès

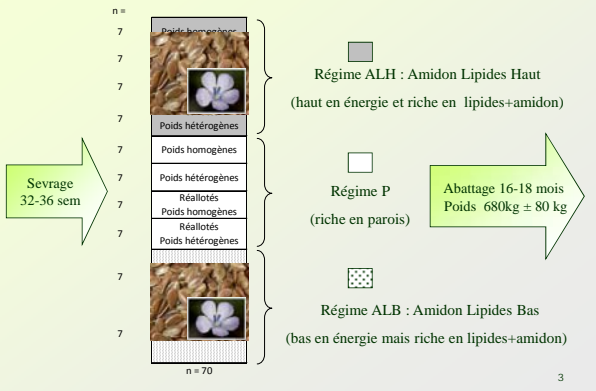
INRA UR Herbivores
CR Clermont-Ferrand /Theix

Contexte de travail



- Image de la viande bovine souvent critiquée
 - Teneur élevée en AGS dont certains pro athérogène (plus de 40% des AG totaux)
 - Relative pauvreté en AGPI limitants en alimentation humaine (AGPI n-3)
- ⇒ Nécessité de répondre aux attentes des consommateurs
 - Améliorer la valeur nutritionnelle/santé des AG
 - ↳ favoriser le dépôt des AG bénéfiques (AGPI oméga 3)
 - ↳ réduire le dépôt des AG néfastes (16:0, 18:1 delta 9 et 10 trans)
- ⇒ Étude mise en place sur des taurillons charolais en période d'engraissement

Projet « DéfiViande » : Animaux et régimes



Le projet « DéfiViande » 2008-2010

Qualité nutritionnelle de la viande / équipe Nutriments et Métabolismes

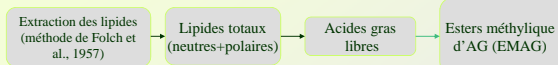


- Animaux de poids homogènes
- 3 muscles :
 - *Longissimus thoracis* (LT) = faux filet
 - *Rectus abdominis* (RA) = bavette de flanchet
 - *Semitendinosus* (ST) = rond de gîte

⇨ Teneur (en mg/100g de tissu frais) et composition des AG (% des AG totaux)
=> Relation avec la valeur santé de la viande pour l'Homme

Projet « DéfiViande » : Les méthodes d'analyse

chloroforme (2vol) / méthanol (1vol) Transméthylation des acides gras par le méthylate de Na, puis par le BF₃/méthanol



Séparation des EMAG par Chromatographie en Phase Gazeuse (CPG)

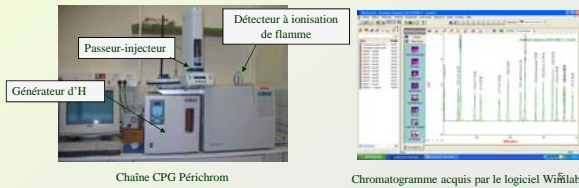


Tableau 1 : Effets des régimes expérimentaux sur les **lipides et acides gras totaux** des muscles *Rectus abdominis* (RA), *Longissimus thoracis* (LT) et *Semiteminosus* (ST) de taurillons charolais (données cumulées des deux années)

| Régimes | P (Bas) | | | ALH (Haut) | | | ALB (Bas/Bis) | | | SEM | Effets statistiques (Probabilité) | | |
|-------------------------------------|---------|------|------|------------|------|------|---------------|------|------|-------|-----------------------------------|----------------------|---------------------------------|
| | RA | LT | ST | RA | LT | ST | RA | LT | ST | | Muscle | Traitement | Interaction Muscle x Traitement |
| Lipides (g/100g de tissu frais) | 1.85 | 1.94 | 1.23 | 2.44 | 3.03 | 1.50 | 1.76 | 1.92 | 1.23 | 0.147 | <0.0001 ST<RA<LT | <0.0001 ALH>P>ALB | 0.04 |
| Acides gras (g/100g de tissu frais) | 1.22 | 1.32 | 0.70 | 1.78 | 2.30 | 1.01 | 1.27 | 1.33 | 0.69 | 0.130 | <0.0001 ST<RA<LT | <0.0001 ALH>ALB=P | NS |

Les teneurs en lipides et acides gras totaux varient avec le type de muscle et augmentent avec la ration dont le niveau énergétique est le plus élevé; Il faut noter l'existence d'une interaction muscle x régime dans le cas de la teneur en lipides totaux

Tableau 2 : Effets des régimes expérimentaux sur les teneurs centésimales (en % des AG totaux) et les concentrations (mg/100g tissu frais) des **acides gras saturés** des muscles *Rectus abdominis* (RA), *Longissimus thoracis* (LT) et *Semiteminosus* (ST) de taurillons charolais (données cumulées des deux années)

| Régimes | P (Bas) | | | ALH (Haut) | | | ALB (Bas/Bis) | | | SEM | Effets statistiques (Probabilité) | | |
|-----------------------------|---------|------|------|------------|------|------|---------------|------|------|-------|-----------------------------------|----------------------|---------------------------------|
| | RA | LT | ST | RA | LT | ST | RA | LT | ST | | Muscle | Traitement | Interaction Muscle x Traitement |
| C16:0 (%) | 24.7 | 24.6 | 21.4 | 23.3 | 22.9 | 20.7 | 21.6 | 21.3 | 19.4 | 0.492 | <0.0001 ST<LT=RA | <0.0001 P>ALB=ALH | NS |
| C18:0 (%) | 16.7 | 19.9 | 15.2 | 13.9 | 17.2 | 13.2 | 15.0 | 17.4 | 14.0 | 0.371 | <0.0001 ST<RA<LT | <0.0001 P>ALB=ALH | NS |
| AGS Totaux (%) | 47.8 | 51.0 | 41.5 | 42.3 | 45.4 | 38.4 | 42.1 | 44.2 | 38.0 | 0.594 | <0.0001 ST<RA<LT | <0.0001 P>ALB=ALB | 0.05 |
| C16:0 (mg/100g tissu frais) | 308 | 332 | 155 | 431 | 545 | 216 | 280 | 292 | 135 | 34.0 | <0.0001 ST<RA<LT | <0.0001 ALH>P>ALB | NS |
| C18:0 (mg/100g tissu frais) | 199 | 261 | 106 | 240 | 393 | 133 | 193 | 233 | 97 | 22.5 | <0.0001 ST<RA<LT | <0.0001 ALH>P>ALB | 0.04 |
| AG Saturés (mg/100g tissu) | 586 | 680 | 297 | 764 | 1061 | 396 | 544 | 599 | 264 | 62.8 | <0.0001 ST<RA<LT | <0.0001 ALH>P>ALB | NS |

Les teneurs centésimales et les concentrations des AG saturés varient avec le type de muscle et le type de ration, les teneurs les plus élevées étant observées avec le régime ALH

Tableau 3 : Effets des régimes expérimentaux sur les teneurs centésimales (en % des AG totaux) et les concentrations (mg/100g tissu frais) des **acides gras monoinsaturés** des muscles *Rectus abdominis* (RA), *Longissimus thoracis* (LT) et *Semiteminosus* (ST) de taurillons charolais (données cumulées des deux années)

| Régimes | P (Bas) | | | ALH (Haut) | | | ALB (Bas/Bis) | | | SEM | Effets statistiques (Probabilité) | | |
|------------------------|---------|------|------|------------|------|------|---------------|------|------|-------|-----------------------------------|----------------------|---------------------------------|
| | RA | LT | ST | RA | LT | ST | RA | LT | ST | | Muscle | Traitement | Interaction Muscle x Traitement |
| C18:1 AP cis (%) | 25.7 | 24.8 | 22.9 | 31.1 | 30.3 | 28.3 | 27.6 | 27.0 | 24.4 | 0.806 | <0.0001 ST<LT=RA | <0.0001 P<ALB=ALH | NS |
| ΣAGMI cis (%) | 31.8 | 30.2 | 29.1 | 38.7 | 36.8 | 35.8 | 35.0 | 33.6 | 31.7 | 0.872 | <0.0003 RA>LT=ST | <0.0001 P<ALB=ALH | NS |
| ΣAGMI trans (%) | 3.1 | 3.4 | 2.3 | 3.8 | 4.3 | 3.2 | 4.9 | 5.2 | 3.8 | 0.194 | <0.0001 ST<RA<LT | <0.0001 P<ALB=ALB | NS |
| ΣAGMI Totaux (%) | 34.9 | 33.6 | 31.4 | 42.5 | 41.0 | 39.0 | 39.9 | 38.8 | 35.5 | 0.913 | <0.0001 ST<LT=RA | <0.0001 P<ALB=ALH | NS |
| C18:1 AP cis (mg/100g) | 322 | 337 | 170 | 582 | 736 | 305 | 358 | 374 | 172 | 47.0 | <0.0001 ST<RA<LT | <0.0001 ALH>ALB=P | NS |
| ΣAGMI cis (mg/100g) | 397 | 409 | 215 | 719 | 888 | 382 | 451 | 461 | 223 | 56.1 | <0.0001 ST<RA<LT | <0.0001 ALH>ALB=P | NS |
| ΣAGMI trans (mg/100g) | 38 | 45 | 17 | 68 | 102 | 35 | 63 | 72 | 26 | 66.0 | <0.0001 ST<RA<LT | <0.0001 ALH>ALB=P | 0.04 |
| ΣAGMI totaux (mg/100g) | 435 | 454 | 232 | 788 | 990 | 417 | 514 | 533 | 249 | 61.9 | <0.0001 ST<RA<LT | <0.0001 ALH>ALB=P | NS |

Les teneurs centésimales et les concentrations des AG monoinsaturés varient avec le type de muscle et le type de ration, les teneurs les plus élevées étant observées avec le régime ALH

Tableau 4 : Effets des régimes expérimentaux sur les teneurs centésimales (en % des AG totaux) et les concentrations (mg/100g tissu frais) **des acides gras polyinsaturés n-6 (w6)** des muscles *Rectus abdominis* (RA), *Longissimus thoracis* (LT) et *Semitendinosus* (ST) de taurillons charolais (données cumulées des deux années)

| Muscles | P (Bas) | | | ALH (Haut) | | | ALB (BasBio) | | | SEM | Effets statistiques (Probabilité) | | |
|---------------------------|---------|------|------|------------|------|------|--------------|------|------|-------|-----------------------------------|-------------------|---------------------------------|
| | RA | LT | ST | RA | LT | ST | RA | LT | ST | | Muscle | Traitement | Interaction Muscle x Traitement |
| ΣAGPI n-6 trans (%) | 0.51 | 0.60 | 0.50 | 1.05 | 0.99 | 0.96 | 1.28 | 1.18 | 0.92 | 0.094 | NS | <0.0001 P<ALB=ALB | NS |
| C18:2n-6 (%) | 10.7 | 9.5 | 15.6 | 8.0 | 7.2 | 11.3 | 9.2 | 8.7 | 12.9 | 0.742 | <0.0001 ST>RA=LT | <0.0001 P>ALB=ALH | NS |
| ΣAGPI n-6 cis (%) | 14.0 | 12.2 | 21.8 | 10.2 | 8.9 | 15.6 | 12.1 | 11.3 | 18.2 | 0.991 | <0.0001 ST>RA=LT | <0.0001 P>ALB=ALH | NS |
| AGPI n-6 tx (%) | 14.5 | 12.8 | 22.3 | 11.2 | 9.9 | 16.5 | 13.4 | 12.4 | 19.1 | 1.008 | <0.0001 ST>RA=LT | <0.0001 ALH=ALB=P | NS |
| ΣAGPI n-6 trans (mg/100g) | 5.9 | 7.4 | 3.6 | 17.9 | 22.3 | 10.2 | 15.9 | 14.8 | 6.4 | 1.76 | <0.0001 ST>RA=LT | <0.0001 ALB=ALB=P | NS |
| C18:2n-6 (mg/100g) | 120 | 115 | 99 | 119 | 126 | 98 | 111 | 101 | 86 | 4.07 | <0.0001 ST<LT=RA | <0.0001 ALB<ALH=P | NS |
| ΣAGPI n-6 cis (mg/100g) | 157 | 147 | 139 | 150 | 154 | 134 | 144 | 129 | 120 | 4.67 | <0.0001 ST<LT=RA | <0.0001 ALB=P>ALH | NS |
| ΣAGPI n-6 tx (mg/100g) | 162 | 154 | 143 | 167 | 176 | 144 | 160 | 144 | 127 | 5.88 | <0.0001 ST<LT=RA | 0.0004 ALB=P>ALB | NS |

Les AGPI n-6 sont, dans le muscle maigre (ST), plus abondants en % mais plus faibles en concentration que dans les autres muscles ; l'apport de lin n'augmente pas leur teneur dans les muscles.

Tableau 4 : Effets des régimes expérimentaux sur les teneurs centésimales (en % AG totaux) et les concentrations (mg/100g tissu frais) **des acides gras polyinsaturés n-3 (w3)** des muscles *Rectus abdominis* (RA), *Longissimus thoracis* (LT) et *Semitendinosus* (ST) de taurillons charolais (données cumulées des deux années)

| Muscles | P (Bas) | | | ALH (Haut) | | | ALB (BasBio) | | | SEM | Effets statistiques (Probabilité) | | |
|---------------------|---------|-------|------|------------|------|------|--------------|------|------|-------|-----------------------------------|-------------------|---------------------------------|
| | RA | LT | ST | RA | LT | ST | RA | LT | ST | | Muscle | Traitement | Interaction Muscle x Traitement |
| C18:3n-3 (%) | 0.92 | 0.94 | 1.33 | 1.57 | 1.63 | 2.17 | 1.68 | 1.78 | 2.37 | 0.096 | <0.0001 ST>LT=RA | <0.0001 P<ALB<ALB | NS |
| C20:5n-3 (%) | 0.21 | 0.19 | 0.63 | 0.31 | 0.30 | 0.84 | 0.45 | 0.49 | 1.21 | 0.051 | <0.0001 ST>LT=RA | <0.0001 P<ALB<ALB | 0.01 |
| C22:5n-3 (%) | 0.72 | 0.57 | 1.55 | 0.72 | 0.61 | 1.44 | 0.94 | 0.89 | 1.87 | 0.083 | <0.0001 ST>RA=LT | <0.0001 P=ALB=ALB | NS |
| C22:6n-3 (%) | 0.003 | 0.007 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.10 | 0.09 | 0.08 | 0.20 | 0.013 | <0.0001 ST>RA=LT | <0.0001 P<ALB=ALB | 0.0009 |
| ΣAGPI n-3 (%) | 1.87 | 1.73 | 3.57 | 2.66 | 2.60 | 4.63 | 3.20 | 3.34 | 5.75 | 0.224 | <0.0001 ST>RA=LT | <0.0001 ALB<ALB=P | NS |
| C18:3n-3 (mg/100g) | 10.7 | 11.7 | 8.6 | 24.7 | 31.8 | 19.6 | 20.4 | 21.1 | 15.9 | 1.20 | <0.0001 ST>RA<LT | <0.0001 ALH=ALB=P | 0.003 |
| C20:5n-3 (mg/100g) | 2.35 | 2.28 | 3.95 | 4.32 | 4.55 | 7.01 | 5.23 | 5.38 | 7.80 | 0.24 | <0.0001 ST>LT=RA | <0.0001 ALB=ALB=P | NS |
| C22:5n-3 (mg/100g) | 8.1 | 6.9 | 9.8 | 10.4 | 9.8 | 12.3 | 11.1 | 10.0 | 12.3 | 0.38 | <0.0001 ST>RA=LT | <0.0001 P<ALB=ALB | NS |
| C22:6n-3 (mg/100g) | 0.04 | 0.09 | 0.16 | 0.18 | 0.14 | 0.80 | 0.91 | 0.76 | 1.27 | 0.11 | <0.0001 ST>RA=LT | <0.0001 P<ALB=ALB | 0.05 |
| ΣAGPI n-3 (mg/100g) | 21.4 | 21.3 | 22.9 | 40.3 | 46.8 | 40.6 | 38.3 | 38.4 | 38.0 | 1.50 | NS | <0.0001 P<ALB<ALH | NS |

Effets des régimes expérimentaux sur les teneurs centésimales (en % des AG totaux) et les concentrations (mg/100g tissu frais) **des acides gras polyinsaturés n-3 (w3)** des muscles *Rectus abdominis* (RA), *Longissimus thoracis* (LT) et *Semitendinosus* (ST) de taurillons charolais (données cumulées des deux années)

L'apport de graines de lin augmente la teneur des AGPI n-3 des muscles et notamment celle du 18:3n-3, l'effet le plus marqué en concentration étant obtenu avec le régime AL Haut (ALH).

L'effet de l'apport de graines de lin sur la teneur en 18:3n-3 est plus important avec le muscle maigre ST lorsque les données sont exprimées en % des AG totaux : alors qu'en concentration ce sont les muscles les plus riches en lipides (LT et RA) qui incorporent le plus de 18:3n-3.

Les AGPI longue chaîne n-3 (EPA= 20:5n-3; DPA= 22:5n-3; DHA= 22:6n-3) sont, à la différence du 18:3n-3, différemment influencés dans les trois muscles par l'apport de graines de lin : leur concentration est plus élevée dans le muscle maigre ST que dans les muscles plus gras LT et RA ce qui indique une possible conversion du 18:3n-3 en AGPI LC n-3 plus élevée dans ce muscle maigre

Tableau 5 : Effets des régimes expérimentaux sur les rapports des acides gras dans les lipides des muscles *Rectus abdominis* (RA), *Longissimus thoracis* (LT) et *Semitendinosus* (ST) de taurillons charolais (données cumulées des deux années)

| Muscles | P (Bas) | | | ALH (Haut) | | | ALB (BasBio) | | | SEM | Effets statistiques (Probabilité) | | |
|---------------------|---------|------|------|------------|------|------|--------------|------|------|-------|-----------------------------------|-------------------|---------------------------------|
| | RA | LT | ST | RA | LT | ST | RA | LT | ST | | Muscle | Traitement | Interaction Muscle x Traitement |
| AGPI n-6 / AGPI n-3 | 7.7 | 7.3 | 6.3 | 4.2 | 3.8 | 3.6 | 4.2 | 3.8 | 3.3 | 0.124 | <0.0001 ST<LT=RA | <0.0001 P>ALB=ALB | 0.008 |
| C18:2n-6 / C18:3n-3 | 11.5 | 10.0 | 11.6 | 5.0 | 4.2 | 5.1 | 5.5 | 4.8 | 5.4 | 0.205 | <0.0001 LT<RA=ST | <0.0001 P>ALB=ALB | NS |
| C16:0 / C18:0 | 1.5 | 1.3 | 1.4 | 1.7 | 1.4 | 1.6 | 1.5 | 1.2 | 1.4 | 0.053 | <0.0001 LT>ST=RA | <0.0001 ALB=ALB=P | NS |
| AGPI / Saturés | 0.36 | 0.30 | 0.65 | 0.35 | 0.30 | 0.58 | 0.41 | 0.38 | 0.68 | 0.011 | <0.0001 ST>RA=LT | <0.02 ALB>ALB=P | NS |

L'apport de graines lin (ALB et ALH) améliore pour les trois muscles considérés la valeur santé des AGPI des muscles en diminuant fortement les rapports AGPI n-6/n-3 (< 0,5) et 18:2n-6/18:3n-3, mais il affecte peu la valeur santé des AG saturés.

Conclusion (1)

- ❑ Les teneurs en lipides et acides gras totaux varient avec le type de muscle et augmentent avec la ration dont le niveau énergétique est le plus élevé (ALH); Il faut noter l'existence d'une interaction muscle x régime dans le cas de la teneur en lipides totaux,
- ❑ Les teneurs centésimales et les concentrations des acides gras saturés et monoinsaturés varient avec le type de muscle et le type de ration, les teneurs les plus élevées étant observées avec le régime riche en énergie et en lin (ALH),
- ❑ Les AG polyinsaturés n-6 sont, dans le muscle maigre (ST), plus abondants en % mais plus faibles en concentration que dans les autres muscles ; l'apport de lin n'augmente pas leur teneur dans les muscles,
- ❑ L'apport de graines de lin augmente la teneur des AG polyinsaturés n-3 des muscles (notamment du 18:3n3), l'effet le plus marqué en concentration étant obtenu avec le régime AL Haut (ALH),

Conclusion (2)

- ❑ L'effet de l'apport de graines de lin sur la teneur en 18:3n-3 est plus important avec le muscle maigre ST lorsque les données sont exprimées en % des AG totaux alors qu'en concentration ce sont les muscles les plus riches en lipides (LT et RA) qui incorporent le plus de 18:3n-3,
- ❑ Les teneurs en AGPI longue chaîne n-3 sont, à la différence du 18:3n-3, différemment influencés dans les trois muscles par l'apport de graines de lin : leur concentration est plus élevée dans le muscle maigre ST que dans les muscles plus gras LT et RA ce qui indique une possible conversion du 18:3n-3 en AGPI LC n-3 plus élevée dans ce muscle maigre
- ❑ L'apport de graines lin (ALB et ALH) améliore pour les trois muscles considérés la valeur santé des AGPI des muscles en diminuant fortement les rapports AGPI n-6/n-3 et 18:2n-6/18:3n-3, mais il affecte peu la valeur santé des AG saturés.



PROGRAMME DEFIVIANDE



Effets des régimes expérimentaux et de l'année de l'essai sur les marqueurs plasmatiques de la souffrance hépatique et sur les marqueurs plasmatique et musculaire de la lipoperoxydation chez les taurillons Charolais



DURAND Denys
BAUCHART Dominique

INRA UR Herbivores
CR Clermont-Ferrand /Theix

Effets des régimes expérimentaux et de l'année de l'essai sur les marqueurs plasmatiques de souffrance hépatique chez les taurillons Charolais

| Année | 2009 | | | 2010 | | | Effets statistiques (probabilité) | | | |
|-------------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-----------------------------------|---------------------|--------|----------------|
| | P | ALH | ALB | P | ALH | ALB | SEM | Année | Régime | Année x régime |
| ASAT (UL/L) | 71.24 | 89.97 | 112.00 | 64.00 | 70.80 | 68.24 | 11.49 | <0.02 2009>2010 | NS | NS |
| ALAT (UL/L) | 34.37 | 30.97 | 32.75 | 31.91 | 27.19 | 28.24 | 3.366 | NS | NS | NS |
| GGT (UL/L) | 26.38 | 26.17 | 27.17 | 26.64 | 26.66 | 22.94 | 0.743 | NS | NS | NS |
| Bilirubine (mg/l) | 4.67 | 4.95 | 4.28 | 4.04 | 4.02 | 3.74 | 0.298 | <0.006 2009>2010 | NS | NS |

Les régimes expérimentaux ne modifient pas l'activité des enzymes (ASAT, ALAT, GGT) et la teneur en bilirubine du plasma, deux séries de marqueurs de la souffrance hépatique. En revanche, un effet année (2009>2010) est observé dans le cas de l'activité ASAT et de la teneur en bilirubine.

Effets des régimes expérimentaux et de l'année de l'essai sur les marqueurs plasmatique et musculaire de lipoperoxydation chez les taurillons Charolais

| Année | 2009 | | | 2010 | | | Effets statistiques (probabilité) | | | |
|----------------------|---------|------|------|------|------|------|-----------------------------------|-------------------|-------|--------|
| | Régimes | P | ALH | ALB | P | ALH | ALB | SEM | Année | Régime |
| MDA (µg/ml plasma) | 0.04 | 0.09 | 0.11 | 0.26 | 0.25 | 0.24 | 0.039 | <0.0001 2009<2010 | NS | NS |
| MDA muscle LT (µg/g) | 0.13 | 0.13 | 0.15 | 0.20 | 0.10 | 0.16 | 0.028 | NS | NS | NS |

Les régimes expérimentaux ne modifient pas la teneur en malonedialdéhyde (MDA) du plasma et du muscle Longissimus thoracis, deux marqueurs de la lipoperoxydation. En revanche, un net effet « année » (2009>2010) est observé dans le cas de la teneur en MDA plasmatique plus élevée en 2010 (effet stress animal ?) quel que soit le régime considéré. En revanche, on n'observe pas d'effet d'interaction année x régime.

Merci de votre attention !



Programme DéfiViande

Activités des enzymes tissulaires marqueurs des métabolismes glycolytique (LDH, PFK) et oxydatif (COX)

Effets des traitements alimentaires et de l'homogénéité des lots de taurillons

Brigitte Picard, Jean François Hocquette et Didier Micol

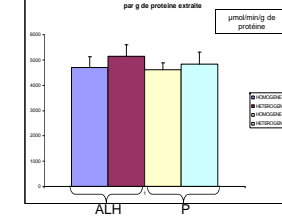
INRA Clermont-Ferrand/Theix
UR Herbivores, équipe AMUVI

Activité de la Lactate DésHydrogénase (LDH) dans le muscle *Longissimus Thoracis* (LT)

Différence significative entre HOMO vs HETER : P=0,02

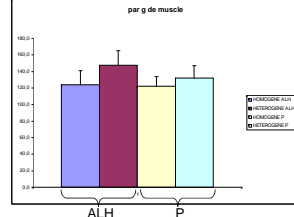


Différence significative entre HOMO vs HETER : P=0,02

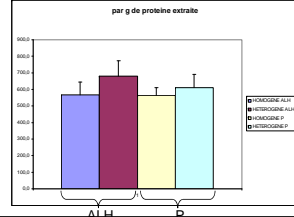


Activité de la PhosphoFructoKinase (PFK) dans le muscle *Longissimus Thoracis* (LT)

Différence très significative entre HOMO vs HETER : P=0,002

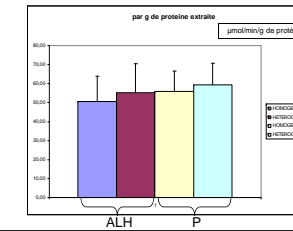
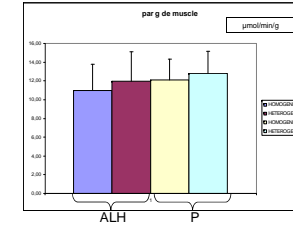


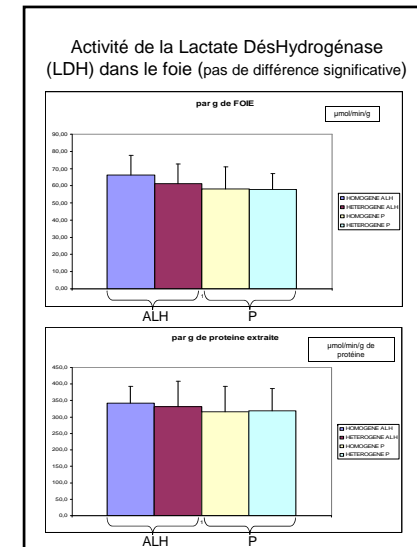
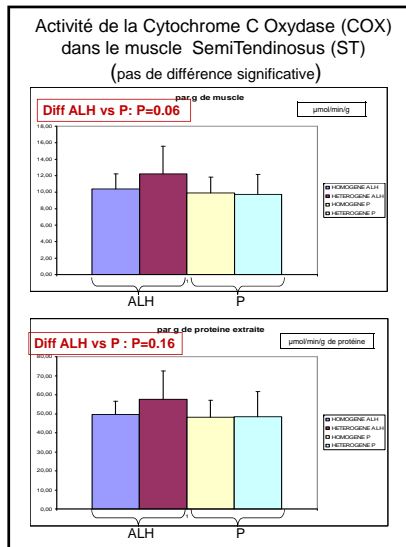
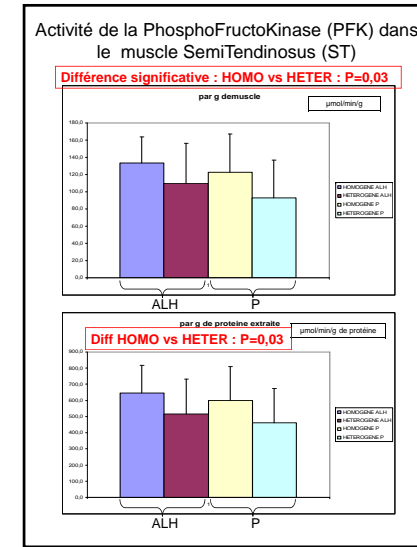
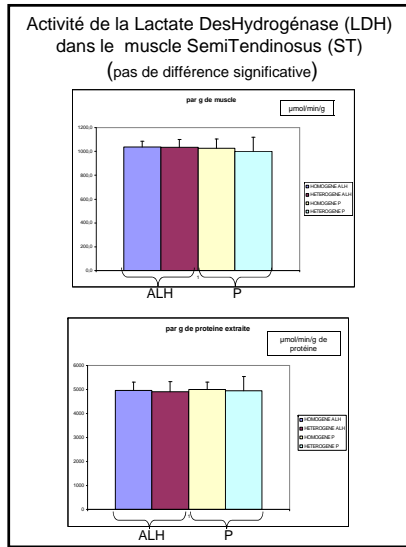
Différence très significative entre HOMO vs HETER : P=0,003

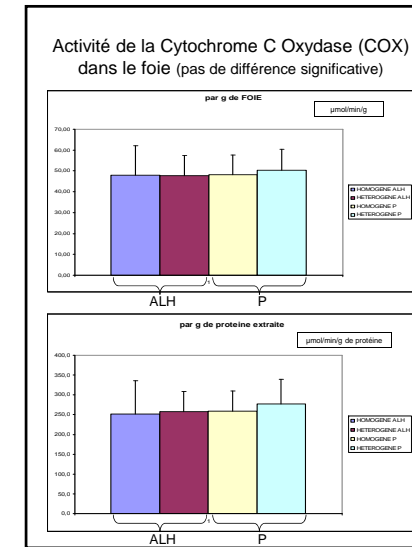
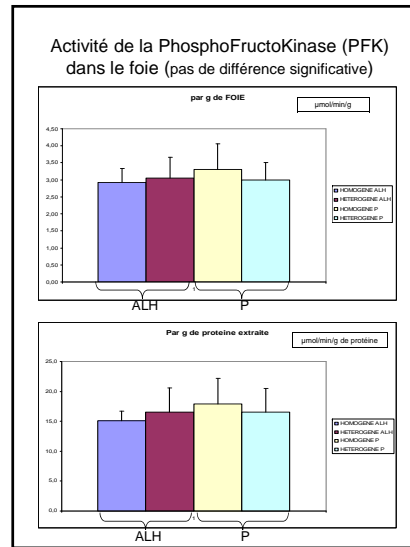


Activité de la Cytochrome C Oxydase (COX) dans le muscle *Longissimus Thoracis* (LT)

(pas de différence significative)







Conclusion

A. **Différences significatives concernant le métabolisme glycolytique** (LDH, PFK) entre les animaux des lots Homogène et Hétérogène dans les muscles *Semitenidosus* (ST) et *Longissimus thoracis* (LT), mais **pas dans le foie** (analyse par test T).

B. **Effets variables selon le type de muscles** : réponses muscles spécifiques; réponses déjà observées par Cassar-Malek et al., 2004, Journal of Animal Science).

C. **Intérêt d'une analyse de variance** pour mieux préciser statistiquement les différences observées dans cette caractérisation de l'orientation du métabolisme musculaire des composés énergétiques