

Apports et limites des techniques alternatives à la chirurgie expérimentale du tractus digestif des herbivores

Michel DOREAU

INRA de Clermont-Ferrand - Theix

Les apports de la chirurgie expérimentale

Connaissance de la physiologie digestive

Amélioration de l'efficacité de la digestion

Ex: système PDI pour les apports azotés

Gestion de la santé animale

Ex: acidose

De nouveaux enjeux

- Qualité des produits (lipides des produits)
- Sécurité alimentaire (mycotoxines)
- Environnement (émissions de méthane)

Mais une nécessité de préserver le bien-être animal



Méthodes alternatives

Evolution des techniques de chirurgie digestive

Observations sur animal anesthésié

Nombreuses mesures de la motricité

Simonnet et al, 1952, Brunaud et Dussardier, 1952

Limites

- Durée d'observation limitée
- Information limitée
- Interprétation des résultats délicate

Opérations irréversibles

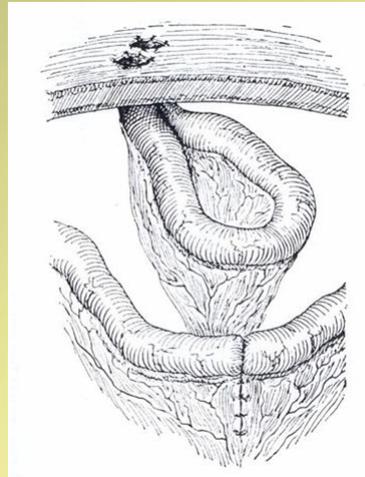
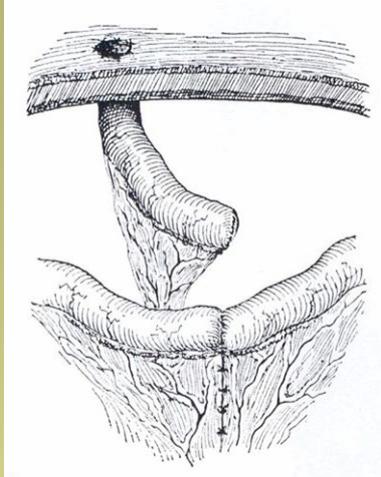
« Ruminant does not occur after decerebration »

Ash et Kay, 1962

Limites

- Uniquement descriptif
- Peu admissible de nos jours au plan éthique

Anses intestinales



Limites

- Peu représentatif de l'in vivo
- Champ d'application limité

Markowitz, 1937

La canule du rumen

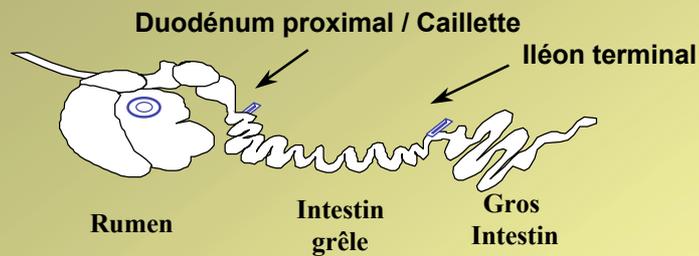
Facile à réaliser
(pays tropicaux)

Très nombreuses utilisations

- Produits terminaux de la digestion
- Dégradations, synthèses, métabolisme, détoxification
- Transit, volume
- Méthodes in sacco
- Fourniture d'inoculum pour rumen artificiel
- Animaux défaunés ou monofaunés
- Rumen vidé lavé pour mesures d'absorption
- Prélèvement d'épithélium



Les canules de l'intestin



Canule réentrante *Phillipson, 1952, Ash, 1962*

Echantillon représentatif mais intestin sectionné

Canule simple *Alexander, 1952, Dougherty, 1955*

Prélèvement imparfait mais intestin intact

Les canules de l'intestin

Apports

- Bilan du métabolisme des lipides et de l'azote dans le rumen
- Synthèse microbienne ruminale
- Digestibilité partielle dans le rumen, l'intestin grêle et le gros intestin
- Transit intestinal
- Infusions de nutriments

Limites

- Chirurgie délicate
- Méthodes d'étude complexes et précision parfois faible des résultats

Evolution des techniques de chirurgie digestive

Les méthodes « in sacco » et « in vitro »

La méthode in sacco

dite aussi:
In situ
Sachets de nylon

Les précurseurs

- Herbe dans un tube métallique avalé par un Ruminant

*Réaumur, 1752
Spallanzani, 1783*

- méthode « in cochleo »:
escargot dans sa coquille avalé par un Cheval

Colin, 1854

La méthode in sacco

Sachets suspendus dans le rumen

- Sachets de soie *Quin et al., 1938*
- Sachets de nylon ou de dacron « faits main »
- Sachets calibrés « prêts à l'emploi »

- Fil de coton *Balch et Johnson 1950*

- Comparaison d'aliments pour un même jus de rumen
- Comparaison de jus de rumen pour un même substrat dans le sachet

La méthode in sacco

Intérêt

- Très grand nombre de mesures en peu de temps
- Etudes de fermentation en cinétique
- Systématisation (modèle exponentiel)

Apports

- Progrès rapides relatifs à la valeur des aliments méthode de référence

Limites

- Microclimat dans le sachet
- Pertes de petites particules *Michalet-Doreau et Nozière 1999*
- Présentation du substrat

Les méthodes in vitro « Rumen artificiel »

Du plus simple...

Pigden et Bell, 1955



Apports

- Très grand nombre de mesures en peu de temps
- Screening facile
- Etude simultanée de plusieurs facteurs

Limites

- reproduit souvent mal la réalité (perturbations de l'écosystème microbien, pas d'évacuation du contenu, saturation des processus biochimiques) ; induit des erreurs d'interprétation
- effets souvent largement supérieur à l'in vivo

Les méthodes in vitro « Rumen artificiel »

... au plus complexe

« Rusitec » *Czerkawski et Breckenridge, 1977*

Double effluent *Hoover et al 1976*

Intérêt

- Moins critiquable que les systèmes « batch » (transit, microbes)
- Permet l'étude de plusieurs facteurs de variation contrôlés

Apports

- Simulation des effets de variation du pH, du temps de séjour
- Mesure assez précise de la composition des produits terminaux

Limites

- mise en œuvre délicate, peu adapté aux grandes séries, coûteux
- non calibré avec l'in vivo



Evolution des techniques de chirurgie digestive

Les méthodes « in sacco » et « in vitro »

Les abattages

Premiers essais...

« Un cheval auquel M. Pasteur avait inoculé le charbon a été mis en box et nourri pendant 11 jours avec du son. Le 29 juin 1881, on l'a abattu d'un coup de massue »

Muntz et Girard, 1884

Beaucoup de travail pour un résultat limité

22 brebis taries ou gestantes congelées
puis découpées en tranches



Forbes 1968

Plus élaboré ...

Abattages de séries d'animaux

Apports

- Données anatomiques sur le tractus et le contenu
- Mise en relation avec données zootechniques sur un grand nombre d'animaux
- Analyses de l'écosystème microbien
- Prélèvements de tissus pour culture ou mesures d'absorption

Limites

- Quantification difficile
- Mesures en dynamique impossibles
- Coût élevé hormis sur animaux à viande et petits ruminants



Evolution des techniques de chirurgie digestive

Les méthodes « in sacco » et « in vitro »

Les abattages

Les méthodes non invasives

La ruménocentèse

ou trocardage

Intérêts

- Evite l'utilisation d'animaux opérés
- Très peu traumatisant
en particulier par rapport à l'intubation *Deiss et al n.p.*
- Possible sur nombreux animaux, même en ferme

Limites

- Peu de prélèvements successifs
- Incertitude sur le site de prélèvement

Méthodes non invasives

De plus en plus utilisées...

Récupération de marqueurs dans les **fèces** + modélisation
transit des particules et de l'eau dans différents compartiments

Grovum et Williams, 1973

Dérivés des bases puriques dans l'**urine** :
mesure de la synthèse de protéines microbiennes dans le rumen

Chen et Gomes, 1992

Composition en acides gras du **lait** :
mesure de différents paramètres des fermentations (à affiner!)

Vlaeminck et al., 2006

Marqueur dans le rumen et mesure des gaz éructés
Emissions de méthane *Johnson et al., 1994*



Méthodes non invasives

Intérêts

- Préservation du bien-être animal
- Utilisation possible sur un nombre important d'animaux

Limites

- Nécessitent une calibration valable pour toutes les situations nutritionnelles
- Donnent des informations partielles

Conclusion

Nombreuses méthodes alternatives utilisables

In sacco et rumen artificiel: « haut débit »
Nécessitent une canule du rumen

Animaux abattus : compatible avec des mesures sophistiquées

Méthodes non invasives : doivent être développées

Méthodes à utiliser de manière complémentaire

Les chercheurs doivent disposer de méthodes alternatives

Développer les collaborations entre équipes

Afin d'optimiser et de valoriser l'utilisation d'animaux canulés