

## CARACTÉRISTIQUES PHYSIOLOGIQUES RESPIRATOIRES DES BOVINS CULARDS

G. MONIN et R. BOCCARD

avec la collaboration technique de P. VERNIN, A. TALMANT, N. NICOLAS

Station de Recherches sur la Viande,  
Centre de Recherches de Clermont Ferrand, I. N. R. A.,  
Theix, 63110 Beaumont

---

### RÉSUMÉ

Les bovins à musculature hypertrophiée (type « culard ») se caractérisent par une résistance à l'effort physique moindre que celle des animaux normaux. Nous avons étudié les modifications apportées par l'exercice forcé à l'équilibre acido-basique de bovins de 15 mois (7 normaux, 4 « demi-culards », 4 « culards »).

Les animaux hypertrophiés développent une acidose métabolique lentement compensée lors du retour à l'état de repos (pH sanguin 20 minutes après la fin de l'exercice : 7,05 chez les « culards », 7,20 chez les normaux). Ce phénomène peut être relié à une déficience de l'approvisionnement en oxygène de l'organisme, en particulier de la musculature. Les « culards » présentent en effet un poids de cœur et de poumons inférieur (respectivement — 10 p. 100 et — 15 p. 100 par rapport aux normaux), une insuffisance respiratoire ( $pO_2$  en ml Hg à la fin de l'exercice = 47 chez les « culards », 52 chez les normaux) et un hématoците faible (au repos 34 p. 100 chez les « culards », 37 p. 100 chez les normaux). Les animaux demi-culards se comportent de façon intermédiaire.

---

Les bovins présentant une hypertrophie musculaire sont réputés posséder un équilibre physiologique plus fragile que les animaux normaux ; cette particularité peut avoir des répercussions défavorables dans les situations d'agression auxquelles tout animal est soumis à diverses reprises au cours de son élevage et principalement au cours de la période précédant son abattage. Les troubles métaboliques dont la musculature est principalement le siège sont bien établis dans les races de porcs, comme la race *Piértrain*, qui présentent une musculature très développée (LISTER, 1971). Celle-ci peut être assimilée à une musculature hypertrophiée, comme en présentent les bovins de type « culard ». Dans cette espèce HOLMES *et al.* (1973) ont établi que des agressions d'intensité variable, du jeûne à un exercice violent, provoquent des troubles métaboliques (en relation avec une diminution des capacités oxydatives des fibres musculaires) pouvant aller jusqu'à la mort de l'animal.

Utilisant un stress thermique HALIPRÉ (1973) a noté que les animaux hypertrophiés perdent plus rapidement que les animaux normaux leur capacité de thermorégulation. Une bonne partie de ces troubles sont en liaison avec les phénomènes respiratoires dont certains aspects n'ont pas encore été explorés jusqu'ici en particulier les caractéristiques sanguines en relation avec les échanges gazeux. Nous présentons ici quelques-unes des modifications de ces caractéristiques provoquées par l'exercice léger chez les animaux hypertrophiés et normaux.

## MATÉRIEL, ET MÉTHODES

### *Matériel animal*

Le matériel animal comprenait des animaux de type normal, « demi culard » et « culard » (classification établie selon NEUVY et VISSAC, 1962, par la Station de Génétique quantitative et appliquée, I. N. R. A., d'où provenaient ces animaux). Ils étaient âgés de 15 mois et issus de croisements *Charolais-Aubrac-Blonde d'Aquitaine*.

### *Méthodes*

#### *Détermination du volume sanguin.*

Après injection d'environ 200 mg de Bleu Evans, 5 prélèvements de sang étaient effectués à dix minutes d'intervalle par l'intermédiaire d'un cathéter placé dans la veine jugulaire deux heures au moins avant le début des manipulations. La courbe de décroissance en fonction du temps de la concentration plasmique en Bleu Evans (déterminée après centrifugation du sang et dilution au demi du plasma par de l'eau physiologique) était établie et le volume plasmatique déterminé par extrapolation au temps zéro.

Le volume sanguin total était calculé à partir des valeurs du volume plasmatique et de l'hématocrite moyen établi à partir des divers prélèvements de sang.

#### *Évolution des caractéristiques physiologiques après l'exercice.*

Après mise en place d'un cathéter sur la veine jugulaire et prélèvement d'un échantillon de sang sur les animaux au repos, ceux-ci étaient obligés à courir pendant dix minutes, puis ramenés à l'étable. Les prélèvements de sang étaient alors répétés toutes les vingt minutes pendant deux heures.

Les déterminations suivantes étaient effectuées immédiatement après le prélèvement :

- pH pCO<sub>2</sub>, excès de base, par une méthode tonométrique (appareil Radiometer BMS-2) et pO<sub>2</sub> par méthode polarographique (électrode Radiometer) ;
- hématocrite par centrifugation à 1 500 g pendant dix minutes de sang prélevé dans un tube capillaire.

Par ailleurs une partie aliquote de 5 ml de sang était immédiatement déprotéinisée par adjonction d'un volume égal d'acide perchlorique 0,6 N et centrifugation. L'acide lactique était dosé par la technique de HÖRST (1963) adaptée à l'autoanalyseur Technicon.

#### *Poids du cœur et des poumons.*

Le cœur et les poumons étaient pesés immédiatement après l'abattage des animaux. Les résultats sont exprimés en pourcentage du poids vif vide (poids vif — contenu de l'appareil digestif).

#### *Détermination du pouvoir oxyphorique du sang.*

Cette mesure a été effectuée sur des veaux de race charolaise âgés de 4 mois (2 « culards » et 2 « normaux ») au cours d'une étude antérieure.

Le sang était prélevé par ponction veineuse dans la veine jugulaire, sans garrot, chez les animaux au repos.

- l'hémoglobine était dosée par la méthode au ferrocyanure ;
- le contenu du sang en oxygène était déterminé par déplacement du gaz par le ferricyanure de potassium, dans un appareil de Warburg ;
- le pouvoir oxyphorique était mesuré par une méthode identique après saturation de l'hémoglobine sous une pO<sub>2</sub> de 350 mm de mercure.

## RÉSULTATS

### *Poids du cœur et des poumons*

L'examen du tableau 1 révèle que les animaux de type « culard » et « demi-culard » se caractérisent par un poids nettement inférieur de ces organes surtout en ce qui concerne les poumons. Pour ces derniers la différence atteint 15 p. 100 entre animaux « culards » et « normaux ».

TABLEAU I

#### *Poids du cœur et des poumons rapportés au poids vif vide*

Les valeurs entre parenthèses indiquent la différence en pourcentage par rapport aux animaux normaux

	Normaux (n = 7)	1/2 culards (n = 4)	Culards (n = 4)
Cœur	3,96 ± 0,38	3,75 ± 0,16 (- 6 %)	3,57 ± 0,24 (- 10 %)
Poumons	8,49 ± 0,68	7,60 ± 0,55 (- 11 %)	7,30 ± 0,86 (- 15 %)

### *Volume sanguin*

Le volume plasmatique ne présente pas de différences sensibles entre les divers types d'animaux. La différence d'environ 6 p. 100 (non significative au seuil de probabilité de 5 p. 100) entre animaux de type normal et « culard » au niveau du volume sanguin total est due principalement à l'hématocrite inférieur des seconds (fig. 1 f).

TABLEAU 2

#### *Volumes plasmatique et sanguin des bovins normaux « demi culards » et « culards »*

	Normaux (n = 13)	1/2 culards (n = 7)	Culards (n = 4)
Volume plasma (ml/kg vif)	30,7 ± 2,8	29,5 ± 1,6 (- 4 %)	29,2 ± 2,9 (- 5 %)
Volume sang (ml/kg vif)	46,6 ± 5,2	43,6 ± 3,2 (- 7 %)	44,0 ± 3,7 (- 6 %)

*Évolution de la lactacidémie, de l'équilibre acido-basique  
et de l'hématocrite durant et après le « stress »*

Chez tous les animaux l'exercice provoque une acidose métabolique (fig. 1 *b*) liée vraisemblablement à la production d'acide lactique dans la musculature (fig. 1 *d*). Chez les animaux normaux la compensation de cette acidose commence pendant l'exercice comme en témoigne l'abaissement de la  $p\text{CO}_2$ . Au contraire, chez les « culards » cette compensation ne se produit qu'après le retour au repos, ce qui traduit une relative insuffisance respiratoire (fig. 1 *b* et *c*).

L'exercice entraîne l'augmentation de la  $p\text{O}_2$  chez tous les animaux. Mais l'évolution ultérieure de cette caractéristique diffère selon le type d'animal (fig. 1 *c*). Ainsi chez les « culards » la  $p\text{O}_2$  continue d'augmenter après la fin du « stress » : il semble que ces animaux compensent alors une « dette d'oxygène » contractée durant l'exercice. Cette compensation est permise par une augmentation de la ventilation pulmonaire dont témoigne la diminution simultanée de la  $p\text{CO}_2$ . Chez les animaux normaux un approvisionnement satisfaisant en oxygène paraît être réalisé durant l'exercice ( $p\text{O}_2$  élevée) et le retour progressif à la normale débute dès la fin de celui-ci.

La création d'une dette d'oxygène chez les animaux « culards » ou « demi-culards » est favorisée, surtout durant l'exercice, par un hématocrite inférieur (fig. 1 *f*). Cette infériorité de l'hématocrite entraîne en effet, par rapport aux animaux normaux, un abaissement du pouvoir oxyphorique du sang, sans que l'on puisse incriminer une capacité de fixation différente de l'oxygène par l'hémoglobine (tabl. 3).

TABLEAU 3

*Caractéristiques du sang de bovins « culards » et normaux  
(veaux de 4 mois race Charolaise)*

	Culards ( <i>n</i> = 2)	Normaux ( <i>n</i> = 2)
Pouvoir oxyphorique du sang (A) (ml $\text{O}_2$ /100 ml de sang) .....	13,7	15,3
Hématocrite (%) .....	28,6	32,8
Hémoglobine g/ml .....	11,3	12,4
A/hématocrite .....	0,48	0,47
A/hémoglobine .....	1,21	1,23

Les animaux « demi-culards » se comportent comme les animaux normaux en ce qui concerne l'équilibre acidobasique ; par contre les variations de la  $p\text{O}_2$  et de l'hématocrite sont très proches de celles que l'on observe chez les « culards ».

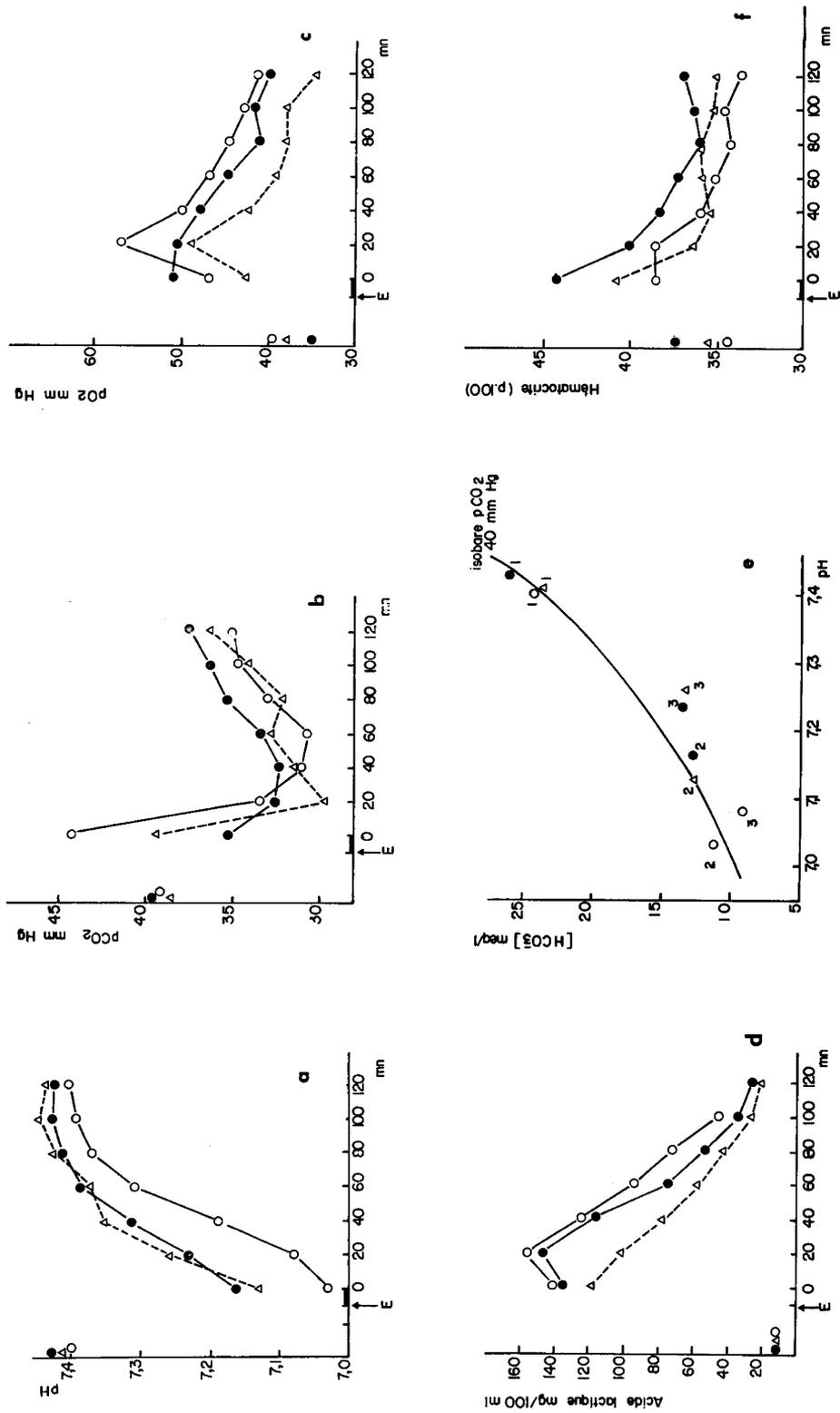


FIG. 1. — Évolution des caractéristiques sanguines mesurées au cours de l'exercice

● : normaux    Δ : demi-culards    O : culards  
 ↑ E : début de l'exercice  
 a : pH ;    b : pression de CO<sub>2</sub> ;    c : pression d'oxygène ;    d : acide lactique ;  
 e : acidité carbonique ; (1 : valeur au repos ; 2 : à la fin de l'exercice ; 3 : 20 minutes après l'exercice)    f : hématoctrite.

## DISCUSSION ET CONCLUSION

Au repos il n'existe pratiquement pas de différences entre les animaux des divers génotypes, sauf au niveau de l'hématocrite. On peut noter que nous avons observé une lactacidémie de repos très inférieure à celle que rapportent HOLMES *et al.* (1972) ; ceci est certainement lié au mode de prélèvement du sang, cathéter dans notre expérience, ponction veineuse dans le cas de HOLMES *et al.*

La différence la plus remarquable entre animaux « culards » et « normaux » réside donc dans le retard qui caractérise le réajustement de l'équilibre physiologique après le « stress » chez les premiers. Ceci se traduit par l'installation d'une acidose métabolique plus prononcée et moins bien compensée chez les « culards ».

La propension à l'acidose métabolique de ces bovins semble résulter d'un ensemble de caractéristiques anatomiques et physiologiques favorables à l'installation d'une « dette d'oxygène » dans la musculature : moindre développement relatif du cœur et des poumons, hématocrite inférieur, rapport poids de muscle/volume sanguin supérieur, proportion élevée de fibres musculaires de type métabolique anaérobie (HOLMES et ASHMORE, 1970).

On sait qu'en cas de dette d'oxygène, le muscle consomme, pour assurer ses dépenses énergétiques, ses réserves de glycogène. Chez les animaux de boucherie la déplétion de ces réserves provoque la formation *post mortem* de viandes à pH élevé et de couleur sombre (LAWRIE, 1966). Le risque d'obtenir de telles viandes paraît donc plus élevé chez les bovins « culards » que chez les bovins normaux, dans le cas où les animaux sont soumis à des « stress » prolongés dans la période précédant immédiatement l'abattage.

*Reçu pour publication en mai 1974.*

## REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier nos collègues de la Station de Génétique quantitative et appliquée, de la Station de Recherches sur l'élevage des Ruminants, et de la Station de Recherches sur la Physiopathologie de la Nutrition, pour l'aide qu'ils nous ont apporté pour la réalisation matérielle de cette étude. Nous remercions également le Pr DAUZIER et le Dr ANSAY pour les suggestions qu'ils nous ont apportées à la lecture de notre manuscrit.

## SUMMARY

## RESPIRATORY PHYSIOLOGY OF DOUBLE MUSCLED CATTLE

In this experiment the changes in acidobasic status brought about by exercise were studied in double-muscled and normal cattle.

Double muscled animals show symptoms of metabolic acidosis more pronounced and more slowly compensated than in normal cattle (blood pH after exercise = 7.03 in DM, 7.17 in normal, — pCO<sub>2</sub> after exercise = 44 in DM, 35 in normal). In these animals the rise in pO<sub>2</sub> continued after the end of the exercise. These phenomena can be related to a possible lower oxygen supply in muscles during physical activity. Thus, double muscled cattle were shown to have a lower heart and lung weight (respectively — 10 p. 100 and 15 p. 100).

They also had a lower blood oxygen capacity, related to a lower hematocrit value (at rest 34.5 p. 100 in DM and 37.6 p. 100 in normal), the oxygen binding capacity of haemoglobin being as in normal animals.

The animals showing an intermediate phenotype are intermediate between normal and double muscled cattle with respect to these characteristics.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- HALIPRÉ A., 1977. Étude du caractère culard. Sensibilité des bovins culards au stress thermique. *Ann. Génét. Sél. anim.*, **5**, 441-449.
- HORST H. J., 1965. L Lactate Determination with Lactic Deshydrogenase and DPN in BERGMAYER H. U. *Methods of enzymatic analysis*, 266-270. Academic Press, New York.
- HOLMES J. M. G., ASHMORE C. R., ROBINSON D. W., 1973. Effects of stress on cattle with hereditary muscular hypertrophy. *J. Anim. Sci.*, **36**, 684-694.
- LAWRIE R. A., 1966. Metabolic stresses which affect muscle in BRISKEY E. J., CASSENS R. G., TRAUTMAN J. C. *The physiology and biochemistry of muscle as a food*, chap. 9, 137-164 ; University of Wisconsin Press, Madison.
- LISTER D., 1971. Fresh and processed pork. Some observations on problems of pork quality, their identification and alleviation in Proceedings of the 2nd International Symposium on condition and meat quality of pigs. 22-24 March. Zeist, 235-242. Pudoc ed. Wageningen.
- NEUVY, VISSAC B., 1962. Contribution à l'étude du phénomène culard. Union Nat. Livres Généalogiques, Paris, 52 pages ronéotypées.
-