

RELATION ENTRE LA REACTION PHYSIOLOGIQUE DU PORC A UNE HYPERTHERMIE ET ▲ 6 LE CARACTERE EXSUDATIF DU TISSU MUSCULAIRE

Post mortem

J. Charpentier

L'amélioration de nos connaissances quant au déterminisme du syndrome désigné communément sous les vocables de "viande exsudative", "watery pork", "p. s. e. condition", permet de considérer que trois facteurs essentiels sont impliqués dans l'étiologie de cette affection, à savoir un état d'anoxie relative de l'animal, un certain déséquilibre hormonal et enfin une particulière réaction aux stimulations nerveuses. Les diverses perturbations métaboliques et physiologiques contribuent à rendre particulièrement délicate l'homéostasie de l'animal face à des agressions variées et notamment à celles qui se manifestent inéluctablement dans la phase ultime précédant l'abattage.

L'étude du comportement de l'animal et de ses réactions physiologiques lors d'agressions expérimentales variées a d'ailleurs permis de mettre en évidence l'existence d'une relation plus ou moins étroite entre la "résistance au stress" et les caractéristiques physicochimiques du tissu musculaire (FORREST *et al.*, 1965 ; ADDIS *et al.*, 1967 ; BUTTERWORTH, STEINHAUF et WENIGER, 1967 ; KALLWEIT, 1968). La variété des conditions expérimentales et l'influence directe de l'agression sur l'évolution *post mortem* du muscle, lorsque celle-ci précède immédiatement l'abattage, sont vraisemblablement à l'origine d'une certaine divergence dans les résultats obtenus par ces différents auteurs. Aussi nous a-t-il semblé souhaitable d'étudier la relation entre la réaction de l'animal à l'agression provoquée par une élévation de température de courte durée associée à une contrainte physique, et le caractère exsudatif du tissu musculaire, dans des conditions telles que le délai intervenant entre le traitement expérimental et l'abattage exclue toute répercussion de l'agression sur l'évolution *post mortem* du tissu musculaire.

MATERIEL ET METHODES

• 40 porcs de race Large White pesant entre 98 et 110 kgs étaient soumis à une température de 45°C pendant 15 minutes, à l'intérieur d'une cage conçue de façon à réaliser une relative contention de l'animal.

La température du muscle *Longissimus Dorsi* était obtenue à l'aide d'une sonde à thermistance implantée à l'intérieur du muscle au niveau de la région lombaire. Le rythme cardiaque et le rythme respiratoire étaient

obtenus par amplification et enregistrement des potentiels d'action du muscle cardiaque et des muscles respiratoires au moyen d'électrodes intramusculaires implantées dans la partie antérieure de la région thoracique, et d'un ensemble amplificateur-enregistreur Physiograph. Immédiatement après la fin du traitement les porcs étaient anesthésiés par inhalation de fluothane. Du sang était recueilli sur héparine à l'abri de l'air par ponction à la veine cave. L'analyse des paramètres de l'équilibre acidobasique était effectué par tonométrie à l'aide d'un dispositif METROHM. La détermination des valeurs de pH correspondant au sang tonométré permet de tracer une ligne droite tampon sur une abaque de Siggaard-Andersen. La connaissance de la valeur réelle du pH du sang permet de déterminer la pCO_2 en ordonnée. L'abaque indique également la valeur de la concentration réelle en bicarbonate du plasma, l'excès de base et la base tampon. La mesure du pH est effectuée dans une cellule thermostatée à 38°C avec un pHmètre METROHM E 300 B permettant d'apprécier le centième d'unité pH. L'appareil est préalablement étalonné par deux tampons pH 4,65 et pH 6,98. L'acide lactique sanguin est dosé par méthode enzymatique. La quantité de $NADH, H^+$ apparue lors de la formation d'acide pyruvique à partir d'acide lactique en présence de LDH et d'un excès de NAD est déterminée par la variation de densité optique à 340 m μ qui est directement proportionnelle à la quantité d'acide lactique présente.

o L'abattage des animaux sous électronarcose avait lieu 8 jours après le traitement décrit précédemment. Les carcasses étaient conservées 24 h à + 4°C puis le jambon était isolé et une section du muscle *Longissimus Dorsi* était pratiquée au niveau de la dernière côte. Des échantillons étaient alors prélevés sur les muscles *Longissimus Dorsi*, *Biceps Femoris* et *Gluteus Medius*. Le pH était déterminé à l'aide d'un pHmètre METROHM. La réflectance était mesurée à l'aide du réflectomètre de Charpentier-Vergé et la capacité de rétention d'eau était obtenue selon la méthode de Goutefongea. L'état de dénaturation des protéines musculaires était en outre apprécié par la méthode de Hart (1962). La mise en oeuvre de ces différentes techniques nous a permis de considérer que sur les 40 carcasses examinées, 8 présentaient un caractère exsudatif prononcé et qu'à l'inverse 7 étaient de très bonne qualité. Il convient de noter que deux animaux (n° 30 et n° 42), dont les réactions furent particulièrement intenses, succombèrent quelques minutes après la fin du traitement. Le tissu musculaire de ces animaux se caractérisait par une exsudation abondante et par une très faible pigmentation. Les caractéristiques

physicochimiques des muscles des animaux de ces deux lots sont rassemblés dans le tableau n° 1. Dans l'exposé de nos résultats, nous procéderons à l'examen des caractéristiques physiologiques des animaux de chaque lot afin d'en déduire, si possible, une méthode de prévision de la qualité de la viande sur l'animal vivant.

RESULTATS

I - Caractéristiques physiologiques

1 - Rythme cardiaque et rythme respiratoire. L'étude de la variation du rythme cardiaque au cours de l'épreuve d'hyperthermie provoquée montre que chez les animaux ayant une bonne qualité de viande, le nombre de pulsations par minute est relativement stable (fig. 1a). En effet chez la plupart des animaux après quelques légères augmentations transitoires, le rythme cardiaque tend à diminuer et à se stabiliser à des valeurs en général inférieures à 100 pulsations par minute. L'évolution du rythme cardiaque est par contre très différente chez les animaux "exsudatifs" (fig. 1b). Au bout de 15 minutes le rythme cardiaque est en effet très élevé (entre 180 et 240 pulsations par minute). L'augmentation de rythme cardiaque est d'ailleurs plus ou moins rapide selon les animaux. Les différences entre les deux lots d'animaux sont moins nettes en ce qui concerne le rythme respiratoire. En effet si le rythme respiratoire des "bons animaux" reste relativement stable ou présente une augmentation d'amplitude modérée, par contre la variabilité du rythme respiratoire des animaux "exsudatifs" est beaucoup plus importante (fig. 2b). Certains animaux sont en effet en état d'hyperventilation alors que pour d'autres le rythme respiratoire n'augmente pratiquement pas et reste faible. Enfin chez les animaux qui présentent une particulière sensibilité au stress thermique, le rythme respiratoire augmente très rapidement puis décline progressivement.

2 - Paramètres de l'équilibre acidobasique. Les résultats rassemblés dans le tableau n° 2 montrent que les paramètres des animaux de bonne qualité présentent une certaine homogénéité et que, d'une façon générale, les valeurs de ces différents paramètres sont caractéristiques d'un état d'alcalose métabolique. Le pH sanguin est supérieur à 7,40 et l'excès de base est systématique. L'alcalose métabolique s'accompagne d'une acidose respiratoire dans les cas d'hypoventilation qui conduisent à des pCO_2 élevées (porcs n° 15 et 24). Les taux d'acide lactique sanguin faibles indiquent que les animaux

ne sont pas en état de "dette d'oxygène" et sont nullement contraints de faire appel à la glycogénolyse anaérobie pour pallier une insuffisance de la voie aérobie. Il convient de remarquer que le taux d'acide lactique sanguin est plus important chez le porc n° 14 qui présente par ailleurs un rythme respiratoire plus élevé dès le début de l'épreuve d'hyperthermie ce qui laisse supposer que cet animal a dû être vraisemblablement soumis à une excitation anormale avant le début même du traitement. Les valeurs des paramètres sanguins des porcs exsudatifs sont par contre nettement plus variables. Deux animaux, le n° 5 et le n° 8 présentent manifestement un état typique d'acidose métabolique, caractérisé par des faibles valeurs du pH sanguin, des pCO_2 élevées, des déficits de base et des taux particulièrement importants d'acide lactique sanguin. Par contre les porcs n° 3 et n° 32, sont en état typique d'alcalose métabolique et d'acidose respiratoire consécutive à l'hypoventilation, comme l'indiquent à la fois les valeurs élevées de la pCO_2 et l'excès de base. L'état d'alcalose métabolique ne peut donc être considéré comme caractéristique d'un animal présentant une évolution *post mortem* normale du tissu musculaire. La forte valeur du taux d'acide lactique sanguin du porc n° 3 est très vraisemblablement due aux contractions musculaires consécutives aux stimulations nerveuses importantes, auxquelles étaient soumis les muscles de cet animal. L'électromyogramme du porc n° 3 montre l'existence quasi permanente d'excitations nerveuses. Un tel état de particulière excitabilité nerveuse est également observé chez le porc n° 25 qui présente par ailleurs les symptômes habituels d'une alcalose métabolique, ainsi que chez les porcs n° 30 et 42 qui ont succombé à l'issue du traitement. La faible valeur du taux d'acide lactique chez le porc n° 25 associée à un rythme respiratoire élevé tend à indiquer que le fonctionnement de la chaîne respiratoire est suffisant pour éviter une "dette d'oxygène". Les paramètres sanguins, n'ont pu être déterminés chez les porcs n° 30 et 41 par suite d'une coagulation immédiate du sang. Le sang des porcs n° 5 et 8 ayant coagulé également rapidement, par analogie, et compte-tenu également de la particulière pâleur du tissu musculaire, il est vraisemblable que ces animaux se trouvaient dans un état d'acidose métabolique très prononcé. L'électromyogramme du porc n° 1 montre pratiquement l'absence d'impulsions nerveuses. La teneur en acide lactique est élevée et le rythme respiratoire relativement rapide ce qui conduit à une pCO_2 très légèrement supérieure à la normale. L'augmentation du taux d'acide lactique semble, dans ce cas, imputable à une défaillance de la chaîne respiratoire.

3 - Température musculaire. L'évolution de la température musculaire au cours de l'épreuve d'hyperthermie (fig. N°3a et 3b) montre que dans le cas des "bons" porcs la température est comprise entre 38°,3 et 39°,5 et reste pratiquement stable pendant la durée du traitement, alors que dans le cas des porcs "exsudatifs", d'une part la température initiale est plus élevée et d'autre part la température augmente constamment pour atteindre environ 42°,5. Il convient de remarquer que l'augmentation de température était particulièrement importante pour les deux animaux ayant succombé à l'issue du traitement puisque la température musculaire atteignait dans ce cas 44° et 44°,7.

DISCUSSION

Ces différents résultats indiquent que les porcs aptes à fournir une viande de bonne qualité se caractérisent par leur faculté de résistance aux modifications de l'environnement et notamment à l'agression constituée par la contention et l'augmentation de la température ambiante. Du point de vue de l'équilibre acidobasique, ces animaux sont systématiquement en état d'alcalose métabolique. Les rythmes cardiaque et respiratoire subissent relativement peu de modifications. Le rythme cardiaque notamment reste lent alors que le rythme respiratoire peut présenter des variations importantes. Le maintien de la température musculaire à des valeurs modérées semble pouvoir être expliqué par une faible libération de calories due au bon fonctionnement du métabolisme oxydatif et par une irrigation sanguine satisfaisante qui permet une évacuation des calories apparues *in situ*. La caractérisation des porcs "exsudatifs" semble plus complexe car des animaux dont le comportement physiologique est assez différent, sont néanmoins susceptibles de fournir des viandes de qualité défectueuse. Selon FORREST *et al.* (1968) et KALLWEIT (1968), les porcs particulièrement "sensibles au stress" sont des animaux pour lesquels l'épreuve d'hyperthermie conduit à un état d'acidose métabolique caractérisé par un déficit de base, une augmentation de la pCO_2 et du taux d'acide lactique sanguin. Nos résultats montrent que parmi les porcs "exsudatifs" certains répondent en effet parfaitement à ce type, mais que des animaux présentant les signes caractéristiques d'un état d'alcalose métabolique peuvent également être "exsudatifs" du moins en ce qui concerne la race Large White. L'augmentation de la température musculaire semble un indice particulièrement intéressant car l'élévation de température semble étroitement liée à l'intensité du syndrome "viande exsudative". Diverses hypothèses peuvent être invoquées pour expliquer cette

montée de température. La "dette d'oxygène" due à un faible apport d'oxygène consécutif à une irrigation sanguine déficiente se traduit par une production insuffisante d'ATP à laquelle pourrait suppléer un fonctionnement accru de la glycogénolyse anaérobie génératrice de calories. L'activité ATPasique intense, qui caractérise les muscles de ce type et un éventuel découplage des phosphorylations oxydatives, à l'origine d'un faible rendement énergétique, pourraient également contribuer à cet apport calorique. L'hypoventilation et l'insuffisance de la microirrigation sanguine seraient, enfin, responsables de l'évacuation des calories ainsi accumulées. A ce propos, il convient de remarquer que l'augmentation de la température musculaire du porc n° 25 est moindre que celle des autres animaux "exsudatifs", or le rythme respiratoire de cet animal est précisément rapide et, comme nous l'avons vu précédemment, divers indices laissent supposer que le fonctionnement de la chaîne respiratoire est satisfaisant. L'augmentation de la température musculaire, et par voie de conséquence de la température sanguine, est très vraisemblablement responsable de la diminution du rythme respiratoire qui se produit chez les animaux dont la sensibilité au stress présente une particulière acuité. En effet selon INGRAM et WHITTOW (1963), chez le veau le rythme respiratoire croît avec la température mais lorsque la température de l'hypothalamus est comprise entre 40°3 et 41°3 le rythme respiratoire diminue rapidement. De même FINDLAY et HAYLES (1968) ont montré que, chez le boeuf, une température de 40°5 inhibe la thermorégulation hypothalamique. L'intensité des stimulations neuromusculaires est également particulièrement importante. En influant sur le taux de calcium libre dans le muscle, elle conditionne l'activité ATPasique myofibrillaire et indirectement la rapidité de la glycogénolyse. Comme nous l'indiquions précédemment il est certain que les facteurs impliqués dans l'étiologie des viandes exsudatives sont multiples et que, par conséquent, une caractérisation physiologique ne peut être que relativement complexe. Néanmoins les résultats de cette étude, qui doivent être confirmés sur un nombre plus important d'animaux, indiquent que, lors d'une hyperthermie associée à une contention, l'élévation du rythme cardiaque et de la température musculaire, complétée éventuellement par un diagnostic d'acidose métabolique, peuvent constituer un mode d'appréciation prévisionnelle du caractère "exsudatif".

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADDIS, P.B., H.R. JOHNSON, N.W. THOMAS and M.D. JUDGE, 1967
J. Anim. Sci. 26 (3), 466-469.
- BUTTERWORTH, M.H., D. STEINHAUF und J.H. WENIGER, 1967
Zuchtungskunde. 39 (4), 283-294.
- FINDLAY, J.D. and J.R.S. HAYLES, 1968
Proceed. of the Physiol. Soc. 62 P - 63 P.
- FORREST, J.C., L.L. KASTENSCHMIDT, G.R. BEECHER, R.H. GRUMMER, W.G. HOEKSTRA
and E.J. BRISKEY, 1965
J. Food Sci., 30, 492-497
- FORREST, J.C., J.A. WILL, G.R. SCHMIDT, M.D. JUDGE and E.J. BRISKEY, 1968
J. of Appl. Physiol., 24 (1), 33-39.
- HART, P.C. Fysich-chemische kermerken van gedegeneraad Vlees bij varkens -
II - Tijdschr Diergeneesk, 87, 156-157.
- INGRAM, D.L. and G.C. WHITTOW, 1963
J. Physiol., 168, 736-746
- KALLWEIT, E., 1968
Intern. Symp. on Meat quality. Zeist. Nederland.

Caractéristiques physicochimiques du tissu musculaire	LOT A								LOT B							
	N ^{os}								N ^{os}							
	14	15	24	31	34	36	39		1	3	5	8	25	30	32	41
<u>M. Longissimus Dorsi</u>																
pH.....	5,50	5,50	5,55	5,70	5,65	5,70	5,60		5,30	5,30	5,30	5,10	5,50	5,30	5,50	5,30
Pertes d'eau (a)... (en p. 100)	22,0	22,0	22,1	17,8	21,8	15,8	15,4		38,0	30,0	34,4	30,1	29,0	40,0	36,0	41,8
Réflectance (b)...	740	754	691	622	588	612	640		637	616	799	750	750	910	950	965
Transmission (c)... (en p. 100)	7	5	4	8	10	7	5		96	90	95	93	91	97	95	97
<u>M. Biceps Femoris</u>																
pH.....	5,50	5,55	5,50	5,50	5,70	5,65	5,55		5,30	5,35	5,15	5,30	5,55	5,35	5,60	5,40
Pertes d'eau (en p. 100)	24,0	22,2	23,0	22,0	22,2	22,4	20,4		33,0	30,4	34,0	32,2	28,5	32,4	31,5	33,6
Reflectance.....	630	750	670	620	580	591	525		632	731	678	648	670	930	926	955
<u>M. Gluteus Medius</u>																
pH.....	5,50	5,50	5,50	5,50	5,70	5,60	5,55		5,20	5,35	5,35	5,35	5,50	5,40	5,50	5,35
Pertes d'eau..... (en p. 100)	24,0	22,1	22,0	20,0	21,5	21,4	22,4		33,6	32,0	31,0	28,2	29,0	32,0	36,0	33,0
Reflectance.....	710	850	585	631	572	570	542		660	786	670	665	680	925	910	950

a) eau libérée par pression en p.100 du poids de muscle

b) réflectance exprimée en graduations du réflectomètre de Cherpentier-Vergé

c) valeur transmission selon la méthode de Hart.

TABLEAU I - Caractéristiques physicochimiques du tissu musculaire

LOT A : porcs dont la viande est de bonne qualité

LOT B : porcs dont la viande est exsudative.

Paramètre de l'équilibre acidobasique	LOT A							LOT B					
	N°s							N°s					
	14	15	24	31	34	36	39	1	3	5	8	25	32
pH sanguin	7,42	7,43	7,41	7,50	7,47	7,46	7,48	7,37	7,37	7,01	6,98	7,39	7,43
PO ₂ (mm Hg)	46,5	54,5	56	45,2	40,5	45,5	42	47,5	53,5	68	67	59,2	58,8
taux de carbonate (eq/litre)	28	35	34,5	34	28,5	31	30	26,4	29,8	15	15,3	35	38
pH de base (eq/litre)	+ 6	+9,5	+9,5	+13	+ 7	+9	+9	+3	+6	-17	-18	+10	+13
se tampon (eq/litre)	55,5	65	60,5	64	54	53,5	58	48	52	30	29,5	58	63
acide lactique sanguin (g/litre)	236	129	50	12	50	19	126	523	530	694	946	85	135

TABLEAU II. - Paramètres de l'équilibre acidobasique

Lot A : Porcs dont la viande est de bonne qualité
 Lot B : Porcs dont la viande est exsudative.

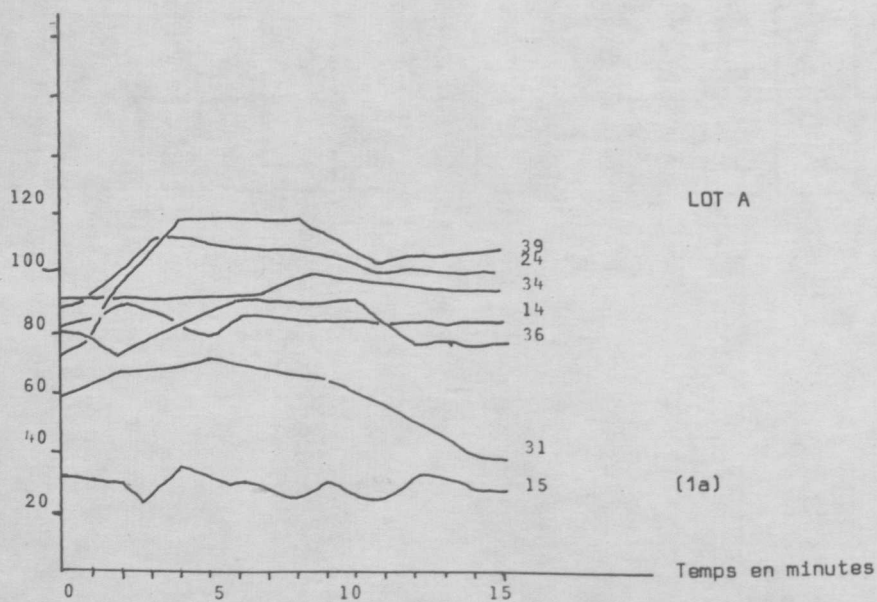
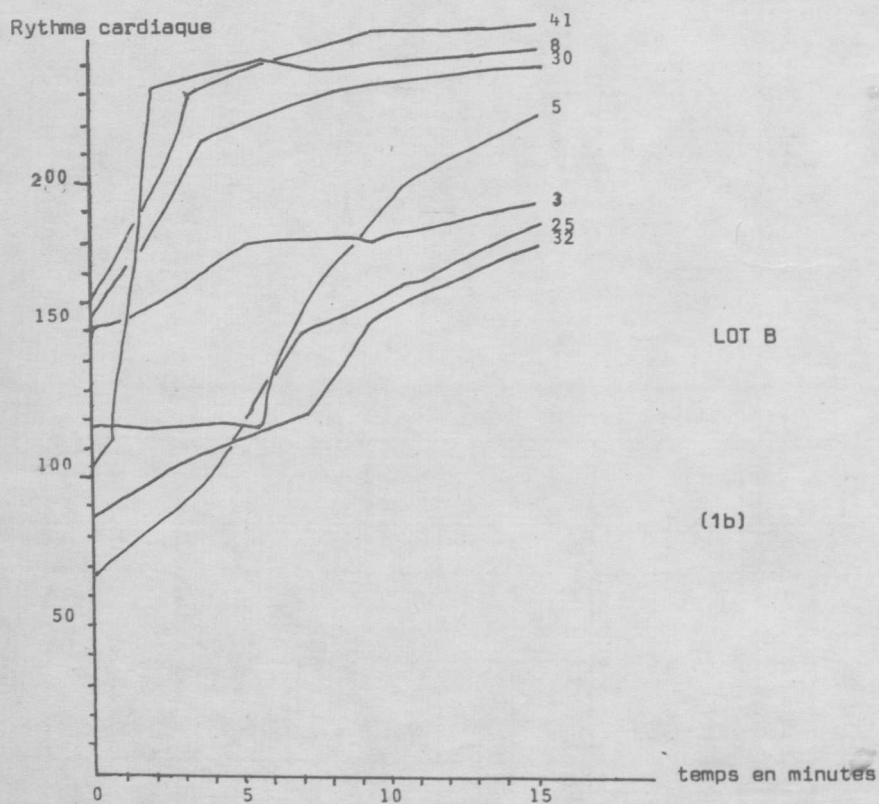


Fig. 1 - Variation du rythme cardiaque en fonction du temps

Rythme respiratoire

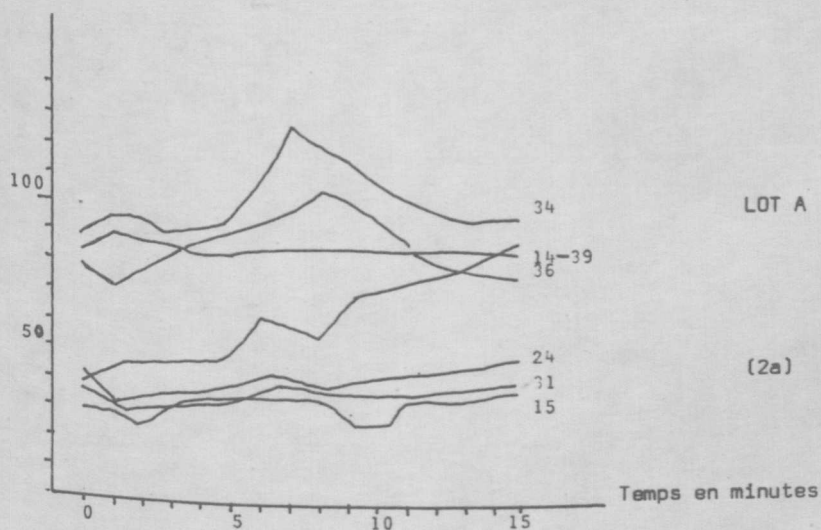
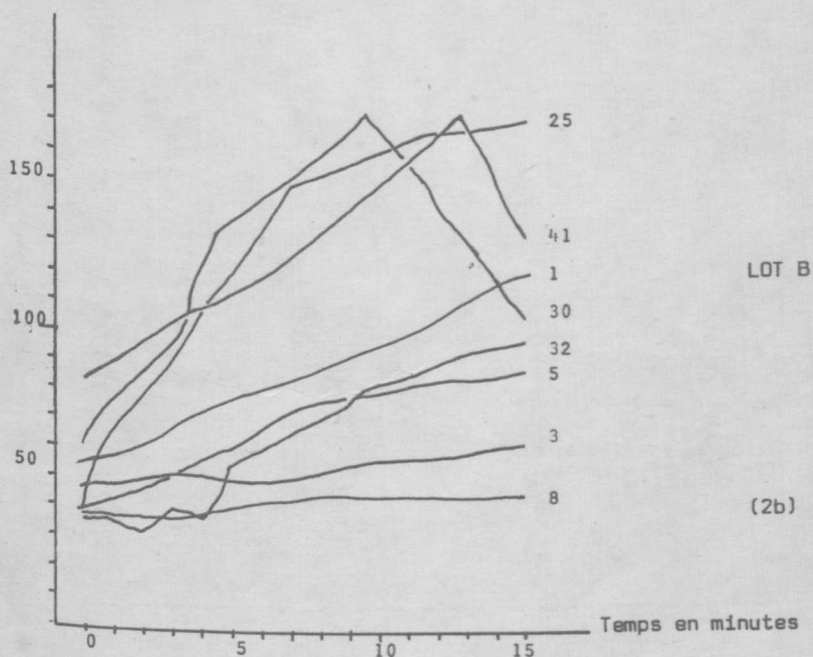


Fig. 2 - Variation du rythme respiratoire en fonction du temps

Température du muscle Longissimus Dorsi
en degrés C.

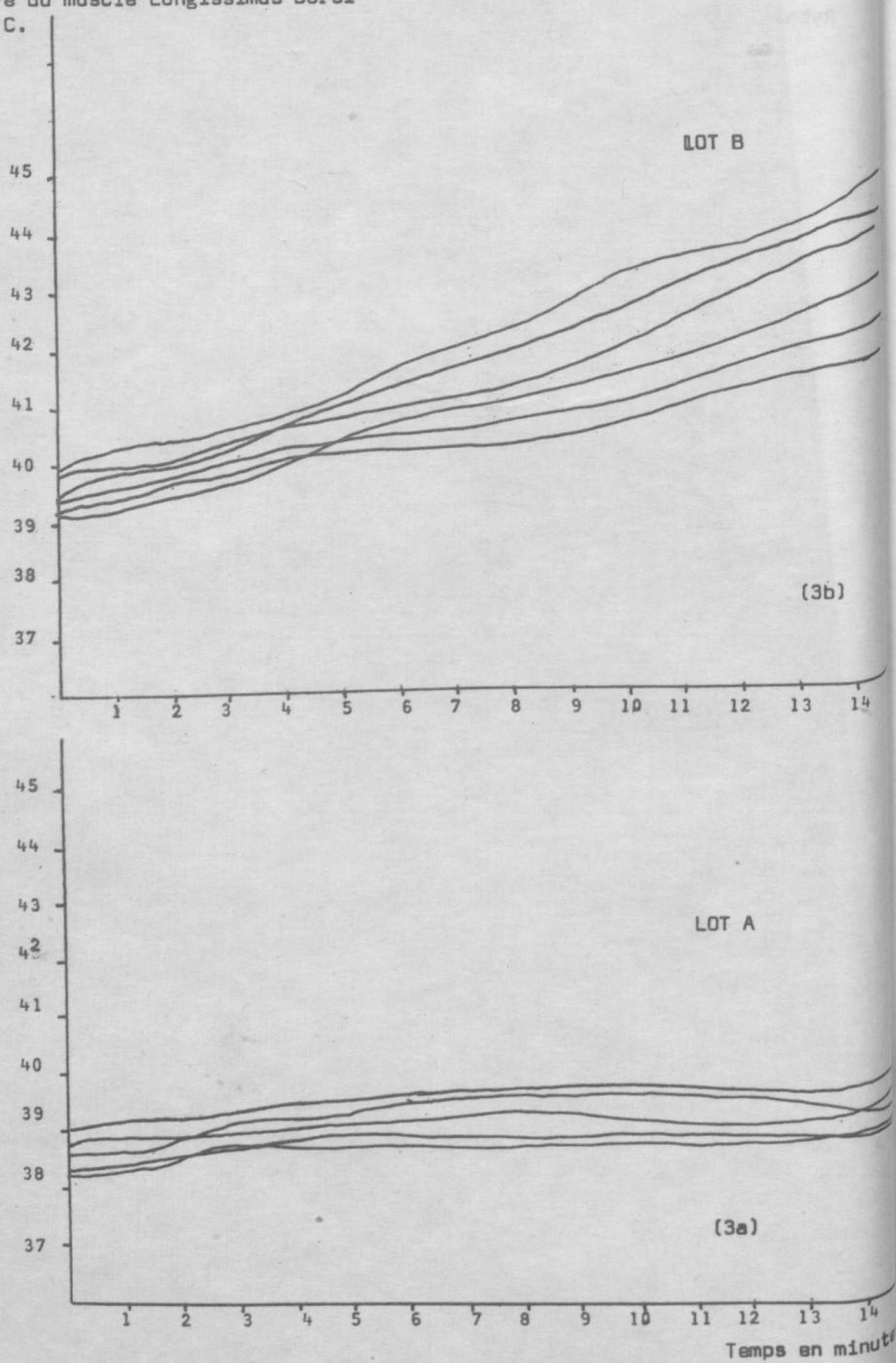


Fig. 3 - Variation de la température en fonction du temps.