

# Le transport routier des bovins – Effets des conditions de transport sur le bien-être des animaux et sur les pertes techniques

A. BRULE (1), J.M. CHUPIN (2), J. CAPDEVILLE (3), J. LUCBERT (4), C. SARIGNAC (2)

(1) Institut de l'Élevage, Monvoisin – BP 67 – 35652 Le Rheu Cedex

(2) Institut de l'Élevage, INRA Theix – 63122 Saint-Genès Champanelle

(3) Institut de l'Élevage, Actipole – 5, rue Hermann Frenkel – 69364 Lyon Cedex 07

(4) Institut de l'Élevage, 149, rue de Bercy – 75595 Paris Cedex 12

**RESUME** - Presque tous les bovins adultes sont transportés à un moment de leur vie et le plus souvent par route. La dernière réglementation de l'Union Européenne permet que les bovins adultes soient transportés par route pendant des durées de 29 heures, si une pause d'une heure est respectée, après les 14 premières heures de transport, pour permettre d'abreuver et, si nécessaire, d'alimenter les animaux. La littérature relative au transport des bovins est importante et nous allons essayer de présenter un état des connaissances sur ce sujet, avec un intérêt particulier pour les effets des conditions de transport sur le bien-être des animaux et sur les pertes économiques. Pour illustrer cette bibliographie, nous allons présenter les résultats obtenus lors de transports longues durées (29 heures) de 140 taurillons et de 180 broutards au cours de l'été et de l'hiver 1999 et 2000. Ces dernières années, des expérimentations ont tenté d'identifier des situations stressantes pour les bovins et entraînant des pertes de qualité de carcasse et de viande au cours des différentes étapes du transport (rassemblement, chargement, confinement dans un camion en mouvement, déchargement, mise en lot dans un environnement nouveau et inconnu). Une mesure objective du stress au cours du transport peut être obtenue en utilisant des indicateurs comportementaux, physiologiques et pathologiques. Des transports de longues durées provoquent des privations d'eau et d'aliments pendant de longues périodes, ce qui entraîne des pertes de poids et une déshydratation. D'autre part, mélanger des animaux non familiers entre eux conduit à une augmentation du nombre d'interactions sociales qui peuvent conduire à des stress psychologiques et à un épuisement physique de certains animaux. Des événements tels que le chargement, le déchargement et le confinement dans un camion en mouvement sont particulièrement associés à des blessures et contusions physiques.

## Transportation of cattle by road – Effects of transport conditions on animal welfare and technical losses

A. BRULE (1), J.M. CHUPIN (2), J. CAPDEVILLE (3), J. LUCBERT (4), C. SARIGNAC (2)

(1) Institut de l'Élevage, Monvoisin – BP 67 – 35652 Le Rheu Cedex

**SUMMARY** – Almost all adult cattle are transported at some time in their lives and the majority are transported by road. The latest EU regulations implemented in France as the Welfare of Animals (Transport) Order 1997, allow mature cattle to be transported by road for up to 29 hours, provided that they are given an one-hour rest with water, if necessary, feed, after the first 14 hours. The literature covering the transport of cattle is extensive and we try to present the state of knowledge with particular interest to the effects of transport conditions on animal welfare and economic losses. In order to illustrate this literature, we present the results we obtained with 140 young bulls and 180 steers transported during 29 hours in summer and in winter in 1999 and 2000. In recent years, research has attempted to identify situations in the transport chain (assembly, loading, confinement in a moving truck, unloading, penning in a new and unfamiliar environment) that are stressful to the cattle, and that lower carcass and meat quality. An objective measurement of transport stress may be attempted using behavioural, physiological and pathological indicators. Long journeys unavoidably involve the withdrawal of food and water for extended periods of time, leading to weight loss and dehydration. Mixing groups of unfamiliar animals leads to an increase in the number of social interactions which may lead to psychological stress and physical exhaustion. Loading, unloading and driving are particularly associated with physical damage and injury.

## INTRODUCTION

Presque tous les bovins adultes sont transportés à un moment de leur vie, le plus communément par route. L'étude des méthodes de transport présente des intérêts du point de vue du bien être des animaux (Juszkiewicz, 1965 ; Bouman, 1969 ; Van Gils, 1969 ; King, 1970, 1971 ; Fraser, 1979...), mais également d'un point de vue technique (Wythes et Underwood, 1980 ; Kenny et Tarrant, 1987a ; Jarvis et al., 1996). Le transport des animaux vivants se définit comme une succession d'opérations comprenant le regroupement d'animaux à la ferme, le chargement dans une bétailière, le transport à proprement parlé (durée, arrêts, conduite...), le déchargement, le regroupement dans des parcs et les conditions d'attente et de manipulations (Tarrant, 1990 ; Tarrant et Grandin, 2000).

Des définitions du stress sont proposées par des auteurs (Selye, 1950, 1952, 1956 ; Mormède, 1988 ; Dantzer, 1991), dont Fraser et coll. (1975) : « on dit qu'un animal est en état de stress s'il est obligé de réaliser des ajustements anormaux ou excessifs, dans sa physiologie ou son comportement, pour pouvoir faire face à des conditions défavorables de son environnement ».

D'autre part, diverses approches du bien être animal existent (Dawkins, 1983 ; Broom, 1986 ; Fraser, 1995) dont l'une est de l'estimer en lien avec les recommandations du rapport de la FAWC (Farm Animal Welfare Council, 1992) qui définit cinq libertés nécessaires à la réalisation du bien être animal : absence de lésions ou de maladies ; absence de stress climatique ou physique ; absence de faim, de soif et de malnutrition ; absence de peur ; possibilité d'exprimer des comportements normaux.

La recherche sur le bien être animal est compliquée par l'interprétation des types d'approches pouvant permettre de l'évaluer. Les critères utilisés pour accéder au bien-être sont caractérisés par des changements physiologiques et/ou comportementaux qui ne représentent pas forcément un changement dans le bien-être. Le comportement et la physiologie des animaux sont continuellement ajustés pour maintenir l'homéostasie. Il faut déterminer à partir de quel changement le bien-être est mis en péril (Barnett et Hemsworth, 1990).

Les facteurs de stress les plus importants au cours du transport sont d'ordres physiques (bruits, vibrations), climatiques (température, humidité), métaboliques (consommation insuffisante d'eau et d'aliments), sociaux (contacts avec les congénères et les manipulateurs), comportementaux (manque d'exercice, position debout prolongée) et environnementaux (confrontation avec des événements nouveaux) (Dow, 1976 ; Grandin, 1978 ; Hails, 1978 ; Taylor, 1978 ; Dantzer, 1982 ; Kent et Ewbank, 1983 ; Connell, 1984 ; Kent et Ewbank, 1986 ; Shorthose et Wythes, 1988).

Une mesure du stress lié au transport peut être obtenue en évaluant des indicateurs comportementaux, physiologiques (rythme cardiaque, composition sanguine en électrolytes, hormones, métabolites et enzymes, poids vif...) et pathologiques (Shorthose et Wythes, 1988 ; Tarrant et Grandin, 2000).

C'est à la demande du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche (DGAL) et avec le soutien financier de la DGAL, d'INTERBEV et de l'OFIVAL que l'Institut de l'Élevage a travaillé à la mise au point d'aménagements répondant à la nouvelle réglementation concernant la protection des animaux en cours de transport et a étudié l'impact de celle-ci sur leur bien être. Ces expérimentations de transport de longue durée ont nécessité la mise au point d'une bétailière expérimentale et un suivi permanent de l'évolution des conditions d'ambiance à l'intérieur et à l'extérieur du véhicule, des paramètres sanguins et du comportement des animaux au cours des phases du transport.

La synthèse présentée ici s'appuie sur l'analyse des résultats de ces expérimentations réalisés dans un contexte bibliographique concernant le transport routier des bovins.

## 1. LE TRANSPORT DES BOVINS – UNE LEGISLATION EN PLEINE EVOLUTION

- La directive européenne N°91/628/CE modifiée par la directive N°95/29/CE :

- \* est transposée en droit français par l'arrêté du 05/11/96,
- \* traite des densités de chargement, des intervalles d'abreuvement et d'alimentation, de durée de voyage et de repos durant le transport, de certains aménagements des véhicules quand le transport excède 8 h et elle exige un document d'accompagnement et la formation des chauffeurs pour procéder à la manipulation et au transport des animaux.
- \* son entrée en vigueur dans les états membres avait été fixée au 31/12/96. Mais, un délai d'un an a été accordé concernant le plan de marche et les normes d'aménagements des véhicules.

- Le règlement européen N°411/98 :

- \* précise des normes complémentaires en matière de bien-être pour des transports de plus de 8 h : alimenter et abreuver les animaux au moment des pauses (arrêt du véhicule pendant 1 h), avoir un accès direct aux animaux, recouvrir le sol de la bétailière de litière ou d'un matériau ayant les mêmes propriétés, assurer une bonne maîtrise de

l'ambiance à l'intérieur de l'habitable (en installant un système de ventilation ou en n'effectuant le transport que quand la température intérieure est comprise entre 5°C et 30°C (tolérance de ± 5°C acceptée)).

\* est entré en application dans les Etats membres le 01/07/1999 et les professionnels ont 4 ans, à partir de cette date, pour effectuer la mise aux normes de leurs véhicules.

\* le 2<sup>e</sup> article apporte une pondération : le 31/12/2003 la Commission devra soumettre au Conseil, un rapport, basé sur l'avis du Comité Scientifique Vétérinaire, sur la mise en œuvre du présent règlement, et plus particulièrement sur l'application des différents systèmes de ventilation assorti d'éventuelles propositions tenant compte des conclusions du Comité.

Il ressort de la réglementation trois points essentiels :

\* l'urgence et la nécessité de mettre au point des équipements et des dispositifs de maîtrise de l'ambiance et d'abreuvement, permettant aux professionnels de se conformer à la législation ;

\* la nécessité de mettre en place des programmes de recherche afin de disposer de références techniques et scientifiques. Les modifications des normes complémentaires au règlement européen relatif à la protection des animaux en transport seront ainsi basées sur des données objectives et fiables ;

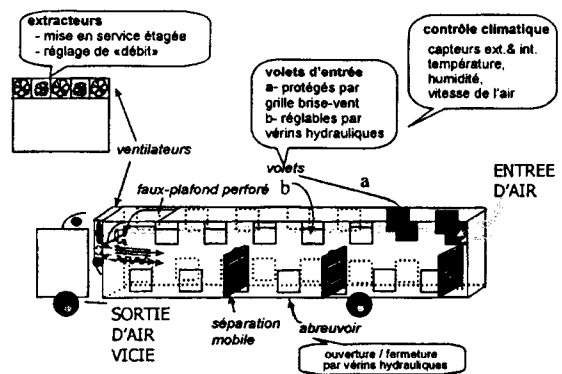
\* la formation des chauffeurs de bétailière à la manipulation et au transport des animaux.

## 2. EXEMPLE D'UNE ETUDE SUR LE TRANSPORT LONGUE DUREE DE JEUNES BOVINS

### 2.1. MATÉRIEL

Le véhicule mis au point pour les expérimentations de transport de longue durée est une bétailière aménagée (figure 1).

Figure 1  
Bétailière expérimentale utilisée pour les expérimentations de transport de bovins



Sa capacité de chargement est de 14 à 15 gros bovins. Ses équipements sont conformes aux nouvelles normes européennes, à savoir : un plancher non glissant, une porte permettant un accès direct aux animaux, trois cloisons mobiles, permettant d'allotter les animaux en respectant les densités de chargement imposées par la législation (1,6 m<sup>2</sup> / animal pour les taurillons et de 1,15 m<sup>2</sup> / animal pour les brouillards). Ces cloisons sont équipées d'un système de sécurité « anti-écrasement ».

Il existe deux types de ventilation : la ventilation dynamique et la ventilation dite « naturelle ». En ce qui concerne le premier, cinq ventilateurs extracteurs (trois grands et deux moyens) sont placés dans un caisson, disposés de façon symétrique, situé à l'avant de la bétailière et commandés à partir de la cabine. Pour la ventilation dite « naturelle », des volets sont disposés en quinconce le long des flancs du véhicule. L'ouverture et la fermeture de ces volets est réglable de la cabine. Un faux plafond placé à l'avant de la caisse, également perforé de trous, permet à l'air d'être extrait par les ventilateurs.

Des hygromètres, anémomètres et thermomètres sont placés à l'intérieur et à l'extérieur de la bétailière. Ils sont reliés à un terminal, qui permet de contrôler en continu l'humidité de l'air, sa vitesse et la température. Ce contrôle permet d'agir immédiatement sur la mise en route ou non de ventilateurs, sur l'ouverture de volets et d'en visualiser aussitôt les résultats.

En ce qui concerne le système d'abreuvement des animaux, les flancs de la bétailière présentent des doubles parois. L'abreuvoir prototype proposé est un bac à réserve d'eau à soufflet complètement intégré à la paroi du véhicule pour ne pas blesser les animaux durant le transport. Un côté est fixe, l'autre se rabat. L'ouverture et la fermeture des abreuvoirs sont assurées par un mécanisme de vérins hydrauliques (à huile), installés dans la double paroi. Un compteur d'eau est installé en tête du circuit d'alimentation d'eau (volume distribué durant l'heure de pause).

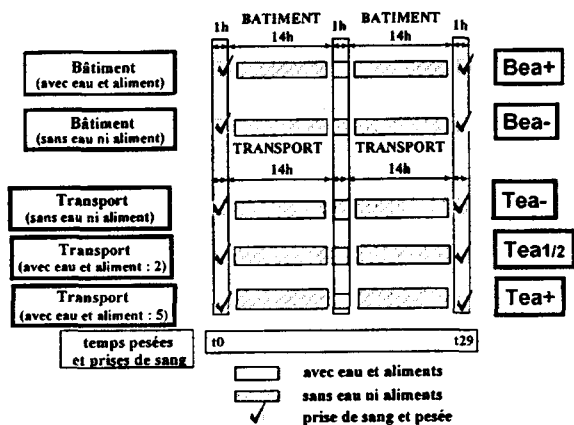
## 2.2. MÉTHODES

### 2.2.1. Protocole expérimental

Des expérimentations de transports de longue durée (14h de transport, 1h de pause avec abreuvement et alimentation ou non, 14h de transport) ont été menées par l'Institut de l'Élevage sur des taurillons (4 animaux / traitement) en 1999 puis sur des broutards (6 animaux / traitement) en 1999/2000. Elles ont été conduites à deux périodes de l'année pour appréhender l'effet des conditions d'ambiance pendant le transport sur les réactions des animaux : une période hivernale (hiver 1999/2000) et une période estivale (taurillons : été 1999 et broutards : été 2000).

Cinq traitements sont menés à chaque transport (figure 2) : deux lots en bâtiment (1 avec de l'eau et de l'aliment à la pause = « Bea+ » et 1 à jeun = « Bea- ») et trois lots transportés (2 avec de l'eau et de l'aliment à la pause (5 abreuvoirs disponibles = « Tea+ » et 2 abreuvoirs = « Tea<sup>1/2</sup> ») et 1 à jeun = « Tea- »).

**Figure 2**  
Protocole expérimental des transports longues durées de bovins en été et en hiver, en 1999 et 2000



Il faut noter que, dans les 14h de circulation, sont inclus les arrêts obligatoires de repos des chauffeurs : 4h30 de conduite puis ¾ d'heure de pause puis 4h30 de conduite puis 9h minimum de repos pour chaque chauffeur.

Le traitement « Tea<sup>1/2</sup> » n'est pas présent dans l'expérimentation « taurillons, été 1999 ». Trois répétitions ont été réalisées pour chaque expérimentation, les traitements occupant une case différente du camion à chaque voyage.

**Tableau 1**  
Nombre de taurillons et de broutards expérimentés par traitement de l'été 1999 à l'été 2000

	Bea-	Bea+	Tot	Tea-	Tea <sup>1/2</sup>	Tea+	Tot	TOT.
Taur.	Eté	16	16	32	24	-	24	48
	Hiver	12	12	24	12	12	12	36
	Total	28	28	56	36	12	36	84
Brout.	Eté	18	18	36	18	18	18	54
	Hiver	18	18	36	18	18	18	54
	Total	36	36	72	36	36	36	108
TOT	64	64	92	72	48	72	192	320

Taur. = taurillons et Brout. = broutards ; « Bea- » = animaux en bâtiment sans eau ni aliment à la pause, « Bea+ » = animaux en bâtiment avec eau et aliment à la pause, « Tea- » = animaux transportés sans eau ni aliment à la pause, « Tea<sup>1/2</sup> » = animaux transportés avec eau et aliment à la pause (2 abreuvoirs) et « Tea+ » = animaux transportés avec eau et aliment à la pause (5 abreuvoirs)

Pour chacun des traitements, une pesée et une prise de sang (à la veine jugulaire) sont réalisées sur tous les animaux juste avant le transport.

Après le chargement, la bétailière effectue un transport d'une durée de 14h (=pré-pause) en empruntant aussi bien des autoroutes que des routes nationales et départementales. On essaie ainsi de simuler les conditions d'un transport classique. Au terme des 14h de transport, la bétailière est arrêtée pour la pause et de l'eau et de l'aliment sont mis à disposition des animaux des traitements « Tea+ » et « Tea<sup>1/2</sup> ». La même opération est effectuée à la même heure pour une partie des animaux restés en bâtiment (« Bea+ »). A la fin de la pause, la bétailière redémarre pour 14h de transport (= post-pause) au terme desquelles, des prises de sang et pesées sont réalisées sur tous les bovins (ceux transportés et ceux restés en bâtiment). Les animaux sont alors placés dans des cases où de l'eau et de l'aliment leur sont fournis *ad libitum*.

### 2.2.2 Paramètres mesurés

#### - Mesures climatiques :

L'humidité de l'air, sa vitesse et la température sont mesurées de manière instantanée tout au long des expérimentations, aussi bien dans la bétailière (au niveau des animaux), qu'à l'extérieur.

#### - Mesures zootechniques :

Chaque animal est pesé (pesée simple) au début et à la fin de chaque expérimentation. Les quantités d'eau bue et d'aliments consommés sont contrôlées.

#### - Mesures physiologiques :

Les prises de sang effectuées en même temps que les pesées permettent de mesurer les paramètres sanguins indicateurs de déshydratation (chlorure : valeurs de référence pour les bovins (Mitraka et Rawnsley, 1970) comprises entre 97 et 111 mEq/l, sodium : 132-152 mEq/l, potassium : 3.9-6.8 mEq/l, phosphore : 45-93 mg/l, hématoctrite), de mobilisation des réserves énergétiques (urée : 0.06-0.27 g/l, albumine : 24.5-42.0 g/l, calcium : 94-122 mg/l, glucose : 0.45-1.30 g/l, protéines totales : 59-86 g/l) et de fatigue musculaire (Créatine Phospho-kinase : CPK : 66-120 u.i. et Alanine Amino-transférase : ALAT).

#### - Mesures comportementales :

Pour tous les animaux (transportés et en bâtiment), des enregistrements vidéos sont effectués pendant toute la durée de l'expérimentation. La bétailière expérimentale est équipée d'une caméra par case. Les magnétoscopes et le moniteur de contrôle sont placés dans la cabine du chauffeur. Pour faciliter le repérage des animaux, chaque bovin est identifié au moyen d'un nombre de couleur (bombe, crayon gras) sur le dos. Les comportements mesurés sont soit de type « état » (comportements qui durent : positions, orientations... - dépouillement selon la méthode d'un scanning toutes les 10 minutes), soit de type « événement » (comportements instantanés, ponctuels : montes, pertes d'équilibre, chutes... - dépouillement en continu).

## 3. CONSÉQUENCES DES CONDITIONS DE TRANSPORT SUR LE BIEN-ÊTRE DES BOVINS

### 3.1. LES CONDITIONS DE TRANSPORT, FACTEURS DE STRESS

Pour étudier les problèmes liés au transport il faut identifier et quantifier les facteurs de stress potentiels : la durée du transport et la distance parcourue, les conditions de chargement, les manipulations et les densités de chargement, la qualité de la conduite et l'état des routes, les conditions d'ambiance dans la bétailière et les équipements intérieurs. La durée du transport est généralement un critère plus important que la distance parcourue (Warriss, 1990). Elle a tendance à augmenter du fait de la diminution du nombre d'abattoirs et de l'augmentation des échanges européens (Knowles et coll., 1993). Quand la durée des transports augmente, le nombre de perturbations a tendance à augmenter, les animaux étant plus souvent manipulés et le jeûne étant plus long.

En ce qui concerne le chargement des animaux et leurs manipulations, les conséquences négatives des comportements brutaux sur le bien-être des animaux sont soulignées par de nombreux auteurs (Shorthose et Wythes, 1988 ; Tarrant, 1990 ; Grandin, 1994 ; Moss, 1994). Beaucoup de contusions et de stress peuvent être attribués à une mauvaise conception du matériel de manipulation, à l'ignorance et aux excès des manipulateurs et à de médiocres façons de conduire pendant le transport (Grandin, 1983 ; Barnett et coll., 1984 ; Wythes et coll., 1984 ; Eldridge, 1988 ; Shorthose et Wythes, 1988 ; Tarrant, 1990 ; Atkinson, 1992). Le chargement par une rampe à rabattement arrière ne pose pas de grosse difficulté pour les bovins adultes, contrairement aux animaux de plus petites tailles comme les porcs (Van Putten et Elshof, 1978 ; Augustini et Fischer, 1982 ; Van Putten, 1982 ; Eldridge et coll., 1986). Les plus gros problèmes sont souvent liés à une densité excessive, les derniers bovins étant montés de force. Une forte densité de chargement représente également un risque important en cours de transport (Eldridge et Winfield, 1988 ; Tarrant et coll., 1988 ; Tarrant et coll., 1992). Il en va de même pour une densité trop faible (Knowles, 1999), une densité de chargement moyenne représentant la densité optimale. Le FAWC donne une formule pour calculer l'aire minimale (A en m<sup>2</sup>) pour chaque animal, basée sur le poids vif (W en kg) :  $A=0,021 W^{0,67}$ .

En terme de conduite, les coups de frein brutaux, les virages serrés, les changements de vitesse sont autant de facteurs qui peuvent entraîner des pertes d'équilibre, voir des chutes et qui sont donc potentiellement stressants pour les animaux transportés (Kilgour, 1978 ; Wythes et coll., 1984 ; Kenny et Tarrant, 1987a ; Eldridge, 1988 ; Tarrant, 1988 ; Buchenauer, 1992 ; Tarrant et coll., 1992a ; Knowles et coll., 1994). C'est surtout le cas pour les bovins adultes qui voyagent une bonne partie du temps debout. Les routes nationales et départementales présentent souvent des parcours plus perturbant que les autoroutes (Eldridge, 1988 ; Grandin, 2000).

En ce qui concerne les conditions d'ambiance dans la bétailière, les principaux facteurs de stress sont les conditions de température, d'hu-

midité et les courants d'air. Bloqué dans la bétailière, l'animal ne peut alors pas essayer de se soustraire à des conditions climatiques qui peuvent devenir stressantes pour lui, surtout si le véhicule n'est pas équipé d'un système de ventilation approprié, en route, mais également à l'arrêt (Shorthose et Wythes, 1988). La présence d'un système de ventilation adéquat est également importante pour éliminer le plus possible les gaz nocifs pour les animaux (CO<sub>2</sub> et NH<sub>3</sub>). C'est pourquoi un soin particulier a été apporté à l'élaboration du système de ventilation prototype de la bétailière utilisé lors de nos expérimentations (cf partie 2.1). Pour tous les transports, nous avons procédé de la même façon en ce qui concerne le réglage du système de ventilation : les conditions climatiques (température, hygrométrie et vitesse de l'air) ont été enregistrées toutes les minutes et demi à l'extérieur et à l'intérieur du véhicule (tableau 2). Leur comparaison avec des fonctions « repère » programmées dans le tableau de bord informatique de la bétailière nous a permis de prendre des décisions quant à l'ouverture ou à la fermeture de tel ou tel ventilateur et de tel ou tel volet.

**Tableau 2**  
**Températures (en °C) et humidités relatives (en %)**  
**(mini, maxi, moyennes) au cours des expérimentations**  
**de transport de taurillons, et de broutards, en hiver et en été,**  
**à l'intérieur (int) et à l'extérieur (ext) de la bétailière**

		Température			Humidité				
		mini	maxi	moy	mini	maxi	moy		
Taurillons	hiver	int	-1,6	12,9	4,2	45,71	90,70	82,74	
		ext	-3,9	11,9	2,4	44,78	100,00	87,18	
	été	int	13,0	31,9	22,6	17,37	103,40	70,98	
		ext	9,6	38,1	22,3	30,23	92,47	59,441	
	Broutards	hiver	int	-2,0	14,4	8,0	32,50	92,10	73,48
			ext	-6,3	15,3	6,3	22,25	100,00	72,94
été		int	13,6	34,5	25,3	18,00	91,20	52,80	
		ext	12,7	39,7	26,0	0,21	85,69	41,54	

De façon générale, quelle que soit la saison, le ventilateur central est toujours en fonctionnement. Le fonctionnement des ventilateurs et l'ouverture des volets seront ensuite différents en fonction des saisons, oscillant entre deux profils extrêmes :

quand la température est la plus froide (hiver) : seul le ventilateur central est en fonctionnement et tous les volets sont fermés,

quand la température est la plus chaude (été) : le ventilateur central fonctionne à 100%, les deux intermédiaires à 75%, les deux extérieurs à 50% et les 4 derniers volets (les plus en arrière de la bétailière) sont plus ou moins ouverts (100% pour le dernier (le 4<sup>e</sup>), 75% pour le 3<sup>e</sup>, 50% pour le 2<sup>e</sup> et 25% pour le 1<sup>er</sup>), décrivant un entonnoir en forme de parabole.

Les ventilateurs sont laissés en fonctionnement au cours des arrêts du véhicule.

Concernant enfin les équipements d'une bétailière, leur conception doit permettre d'assurer le confort physique des animaux et de réduire le stress. Différentes mesures permettent de limiter les pertes d'équilibre, les chutes et les blessures : la présence d'un plancher anti-dérapant (Kent et Ewbank, 1986 ; Tarrant 1990), la mise en place d'essieux articulés engendrant des mouvements moins violents que les essieux rigides (Grandin, 2000), l'installation de suspensions pneumatiques facilitant le maintien de l'équilibre (Grandin, 2000), la mise en place de barrières mobiles permettant d'adapter la surface par animal (Eldridge et coll., 1988), la conception de l'ensemble du dispositif avec des angles non tranchants pour éviter les blessures (Grandin, 2000). Il faut essayer de réduire au maximum les vibrations produites par le camion qui sont une source d'inconfort pour les animaux (Randall, 1992). Le niveau sonore doit également être contrôlé, le bruit moyen enregistré dans un camion en mouvement étant déjà de 90 db (Knowles et coll., 1993), et une exposition pendant plus de 8h à une telle amplitude sonore peut entraîner un risque sérieux pour l'audition chez l'homme (Health and Safety Executive, 1990).

### 3.2. LES MÉCANISMES DU STRESS

Les réactions physiologiques des animaux à un stress peuvent être divisées en deux grands types : la réaction d'alarme ou d'urgence qui fait intervenir le système nerveux autonome et qui se met en place dans les secondes qui suivent l'agression et le syndrome général d'adaptation qui fait intervenir l'axe corticotrope, qui est plus tardif et qui atteint son maximum dans les 20-30 min suivant l'agression (Cannon, 1911 ; Selye, 1936, 1952 ; Veilleux, 1963 ; Wood-Gush et coll., 1975).

La réaction d'urgence met en jeu deux hormones : l'adrénaline et/ou la noradrénaline. Leur augmentation va entraîner une augmentation du rythme cardiaque et de la pression artérielle ; une mobilisation des réserves énergétiques du foie (glycogène) (Freeman, 1975) ; une vasoconstriction périphérique ; un épuisement du glycogène musculaire entraînant une hyperglycémie ; une augmentation du flux sanguin vers

les muscles et une diminution vers le système digestif ; une contraction de la rate entraînant une libération des érythrocytes de réserve dans le sang ; une augmentation de la capacité de coagulation du sang et une dilatation des bronchioles pour permettre une meilleure arrivée d'air (Thornton et Gracey, 1974). Il en résulte une augmentation de l'énergie disponible et de l'oxygène au niveau du système nerveux central et des muscles, parties de l'organisme les plus importantes dans la réponse comportementale au stress. Sous l'effet de la moindre stimulation, l'augmentation de l'une ou l'autre des catécholamines est très rapide, mais leur demi-vie plasmatique est très brève (inférieure à 1 min). Cela impose donc des contraintes expérimentales importantes (travail sur des animaux porteurs d'un cathéter intra-vasculaire) qui limitent les possibilités d'étude chez l'animal. Les modifications observées en réponse à un stress (fréquence cardiaque, glycémie...) sont moins délicates à mesurer mais elles sont régulées de façon complexe, ce qui rend l'interprétation des résultats délicate.

Le syndrome général d'adaptation fait intervenir quant à lui l'axe corticotrope et il prolonge et complète l'action des catécholamines. Il se déroule en deux stades : un stade de résistance pendant lequel l'adaptation est optimale (l'organisme retrouve un nouvel état d'équilibre malgré le maintien de l'agression) ; un stade d'épuisement (avant la mort) après une exposition prolongée aux facteurs stressants (Selye, 1952) (quand l'énergie d'adaptation de l'organisme est épuisée). Deux hormones glucocorticoïdes (cortisol et corticostérone) sont sous contrôle d'une hormone hypophysaire, l'ACTH (Adrénocorticotropique Hormone), elle-même sous la dépendance de l'hypothalamus par l'intermédiaire du CRF (Corticotropin-Releasing Factor) régulée par les centres nerveux supérieurs. A la suite d'un stress, les principales actions de ces hormones sont :

- une augmentation de la production de glucose à partir de substrats non glucidiques et en particulier à partir des protéines. Cette activité est bénéfique à court terme (pour augmenter l'énergie disponible) mais coûteuse à long terme (elle se fait au dépend des protéines de structure, d'où une diminution des défenses immunitaires). La glycémie peut donc être utilisée comme un indice d'activation de l'axe corticotrope et peut représenter un indice de stress (Mormède, 1988) ;

- une action sur le système immunitaire en agissant sur la numération et la formule leucocytaire, qui peuvent également être analysées comme des indices de stress (Mormède, 1988) ;

- une action sur les fonctions cérébrales : action neurochimique, comportementale et feed-back sur l'activité de l'axe corticotrope.

Les métabolites énergétiques fournis au cours de ces actions sont disponibles pour que l'animal puisse exprimer une réponse comportementale.

### 3.3. CONSÉQUENCES DES CONDITIONS DE TRANSPORT SUR LES MESURES COMPORTEMENTALES

Pour charger des bovins dans une bétailière, puis les transporter, il est important de tenir compte du comportement naturel de ces animaux pour réduire au maximum les facteurs de stress.

Tout d'abord, l'angle de vision binoculaire d'un bovin n'est que de 25° mais la vision panoramique couvre presque 360° du fait de la mobilité de sa tête. Il est donc impossible de déplacer un objet dans l'environnement de l'animal sans qu'il le voit. Par contre, sa perception du relief est très faible et l'interprétation des variations de luminosité (en particulier des objets inertes) lui est pratiquement impossible. Les bovins ont ainsi tendance à confondre les ombres et les objets solides. Il faut par conséquent faire évoluer les animaux dans un environnement bien éclairé et visuellement simple (Knowles, 1999). D'autre part, les bovins ont une perception auditive très fine (zone de réception maximale concentrée sur une fréquence de 8000 Hz), supérieure à celle des humains. Il convient donc d'éviter les sons aigus, les ultrasons, les variations brusques d'intensité sonore et les bruits de fond forts.

Enfin, les bovins sont des animaux sociaux, hiérarchisés, qui se déplacent en groupe. Un animal spécifique prendra la tête et il sera donc plus facile de conduire les bovins en groupe plutôt qu'individuellement (Grandin, 1980a et b). Cependant, le mélange d'animaux non familiers dans un groupe lors d'un transport entraîne généralement une amplification des interactions sociales de type agonistique entre les individus (chevauchements, coups de tête...), surtout s'il s'agit de taurillons (Knowles, 1999).

#### 3.3.1. Les indicateurs comportementaux de stress

Différentes mesures comportementales permettent d'appréhender l'état de nervosité des bovins pendant le transport. La rumination tout d'abord, indique que l'animal s'adapte à un environnement non familier. La plupart des auteurs observent une fréquence de rumination très faible, voir inexistante, chez les bovins au cours du transport (Kent et Ewbank, 1983 ; Kenny et Tarrant, 1987 ; Kent et Ewbank, 1991). Pour notre part, nous avons pu observer des séquences de rumination parfois assez longues après 2 à 3h de transport, chez les taurillons comme chez les broutards.

La nervosité des animaux peut également être appréhendée par le nombre de changements d'orientation et de position dans le camion en mouvement (Tarrant et Grandin, 2000). Ces changements, combinés avec des interactions sociales entre les animaux (chevauchements...) ou des événements de conduite (coups de frein violents, virages accentués...), peuvent être la cause de pertes d'équilibre, voire de chutes.

Une autre traduction de l'état de nervosité des bovins est la fréquence des défécations et des mictions qui augmente surtout au début du transport (Kent et Ewbank, 1983 ; Kent et Ewbank, 1986 ; Kenny et Tarrant, 1987 ; Knowles, 1999).

### 3.3.2. Les positions et les orientations

#### Les positions :

Comparés à d'autres espèces (Knowles, 1998 ; Warriss, 1998), les bovins adultes restent debout pendant le transport (Kent et Ewbank, 1983 ; Kenny et Tarrant, 1987a, b ; Tarrant et coll., 1988 ; Tarrant, 1990) mais ils peuvent se coucher vers la fin d'un long trajet (Tarrant et coll., 1992 ; Knowles, 1999 ; Knowles et coll., 1999 ; Tarrant et Grandin, 2000). En effet, si des bœufs ou des taurillons transportés pendant 1 et 4h, à faible et moyenne densités, ne se couchent pas (Kenny et Tarrant, 1987a, b ; Tarrant et coll., 1988), des gros bovins transportés pendant 24h, se couchent souvent pendant la dernière période du transport (4 à 8h avant la fin) (Tarrant et Grandin, 2000). Selon Knowles et coll. (1999), pour des bovins adultes transportés pendant 31h, les animaux commencent à se coucher après 20 à 24h de transport.

En ce qui concerne les résultats des expérimentations de transport de longue durée de gros bovins que nous avons menées, nous pouvons noter que les animaux transportés sont plus souvent debout en pré-pause qu'en post-pause (tableau 3) et ce, qu'ils aient été abreuvés et nourris à la pause ou non (comparaison Tea+ et Tea<sup>1/2</sup> avec Tea-). La situation inverse serait plutôt observée en bâtiment (animaux plus souvent debout en post-pause qu'en pré-pause).

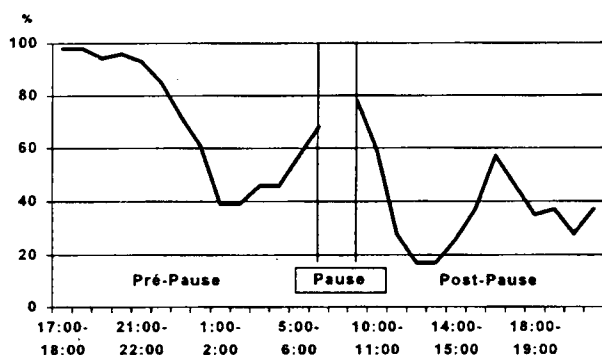
**Tableau 3**  
Pourcentage d'animaux (taurillons et broutards) debout, en été, en pré-pause (pré-P) et en post-pause (post-P) en fonction des traitements

	Taurillons		Broutards	
	pré-P	post-P	pré-P	post-P
Bea+	64,0	58,8	38,5 <sup>a</sup>	65,3 <sup>b</sup>
Bea-	43,7	54,0	33,6	40,1
Tea+	69,87 <sup>a</sup>	49,09 <sup>b</sup>	87,4 <sup>a</sup>	64,9 <sup>b</sup>
Tea1/2			86,5 <sup>a</sup>	68,1 <sup>b</sup>
Tea-	83,77 <sup>a</sup>	63,8 <sup>b</sup>	79,7 <sup>a</sup>	59,0 <sup>b</sup>

« Bea+ » = en bâtiment avec eau et aliment à la pause, « Bea- » = en bâtiment sans eau ni aliment à la pause, « Tea+ » = transportés avec eau et aliment à la pause (5 abreuvoirs), « Tea1/2 » = transportés avec eau et aliment à la pause (2 abreuvoirs) et « Tea- » = transportés sans eau ni aliment à la pause. Les différences significatives entre la pré et la post-pause sont indiquées par des lettres différentes ( $p > 0.05$ ) pour chaque classe d'animaux (taurillons et broutards)

Il faut noter d'autre part que, comparativement aux résultats préalalement obtenus par d'autres auteurs sur le transport de gros bovins, nos animaux se sont couchés plus précocement (quelques uns se couchent même dès la 2<sup>e</sup> heure de transport) et plus fréquemment. En effet, si nous considérons les résultats obtenus sur les broutards transportés en été 2000 (graphique 1), plus de 80% des animaux sont couchés à certaines périodes du transport (après 19 à 21h de transport, soit 3h après la pause).

**Graphique 1**  
Pourcentage d'animaux debout pendant le transport pour les broutards de l'été 2000 (3 semaines)



#### Les orientations :

L'orientation la plus courante pour des bovins adultes en transport est perpendiculaire ou parallèle par rapport au sens de déplacement de la bétailière, l'orientation diagonale étant peu fréquente (Kenny et Tarrant, 1987a, b ; Eldridge et coll., 1988 ; Lambooy et Hulsegge, 1988 ; Tarrant, 1990 ; Tarrant et coll., 1988, 1992, 2000). Cela pourrait indiquer que les bovins ont une orientation préférée pour améliorer leur équilibre dans un camion en mouvement. Dans le cas d'orientations parallèles, Lambooy et Hulsegge (1988) ont remarqué que des génisses transportées orientent leur tête préférentiellement vers l'arrière du véhicule.

Concernant les résultats de nos expérimentations de transport de broutards, au cours de l'été 2000 (tableau 4), l'orientation la plus souvent observée est « perpendiculaire par rapport au sens de déplacement » (40 à 50% des orientations totales), avec une très nette priorité pour l'orientation « tête à gauche ». L'orientation parallèle est également fréquemment observée (30 à presque 45% des orientations totales), l'orientation diagonale ne représentant que 10 à 28% des orientations totales. Nous pouvons noter qu'il existe des différences entre les animaux en fonction de la case qu'ils occupent dans la bétailière, surtout en ce qui concerne l'orientation « parallèle par rapport au sens de déplacement » : les animaux qui sont le plus en avant du véhicule ont alors tendance à être orientés « tête vers l'arrière », ce qui est moins le cas pour les autres broutards.

**Tableau 4**  
Pourcentage de temps passé dans chaque orientation pour les broutards transportés de l'été 2000 (3 semaines) en pré-pause (pré-P) et en post-pause (post-P) et en fonction de la position de la case dans la bétailière

		Case avant		Case milieu		Case arrière	
		pré-P	post-P	pré-P	post-P	pré-P	post-P
parallèle	avant	11,4	8,13	14,6	21,44	14,3	24,3
	arrière	29,4	27,6	14,8	18,65	18,2	19,9
diagonale	avant	2,8	12,1	10,53	5,62	13,2	13,85
	arrière	6,8	10,43	8,97	10,25	14,3	5,4
perpend.	droit	20,5	18,94	26,5	6,24	13,2	11,8
	gauche	29,1	22,8	24,6	37,8	26,8	24,75

« Parallèle » = animaux parallèles par rapport au sens du déplacement, « diagonale » = animaux en position diagonale et « perpend. » = animaux perpendiculaires par rapport au sens du déplacement - « avant » = tête vers l'avant du véhicule et « arrière » = tête vers l'arrière - « droit » = tête vers la droite (vers le bord de la route) « gauche » = tête vers la gauche (vers l'autre axe de circulation).

La fréquence des changements d'orientation est quant-à elle toujours plus importante au cours de la pré-pause (80 pour la case avant, 120 pour celle du milieu et 233 pour la case arrière) qu'au cours de la post-pause (43 pour la case avant, 71 pour celle du milieu et 124 pour la case arrière). Les animaux apparaissent donc plus nerveux pendant la 1<sup>ère</sup> partie du transport que pendant la 2<sup>e</sup>. Ce phénomène est relevé par de nombreux auteurs qui relient cette diminution de la fréquence des changements d'orientation en post-pause à une habitude des animaux aux conditions de transport. Nous pouvons noter d'autre part que la fréquence des changements d'orientation est plus importante dans la case arrière que dans la case du milieu et que dans la case avant. Il y a donc un effet case notable sur l'état de nervosité des animaux dans la bétailière, les animaux placés en avant du véhicule apparaissent plus calmes que ceux situés en arrière.

### 3.3.3. Les pertes d'équilibre et les chutes

Les pertes d'équilibre dans des véhicules en déplacement sont des événements importants pour le transport des gros bovins à cause des risques associés aux chutes (blessures ou suffocations). Mais la plupart du temps, les animaux retrouvent rapidement leur équilibre. Les événements de conduite (virages, coups de frein brutaux) sont responsables de 95% des pertes d'équilibre (Kenny et Tarrant, 1987a ; Warriss et coll., 1995 ; Knowles, 1999). Les virages sont les événements de conduite qui provoquent le plus de pertes d'équilibre quand les bovins sont transportés à des densités de chargement élevées et les coups de frein brutaux représentent un risque important quand les bovins sont transportés à des densités de chargement faibles (Tarrant et coll., 1992 ; Tarrant et Grandin, 2000). Monter sur un animal tombé au sol représente un autre risque de perdre l'équilibre : cela peut créer un effet « domino » entraînant la chute d'un ou plusieurs animaux. En effet, quand un animal se couche ou tombe, les autres individus de la case ont plus de mal à conserver leur équilibre (Knowles et coll., 1999).

Pour les broutards transportés pendant 29h au cours de l'été 2000, les pertes d'équilibre sont plus fréquentes en post-pause (327 pour la case avant, 221 pour celle du milieu et 411 pour la case arrière) qu'en

pré-pause (81 pour la case avant, 155 pour celle du milieu et 234 pour la case arrière). Cette différence pourrait être liée au fait qu'en 2<sup>e</sup> partie de transport les animaux sont plus fatigués et négocient moins bien les événements de conduite. D'autre part, les pertes d'équilibre sont plus fréquentes pour les broutards placés dans la case arrière du véhicule que pour ceux du milieu et de l'avant, surtout pendant la pré-pause.

En ce qui concerne les chutes, les broutards ont tendance à tomber un peu moins en post-pause (9 chutes pour la case avant et 12 pour la case arrière) qu'en pré-pause (14 pour la case avant comme pour la case arrière). En post-pause, le nombre de chutes est un peu plus important à l'arrière (12 chutes) qu'au milieu de la bétailière (11 chutes) et surtout qu'à l'avant (9 chutes).

### 3.3.4. Les interactions sociales

De façon générale, les gros bovins transportés pendant de longue durée apparaissent anxieux et agités lors de leur regroupement en parc, de leur chargement dans la bétailière puis au début du transport : ils déféquent et urinent plus fréquemment pendant ces périodes. Les conditions environnementales des animaux changeant, le nombre d'interactions sociales est alors élevé, mais il va diminuer pendant le transport (Eldridge, 1988; Knowles, 1999; Tarrant et Grandin, 2000). Dans un camion à l'arrêt, les interactions sociales les plus fréquentes entre des gros bovins sont des interactions agressives (coups de tête, chevauchements, simulacres de combat). Ces interactions sont fortement inhibées par le mouvement du véhicule (Kenny et Tarrant, 1987a).

En ce qui concerne les broutards transportés pendant l'été 2000, ils exécutent moins de chevauchements (en moyenne 5 par animal en transport contre 9 en bâtiment) mais surtout moins de coups de tête (en moyenne 11 par animal en transport contre 94 en bâtiment) que les animaux restés en bâtiment. D'autre part, les interactions agressives sont plus inhibées dans la case avant que dans la case du milieu et dans la case arrière (surtout les chevauchements), ce qui renforce l'idée que les animaux seraient moins énervés à l'avant du véhicule qu'à l'arrière.

### 3.4. CONSÉQUENCES DES CONDITIONS DE TRANSPORT SUR LES PARAMÈTRES PHYSIOLOGIQUES

Les études relatives aux changements physiologiques en cours de transport sont très nombreuses et l'interprétation des résultats obtenus est souvent moins difficile que pour les études portant sur les réactions comportementales. Cependant, contenir des animaux pour réaliser, par exemple, une prise de sang est un événement stressant, et ceci d'autant plus que l'animal n'a pas l'habitude d'être manipulé (Stephens et Toner, 1975). Cette manipulation peut entraîner des variations physiologiques qui peuvent masquer en partie les réactions dues aux effets du transport. C'est le cas en particulier pour le cortisol plasmatique, principal corticostéroïde qui augmente au cours d'un stress chez les bovins (Venkateseshu et Estergreen, 1970; Paape et coll., 1974). La pose de cathéters pour récolter le sang des animaux expérimentés peut atténuer ces problèmes, mais il est alors difficile de réaliser une expérimentation avec un grand nombre d'animaux cathétérisés (Shorthose et Wythes, 1988), surtout dans une bétailière.

Cette concentration plasmatique en corticostéroïdes augmente tout de suite après le chargement de jeunes bovins cathétérisés et au début de leur transport, atteignant son maximum 2h après le départ (Kent et Ewbank, 1983). Divers auteurs notent une augmentation du cortisol plasmatique et souvent du glucose au cours du transport (cf partie 3.2.) (Levantine et coll., 1977; Leach, 1981; Dobson et coll., 1986; Kent et Ewbank, 1986; Kenny et Tarrant, 1987a et b; Shorthose et Wythes, 1988; Tarrant et coll., 1992, 2000; Warriss et coll., 1995).

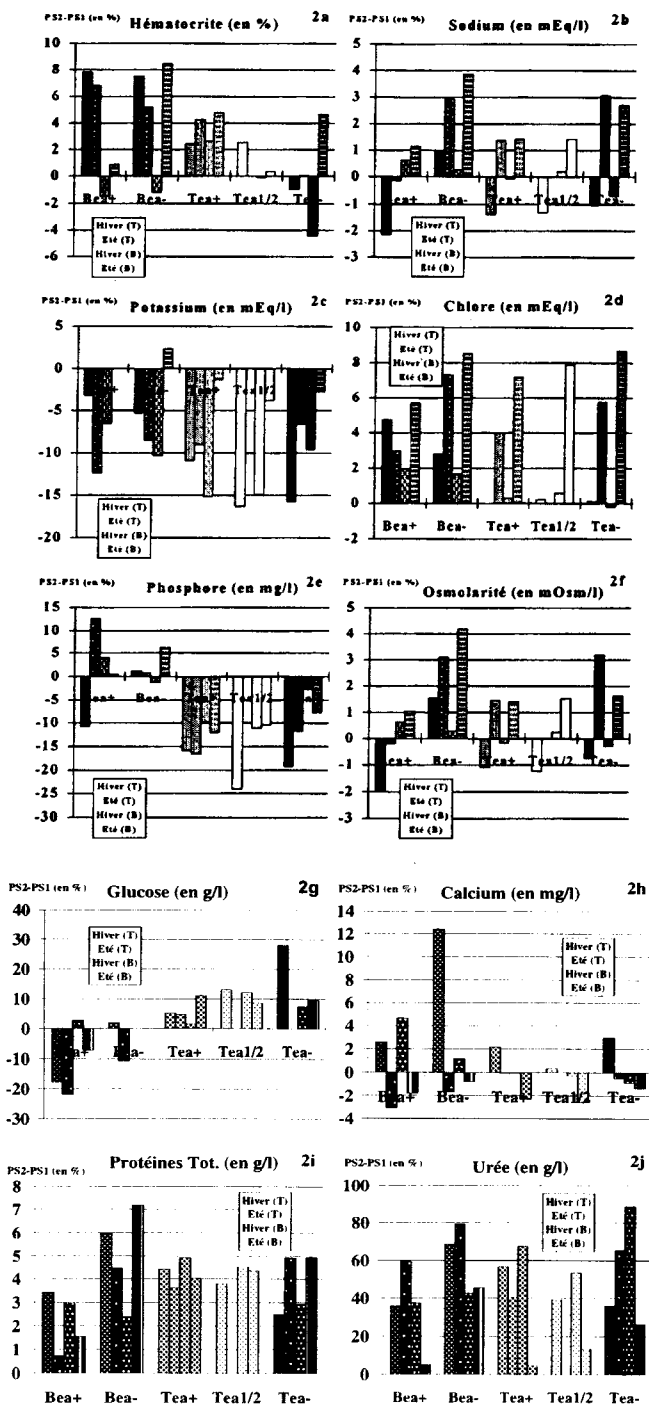
#### 3.4.1. La déshydratation et la dénutrition

Des transports de longue durée entraînent inévitablement des privations d'eau et de nourriture, et donc un état de déshydratation, de dénutrition et une perte de poids chez les animaux transportés (Knowles, 1999).

Différents paramètres sanguins sont de bons indicateurs de l'état de déshydratation des animaux. L'augmentation de l'hématocrite (volume total des érythrocytes/volume de sang total), mise en évidence par de nombreux auteurs chez les bovins, peut être un signe de déshydratation (Ramsay et coll., 1977; Blood et coll., 1983; Lambooy et Hulsege, 1988; Trunkfield et Broom, 1990; Atkinson, 1992; Tarrant et coll., 1992, 2000) ou être liée à l'augmentation du nombre d'érythrocytes libérés dans la circulation sanguine par la contraction de la rate sous l'influence de stimulations du système sympathique (Warriss et coll., 1995). Les variations des teneurs en électrolytes plasmatiques fournissent également des indications sur l'état de déshydratation des animaux transportés. En effet, l'augmentation des concentrations en ions sodium (Rumsey et Bond, 1976; Ramsay et coll., 1977; Cole et Hutcheson, 1981; Mormède et coll., 1982; Atkinson, 1992), magnésium (Kent et Ewbank, 1986) et chlo-

ures (Mormède et coll., 1982) est un indicateur d'un état de déshydratation, tout comme l'augmentation de l'osmolarité plasmatique (Warriss et coll., 1955; Ramsay et coll., 1977; Cole et Hutcheson, 1981; Knowles et coll., 1999). Ce dernier paramètre semble même augmenter d'autant plus que la durée du transport est allongée (Knowles, 1999). L'augmentation de l'albumine serait aussi liée à une déshydratation des animaux transportés (Warriss et coll., 1995; Knowles et coll., 1999).

**Graphiques 2a à j**  
Evolution des paramètres physiologiques indicateurs de déshydratation et de dénutrition lors des expérimentations de transports de taurillons (T) et de broutards (B), en hiver et en été, en fonction des traitements



« Be+ » = animaux en bâtiment avec eau et aliment à la pause, « Be- » = animaux en bâtiment sans eau ni aliment à la pause, « Tea+ » = animaux transportés avec eau et aliment à la pause (5 abreuvoirs), « Tea1/2 » = animaux transportés avec eau et aliment à la pause (2 abreuvoirs) et « Tea- » = animaux transportés sans eau ni aliment à la pause

D'autres paramètres ne sont pas que des indicateurs de déshydratation ce qui complexifie l'interprétation de leurs variations. Ainsi, l'augmentation du glucose sérique peut être due à une réduction du volume

sérique causée par la déshydratation (Annison et White, 1961 ; Mills et Jenny, 1979 ; Cole et Hutcheson, 1981) ou à une réduction du taux d'utilisation du glucose par l'intermédiaire des effets des glucocorticoïdes qui ont une action hyperglycémiant : ils potentialisent l'action de l'adrénaline et tendent à rétablir la glycémie à partir des protéines et des lipides (néoglucogénèse) (Annison, 1960 ; Bergman, 1971 ; Baird et coll., 1972 ; Shaw et Tume, 1992 ; Ward et coll., 1992 ; Knowles et coll., 1994 ; Warriss et coll., 1995 ; Jarvis et coll., 1996 ; Knowles et coll., 1999). Les concentrations en protéines plasmatiques totales vont donc également évoluer différemment suivant le contexte : leur augmentation sera un indicateur d'une déshydratation des animaux transportés (Ramsay et coll., 1977 ; Blood et coll., 1983 ; Kent et Ewbank, 1983 ; Atkinson, 1992 ; Tarrant et coll., 1992, 2000 ; Warriss et coll., 1995 ; Knowles et coll., 1999), alors que leur diminution sera un indicateur du catabolisme protéique pour rétablir la glycémie, en réponse au jeûne.

D'autres paramètres, enfin, sont des indicateurs de l'état de dénutrition des animaux transportés. Ainsi, l'augmentation des concentrations plasmatiques en acides gras libres, en béta-hydroxybutyrate et en lactate au cours du transport est la conséquence de la mobilisation des réserves énergétiques corporelles en réponse à un jeûne (Annison, 1960 ; Bergman, 1971 ; Baird et coll., 1972 ; Monin et Gire, 1981 ; Shaw et Tume, 1992 ; Ward et coll., 1992 ; Knowles et coll., 1994, 1999 ; Warriss et coll., 1995 ; Jarvis et coll., 1996 ; Jackson et coll., 1999). Il en va de même pour le taux d'urée plasmatique dont l'augmentation au cours du jeûne est liée à l'accroissement du catabolisme protéique pour fournir du glucose et/ou des acides aminés pour les besoins métaboliques de l'organisme (Cole et Hutcheson, 1981 ; Mormède et coll., 1982 ; Knowles et coll., 1994, 1999 ; Warriss et coll., 1995).

La concentration en calcium sérique tend à diminuer au cours d'un jeûne, mais seulement chez certains individus (Warnock et coll., 1978 ; Shorthose et Wythes, 1988). Les variations des concentrations en potassium sérique sont quant-à elles variables selon les auteurs : elles seraient erratiques et sans relation évidente avec une privation d'eau et d'aliments (Cole et Hutcheson, 1981), ou leur diminution serait due à l'augmentation des pertes fécales pendant le transport (Mormède et coll., 1982 ; Trunkfield et Broom, 1990 ; Atkinson, 1992), ou leur augmentation serait due à la libération de cortisol pendant le transport (les catécholamines diminuant leur teneur). En ce qui concerne nos expérimentations sur le transport de longue durée de taurillons et de broutards, les graphiques 2a à 2j présentent l'évolution des différents paramètres dosés au cours des transports de taurillons et de broutards, au début (PS1) et à la fin (PS2) de chaque transport, pour chaque traitement et pour les deux saisons considérées (hiver et été).

Pour chacun des paramètres sanguins une analyse de variance a permis de tester les effets des différents facteurs (tableau 5).

Nous pouvons ainsi noter que « l'effet boisson » est très significatif ( $p < 0.001$ ) pour les variations de concentrations plasmatiques du sodium, des chlorures et de l'osmolarité : l'augmentation des concentrations de ces trois paramètres est plus importante pour les animaux n'ayant eu ni eau ni aliment à la pause que pour ceux qui en ont reçu. Les animaux ayant eu de l'eau et de l'aliment apparaissent donc moins déshydratés que ceux qui n'en ont pas eu (qu'ils soient transportés ou non).

**Tableau 5**  
Facteurs responsables de la variation des paramètres physiologiques lors des expérimentations de transports de taurillons et de broutards en hiver et en été (analyse de variance)

	Effet Saison	Effet Type	Effet Transp	Effet Boisson	Effet Saison * Transp	Effet Saison * Boisson	Effet Saison * Transp * Boisson
Hématocrite		**	*				
Sodium				***		***	*
Chlorures	**		**	***	**	***	*
Osmolarité	*			***		*	
Phosphore	**	***	***		*		
Glucose			***		*		
Prot Tot				**		**	*
Urée		**		***	*		*
Calcium	*				*		
Potassium			**		*		

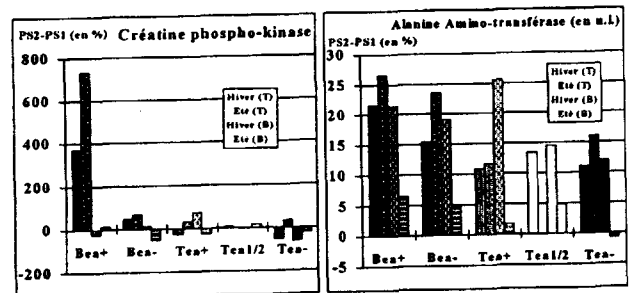
« Effet saison » : différences entre les valeurs obtenues en hiver et celles obtenues en été pour un paramètre donné, « effet type » : différences entre les taurillons et les broutards, « effet transport » : différences entre les animaux transportés et ceux restés en bâtiment et « effet boisson » : différences entre les animaux qui ont eu de l'eau et de l'aliment à la pause et ceux qui n'ont rien reçu (\*  $P < 0.05$ , \*\*  $P < 0.01$ , \*\*\*  $P < 0.001$ , - non significatif)

Nous pouvons également constater un « effet saison » pour ces trois paramètres dont les concentrations augmentent davantage en été qu'en

hiver, prouvant que les animaux souffrent plus de déshydratation en saison chaude. Nous retrouvons un « effet boisson » très significatif pour deux autres paramètres : l'urée et les protéines totales. Dans les deux cas, les paramètres augmentent davantage chez les animaux à jeun que chez les autres. Ce résultat est à mettre en relation avec un état de déshydratation et de dénutrition plus marqué chez les animaux n'ayant reçu ni eau ni aliment que chez ceux qui en ont reçu.

D'autre part, nous pouvons noter que « l'effet transport » est très significatif ( $p < 0.01$ ) pour les variations de concentrations du potassium, du phosphore et du glucose. En ce qui concerne le potassium, les concentrations diminuent généralement au cours de l'expérimentation pour tous les animaux, mais cette diminution est plus importante chez les animaux transportés que chez ceux restés en bâtiment. Pour le phosphore, les concentrations diminuent en cours d'expérimentation chez les animaux transportés et ont plutôt tendance à augmenter chez les animaux en bâtiment. Le glucose présente des variations inverses au phosphore avec des concentrations qui augmentent chez les animaux transportés et qui ont plutôt tendance à diminuer chez les animaux en bâtiment. Ces trois paramètres ne présentent pas « d'effet boisson », leurs variations ne sont donc pas influencées par l'état de déshydratation et/ou de dénutrition des bovins. Nous pouvons penser que l'augmentation des concentrations de glucose au cours du transport pourrait être due à l'action hyperglycémiant des glucocorticoïdes. Cette idée est renforcée par l'évolution des concentrations de potassium et de phosphore : le cortisol, stimulant l'activité du rein, pourrait favoriser l'élimination de ces deux constituants plasmatique chez les animaux transportés. Tout porte donc à croire que les animaux transportés ont subi un stress un peu plus important que les animaux restés en bâtiment, même si les valeurs obtenues en fin de transport pour chacun de ces paramètres restent dans la gamme des valeurs usuelles (cf partie 2.2.2). Ce stress pourrait être en partie expliqué par la nécessité, pour les animaux transportés, de maintenir leur équilibre dans la bétailière en mouvement. L'évolution des concentrations en calcium ne semblent quant-à elles liées qu'à un « effet saison », les concentrations tendant à augmenter en hiver et à diminuer en été chez tous les animaux, quel que soit le traitement.

**Graphiques 3a et b**  
Evolution des paramètres physiologiques indicateurs de fatigue lors des expérimentations de transports de taurillons (T) et de broutards (B) en hiver et en été et en fonction des traitements



« Bea+ » = animaux en bâtiment sans eau ni aliment à la pause, « Bea- » = animaux en bâtiment avec eau et aliment à la pause, « Tea- » = animaux transportés sans eau ni aliment à la pause, « Tea1/2 » = animaux transportés avec eau et aliment à la pause (2 abreuvoirs) et « Tea+ » = animaux transportés avec eau et aliment à la pause (5 abreuvoirs)

### 3.4.2. La fatigue

Comme nous l'avons vu précédemment (partie 3.3), des bovins transportés sont plus souvent debout que des animaux laissés en bâtiment. Ils doivent maintenir leur équilibre pour éviter les chutes lors de différents événements de conduite et/ou d'interactions avec les autres animaux de leur case. Nous pouvons donc penser que les animaux transportés seront plus fatigués que les animaux restés en bâtiment pendant la même période. Pour essayer d'estimer le niveau de fatigue chez les animaux, de nombreux auteurs analysent les variations d'une enzyme plasmatique : la Créatine Phosphokinase (CPK) (Kenny et Tarrant, 1987a, b ; Tarrant, 1990 ; Tarrant et coll., 1992, 2000 ; Knowles et coll., 1993, 1999 ; Warriss et coll., 1995), qui est libérée dans la circulation sanguine par les muscles squelettiques (Addis et coll., 1974 ; Tarrant, 1990 ; Knowles et coll., 1993 ; Warriss et coll., 1995). Cette libération a lieu lors d'un exercice vigoureux ou inhabituel ou quand il y a un dommage physique au niveau musculaire (ex : contusion). La plupart des auteurs trouvent une augmentation du taux de CPK plasmatique chez les bovins, lors de transports de longue durée (Kenny et Tarrant, 1987a ; Tarrant et coll., 1992 ; Warriss et coll., 1995 ; Brown et coll., 1999 ; Knowles et coll., 1999 ; Tarrant et Grandin, 2000). Certains constatent que l'activité de la CPK plasmatique n'est pas liée à la position des animaux au cours du transport (debout ou couché) (Knowles et coll., 1999). Elle semble par contre

surtout liée aux interactions agonistiques entre des animaux non familiers (chevauchements, coups...) (Warriss, 1984 ; Warriss et coll., 1995 ; Knowles et coll., 1999).

En ce qui concerne les résultats que nous avons obtenus lors des transports de longue durée de gros bovins (graphiques 3a et 3b), l'activité de la CPK et de l'alanine Amino-transférase (qui est également un marqueur de l'activité musculaire) serait plutôt moins importante chez les animaux transportés que chez ceux en bâtiment. Il faut tout de même noter que les variations entre les individus sont très importantes, surtout en ce qui concerne la CPK. Si nous considérons les broutards expérimentés au cours de l'été 2000, nous avons pu remarquer (partie 3.3.) que les animaux transportés présentaient moins d'interactions sociales entre eux (surtout les chevauchements et les coups de tête) que les animaux restés en bâtiment. Ceci fut encore plus le cas pour les taurillons et pourrait expliquer que les animaux en bâtiment apparaissent souvent plus fatigués que les animaux transportés.

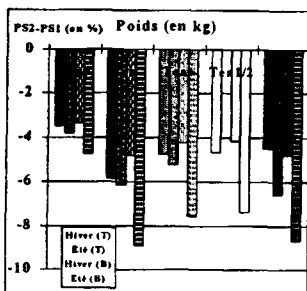
#### 4. CONSEQUENCES DES CONDITIONS DE TRANSPORT SUR LES RESULTATS TECHNIQUES - LES PERTES DE POIDS

Les bovins subissent donc des stress plus ou moins importants au cours de leur transport vers leur lieu d'engraissement ou vers l'abattoir. Dans le premier cas, quand les bovins sont acheminés vers un lieu d'engraissement, les performances des animaux et les réponses immunitaires peuvent être réduites au cours de leur transit (Cole et Hutcheson, 1981). Les pertes techniques sont alors associées à une perte de poids vif pendant le transport, à une croissance plus faible au début de l'engraissement et au développement de pathologies entraînant un coût de la prophylaxie important (Irwin et coll., 1979 ; Tarrant, 1990). Dans le deuxième cas, quand les animaux sont transportés vers l'abattoir, les pertes techniques sont également associées aux pertes de poids, mais surtout à l'impact des contusions et du stress sur la qualité de la viande et de la carcasse (Kennedy et Tarrant, 1987a ; Tarrant, 1990).

La perte de poids pendant le transport de bovins est un phénomène complexe incluant différents types de pertes (perte du contenu digestif et mobilisation des réserves) (Shorthose, 1965 ; Thornton et Gracey, 1974 ; Shorthose et Wythes, 1988 ; Tarrant, 1990) et affecté par plusieurs facteurs tels que l'âge et le poids de l'animal, son état nutritionnel, le moment du dernier repas avant le transport, le type de transport et de chargement, la durée du transport, la saison... (Schmitt, 1960). Une perte de poids vif résulte de l'excrétion, de l'évaporation et des échanges respiratoires (Dantzer, 1982). Le contenu digestif peut représenter 12 à 25% du poids vif de l'animal (Tarrant, 1990). L'accès à l'eau pendant un jeûne hydrique réduit la perte de poids vif (Warriss, 1990). La plupart des pertes de poids associées au transport peuvent être attribuées aux effets du jeûne (Tarrant, 1990 ; Tarrant et Grandin, 2000). Pendant un transport par route de 24h, la perte de poids est d'environ 8% (Shorthose, 1965 ; Mayes et coll., 1979 ; Wythes, 1982 ; Lambooy et Hulsegge, 1988 ; Tarrant et coll., 1992). Après 31h, 8% du poids initial de l'animal est perdu avec 70% du poids total perdu après 14h, 89% après 21h et 95% après 26h (Knowles et coll., 1999).

La perte de poids vif a tendance à être accentuée avec la durée du transport. Elle est plus importante au début du transport ce qui est probablement dû à une perte du contenu digestif (Foley et coll., 1958 ; McCoy, 1972 ; Knowles et coll., 1999), même s'il semblerait que la perte de tissus débiterait très tôt pendant le transport (Thornton et Gracey, 1974).

**Graphique 4**  
Evolution du poids des animaux lors des expérimentations de transports de taurillons (T) et de broutards (B) en hiver et en été, en fonction des traitements



« Bea -> » = animaux en bâtiment sans eau ni aliment à la pause, « Bea+ » = animaux en bâtiment avec eau et aliment à la pause, « Tea- » = animaux transportés sans eau ni aliment à la pause, « Teal/2 » = animaux transportés avec eau et aliment à la pause (2 abreuvoirs) et « Tea+ » = animaux transportés avec eau et aliment à la pause (5 abreuvoirs)

Le poids du foie diminue avec le jeûne et le contenu du rumen tend à diminuer en volume et devient plus fluide (Warriss, 1990). Une disponibilité en nourriture sporadique peut rompre l'équilibre des microorganismes du rumen, interférant avec le processus digestif (Baldwin, 1967 ; Hutcheson et Cole, 1986) ou augmentant les

concentrations de pathogènes du rumen, telles que des salmonelles (Brownlie et Grau, 1976).

Les conditions climatiques pourraient influencer les pertes de poids en transport, mais les microclimats dans les bétailières sont sans doute plus importants. Self et Gay (1972) reportent des pertes de poids vif de 8,3% en été et de 6,4% en automne pour des bovins en engraissement. (Shorthose et Wythes, 1988).

En ce qui concerne les transports de taurillons et de broutards, nous pouvons considérer le graphique 4 et le tableau 6.

**Tableau 6**  
Facteurs responsables de la variations du poids lors des expérimentations de transports de taurillons et de broutards en hiver et en été (analyse de variance)

	Effet Saison	Effet Type	Effet Transp	Effet Boisson	Effet Saison * Transp	Effet Saison * Boisson	Effet Saison * Transp * Boisson
Poids	**		**	***	*	***	***

« Effet saison » : différences entre les valeurs obtenues en hiver et en été, « effet type » : différences entre les taurillons et les broutards, « effet transport » : différences entre les animaux transportés et ceux restés en bâtiment et « effet boisson » : différences entre les animaux qui ont eu de l'eau et de l'aliment et ceux qui n'ont rien reçu (\* P<0,05, \*\* P<0,01, \*\*\* P<0,001, - non significatif).

Nous remarquons que les pertes de poids au cours de l'expérimentation sont influencées par : un « effet boisson » (p<0,001), les animaux perdant moins de poids quand ils disposent d'eau et d'aliment à la pause que quand ils sont à jeun ; un « effet transport » (p<0,01), les animaux restés en bâtiment perdant moins de poids que ceux transportés (seulement en été) ; et un « effet saison » (p<0,01), les animaux perdant toujours moins de poids en hiver qu'en été.

#### CONCLUSION

L'étude des données comportementales et physiologiques obtenues lors des transports longues durées de taurillons et de broutards nous fournissent des résultats nouveaux.

L'effet de la distribution d'eau et d'aliment à la pause apparaît bénéfique pour les animaux qu'ils soient restés en bâtiment ou transportés. Ainsi, les animaux n'ayant ni eau ni aliment à la pause apparaissent plus déshydratés et dénutris (les concentrations plasmatiques en sodium, chlorures, urée et protéines totales et l'osmolarité augmentent davantage chez les animaux à jeun et le poids diminue davantage également chez ces animaux) que ceux qui en ont reçu.

Les bovins sont également plus déshydratés l'été que l'hiver : les concentrations plasmatiques en sodium, chlorure et l'osmolarité augmentent davantage en été et le poids diminue davantage.

D'autre part, l'effet du transport apparaît comme un facteur associé à un stress mis en évidence par l'augmentation des concentrations de glucose plasmatique chez les animaux transportés (alors qu'elles diminuent généralement chez les animaux en bâtiment) indiquant une augmentation de cortisol au cours du transport. Il faut cependant souligner que ces augmentations de concentrations de glucose restent modérées par rapport aux valeurs usuelles, preuve que les changements observés ne sont pas extrêmes. Cette nervosité des bovins lors du transport semble influencée par la phase du transport et la position de la case dans la bétailière. En effet, les animaux apparaissent plus nerveux pendant la pré-pause que pendant la post-pause d'une part (plus de changements d'orientation en pré-pause) et dans la case arrière que dans la case avant d'autre part (plus de changements d'orientation et plus d'interactions sociales pour les animaux de la case arrière). En ce qui concerne par contre l'état de fatigue des animaux à la fin de l'expérimentation, les animaux en bâtiment apparaissent plus fatigués que ceux transportés, comme le montrent les résultats de l'activité de la CPK et de l'ALAT. Ceci peut s'expliquer par le fait que, si les animaux en bâtiment sont plus souvent couchés que ceux transportés, ils présentent cependant une fréquence d'interactions sociales (chevauchement et coups de tête) beaucoup plus élevée. Cette fréquence apparaît fortement corrélée à l'activité de la CPK, contrairement au temps passé debout par les animaux.

Or, nous avons pu constater que la plupart des variables mesurées changent pendant le transport, mais les changements observés après 29h ne sont pas extrêmes. Un transport de bovins adultes par route, dans une bétailière aménagée conformément à la dernière réglementation, pendant une durée de 29h avec une pause d'une heure après 14h de transport apparaît donc acceptable du point de vue du bien-être animal.

Selon de nombreux auteurs, des preuves comportementales et physiologiques suggèrent qu'une période de récupération de 24h (avec disponibilité en eau et en aliment) après un transport de 14 à 34h serait suffisante pour que la plupart des valeurs sanguines soient retournées à leurs valeurs contrôles (Warriss et coll., 1995 ; Knowles et coll., 1999). Ceci montre que la déshydratation au cours du transport n'est pas trop sévère ou stressante et qu'elle est rapidement

réversible après un accès à l'eau et aux aliments (Warriss et coll., 1995). D'autre part, la plupart des changements ont lieu pendant les 10-15 premières heures du transport (Warriss et coll., 1995 ; Knowles et coll., 1999). Nous avons effectivement noté que les bovins étaient plus nerveux en pré-pause qu'en post-pause.

Tous ces éléments nous permettent de conclure que le transport peut faciliter une réponse de stress (Tarrant, 1990 ; Warriss et coll., 1995 ; Knowles et coll., 1999). Cependant, les changements observés ne sont pas nécessairement des signes de détresse mais peuvent correspondre à une adaptation normale à une situation nouvelle et inhabituelle pour ces animaux. La détresse peut d'ailleurs être évitée par de bonnes manipulations et l'utilisation d'équipements adaptés, comme nous avons pu le prouver lors de nos expérimentations.

- Addis, P.B., Nelson, D.A., Ma, R.T.I. et Burroughs, J.R., 1974.** Journal of Animal Science, 38, 279-286.
- Annisson, E.F. et White, R.R., 1961.** Biochem. J., 80, 162.
- Atkinson, P.J., 1992.** The Veterinary Record, 130, 413-416.
- Augustini, C. et Fischer, K., 1982.** Physiological reaction of slaughter animals during transport. In : R. Moss (Ed.). Transport of animals intended for breeding, production and slaughter. Current topics Veterinary Medicine and animal science, vol. 18, Martinus Nijhoff, The Hague, 125-135
- Baldwin, R.L., 1967.** 7th Annual California Feeders Day, p. 7.
- Baird, G.D., Heitzman, R.J. et Hibbitt, K.G., 1972.** Biochem. J., 128, 1311-1318.
- Barnett, J.L., Eldridge, G.A., McCausland, I.P., Caple, I.W., Millar, H.W.C., Truscott, T.G., Hollier, T., 1984.** Proceeding of the Australian Society of animal, 653-675.
- Barnett, J.L. et Hemsworth, P.H., 1990.** Appl. Anim. Behav. Sci., 23, 177-187.
- Bergman, E.N., 1971.** J. Dairy Sci., 54, 936-948.
- Blood, D.C., Radostits, O.M. et Henderson, J.A., 1983.** Disturbances of body fluids, electrolytes and acid-base balance. In : Veterinary Medicine, 6th edn. Ballière Tindall, London, 51-68.
- Bouman, P.R., 1969.** Nervous and endocrine factors in stress induced changes in carbohydrate metabolism in muscle. In : W. Sybesma, P.G. van der Wal and P. Walstra (Editors), Recent points of view on the condition and quality of pigs for slaughter. Research Inst. For Animal Husbandry, Zeist, The Netherlands, 23-35.
- Broom, D.M., 1986.** Br. Vet. J., 142, 524-526.
- Brown, S.N., Knowles, T.G., Edwards, J.E. et Warriss, P.D., 1999.** Veterinary Record, 45, 421-426.
- Brownlie, L.E. et Grau, F.H., 1976.** Journal of General Microbiology, 46, 125.
- Buchenauer, D., 1992.** Transport of sheep. Institut für Tierzucht. 4 pp.
- Cole, N.A. et Hutcheson, D.P., 1981.** Journal of Animal Science, vol.53, N°4, 908-915.
- Connell, J., 1984.** International transport of farm animals intended for slaughter. Comm. Eur. Comm., N-1040 Brussels.
- Dantzer, R., 1982.** Research on farm animal transport in France : a survey. In : R. Moss (Ed.). Transport of animals intended for breeding, production and slaughter. Current topics Veterinary Medicine and animal science, vol. 18, Martinus Nijhoff, The Hague, 218-231.
- Dantzer, R., 1991.** Behav. Processes, 25, 95-102.
- Dantzer, R. et Mormède, P., 1979.** Le stress en élevage intensif. Masson, Paris, 117 pp.
- Dawkins, M.S., 1983.** La souffrance animale ou l'étude objective du bien-être animal. Ed. du Point Vétérinaire, Maison-Alfort, pp 152.
- Dobson, H., Owen, J. et Foster, R., 1986.** The pattern of cortisol in cows milk during ACTH treatment or transport. In : P.J. Hartigan and M.L. Monaghan (Ed.). Proc. 14th World Congress on Diseases in cattle. University College, Dublin, 906-909.
- Dow, J.K.D., 1976.** A survey of the transport and marketing conditions of slaughter cattle, sheep and pigs in the United Kingdom. Animal Health Trust, London, 23 pp.
- Eldridge, G.A., 1988.** Road transport factors that may influence stress in cattle. In : Chandler C.S., et Thornton R.F. (eds) Proceedings of the 34th International Congress of Meat Science and Technology, Brisbane, Queensland, 148-149.
- Eldridge, G.A., Barnett, J.L., Warner, R.D., Vowles, W.J. et Winfield, C.G., 1986.** The handling and transport of slaughter cattle in relation to improving efficiency, safety, meat quality and animal welfare. Research Report Series N° 19, Department of Agriculture and Rural Affairs, Victoria, Australia, 95-96.
- Eldridge, G.A. et Winfield, C.G., 1988.** Australian Journal of Experimental Agriculture, 28, 695-698.
- Eldridge, G.A. et Winfield, C.G., 1990.** Aust. J. Exp. Agric.
- Eldridge, G.A., Winfield, C.G., Cahill, D.J., 1988.** Australian Journal of Experimental Agriculture, 28, 155-159.
- Ewbank, R., 1973.** Veterinary Record, 92, 709-710.

- Farm Animal Welfare Council, 1992.** Vet. Rec., 131, 357.
- Foley, E.J., McDonald, R.F., Robertson, W.G. et Siegreest, J.C., 1958.** Veterinary medicine, 53, 515-519.
- Fraser, A.F., 1979.** Applied Animal Ethology, 5, 1-4.
- Fraser, A.F., 1995.** Anim. Welfare, 4, 103-117.
- Fraser, D., Ritchie, J.S.D., et Fraser, A.F., 1975.** British Vet. J., 131, 653-662.
- Freeman, B.M., 1975.** Proceedings of the Royal Society of Medicine, 68, 427-429.
- Grandin, T., 1978.** Transportation from the animal's point of view. Am. Soc. Agric. Eng. Annual meeting, Logan, Utah.
- Grandin, T., 1981.** Journal of Animal Science, 53 (suppl. 1), 213.
- Grandin, T., 1983.** Welfare requirements of handling facilities. In : Baxter, S.H., Baxter, M.R. et MacCormack, J.A.C. (eds), Farm animal housing and welfare, Martinus Nijhoff, The Hague, 137-149.
- Grandin, T., 1994.** Journal of the American Veterinary Medical Association, 204 (3), 372-377.
- Grandin, T., 2000.** Livestock Handling and Transport. 2nd edition. Grandin T. (ed), Cab International, 449 p.
- Hails, M.R., 1978.** Transport stress in animals : a review. Anim. Regul. Stud., 1, 289-343.
- Hutcheson, D.P. et Cole, N.A., 1986.** J. Anim. Sci., 62, 555-560.
- Irwin, M.R., McConnell, S., Coleman, J.D. et Wilcox, G.E., 1979.** J. Am. Vet. Med. Assoc., 175, 1095-1099.
- Jarvis, A.M., Harrington, D.W.J. et Cockram, M.S., 1996.** Applied Animal Behaviour Science, 50, 83-94.
- Juszkiewicz, T., 1965.** Bull. De l'Office Int. de Epizooties, 63, 1899-1920.
- Kelley, K.W., 1980.** Annales de Recherches Vétérinaires, 11, 445-478.
- Kenny, F.J. et Tarrant, P.V., 1987a.** Livestock Production Science, 17, 63-75.
- Kenny, F.J. et Tarrant, P.V., 1987b.** Applied Animal Behaviour Science, 17, 209-227.
- Kent, J.E. et Ewbank, R., 1983.** Br. Vet. J., 139, 228-235.
- Kent, J.E. et Ewbank, R., 1986.** Br. Vet. J., 142, 326-335.
- Kent, J.E. et Ewbank, R., 1991.** Applied Animal Behaviour Science, 26, 289.
- Kilgour, R., 1978.** The humane handling of stock for slaughter with particular reference to procedures in New Zealand. Animal Regulation Studies, 1, 235-246.
- King, J.O.L., 1970.** Transport of animals. Universities Federation for animal welfare, Potters Bar, Herts, Great Britain, 15 pp.
- King, J.O.L., 1971.** Transport of livestock. In : Universities Federation for animal welfare, The UFAW handbook on the care and management of farm animals. Churchill Livingstone, London, 246-252.
- Knowles, T.G., 1998.** Veterinary Record, 143, 212-219.
- Knowles, T.G., 1999.** Veterinary Record, 144, 197-201.
- Knowles, T.G., Warriss, P.D., Brown, S.N., Kestin, S.C., Rhind, S.M., Edwards, J.E., Anil, M.H., Dolan, S.K., 1993.** Veterinary record, 133, 286-293.
- Knowles, T.G., Warriss, P.D., Brown, S.N., Kestin, S.C., 1994.** Long distance transport of export lambs. The Veterinary Record, 134, 107-110.
- Knowles, T.G., Warriss, P.D., Brown, S.N., Edwards, J.E., 1999.** Effects on cattle of transportation by road for up to 31 hours. Veterinary Record, 145, 575-582.
- Lambooy, E., et Hulsegge, B., 1988.** Long-distance transport of pregnant heifers by truck. Applied Animal Behaviour Science, 20, 249-258.
- Leach, T.M., 1981.** Physiology of the transport of cattle. In : Transport of animals intended for breeding, production and slaughter. Current topics Veterinary Medicine and animal science, vol. 18, Martinus Nijhoff, The Hague, 59-74.
- Levantine, D.L., Fomichev, J.P. et Afanasjev, E.S., 1977.** Influence of transportation stress, fasting and aminazine on the live and carcass mass losses and chemico-physical characteristics of the meat of calves and steers. 23rd Europ. Meet. Meat Res. Wkrs., vol. 1, Paper B3, All-Union Meat Research Institute, Moscow.
- Mayes, H.F., Asplund, J.M. et Anderson, M.E., 1979.** ASAE Paper N° 79, 6512.
- McCoy, J.H., 1972.** Livestock and meat marketing. Avi Publishing Co., Westport, Conn., 414-432.
- Mills, S.E. et Jenny, B.F., 1979.** J. Anim. Sci., 48, 961.
- Mitruka, B.M. et Rawnsley, H.M.** Clinical biochemical and hematological reference values in normal experimental animals. Eds Masson
- Monin, G. et Gire, P., 1981.** Mobilisation du glycogène musculaire et hépatique au cours du stress du transport chez le mouton : influence de l'âge et du mode d'élevage. INRA Theix, 9 pp.
- Mormède, P., 1988.** Recueil de Médecine Vétérinaire, 164 (10), 723-741.

- Mormède, P., Soissons, J., Bluthe, R.M., Raoult, J., Legarff, G., Levieux, D., Dantzer, R., 1982.** *Agri. Rech. Vét.*, 13 (4), 369-384.
- Moss, R., 1994.** *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.*, 13 (1), 43-54.
- Paape, M.J., Carolli, D.W., Kral, A.J., Miller, R.H. et Dejardins, C., 1974.** *American Journal of Veterinary Research*, 35, 355.
- Ramsay, D.J., Rolls, B.J. et Wood, R.J., 1977.** *J. Physiol.*, 266, 453-469.
- Randall, J.M., 1992.** *Journal Agriculture Eng. Res.*, 52, 295-307.
- Rumsey, T.S. et Bond, J., 1976.** *J. Anim. Sci.*, 42, 1227.
- Schmitt, H., 1960.** Gewichtsverluste bei Schweinen – eine Literaturstudie. *Schlacht-und Viehhof-Zeitung*, 60, 275-278.
- Seddon, H.R., 1965.** *Bacterial Diseases*, vol. 1, part. 5.
- Self, H.L. et Gay, N., 1972.** *Journal of Animal Science*, 35, 489.
- Selye, H., 1950.** Stress : the physiology and pathology of exposure to systemic stress. *Acta Inc.*, Montreal, Canada.
- Selye, H., 1952.** The story of the adaptation syndrome. *Acta Inc.*, Montreal, Canada, 33-34.
- Selye, H., 1956.** The stress of life. McGraw-Hill, New-York, N.Y.
- Shaw, F.D. et Tume, R.K., 1992.** *Meat Sci.*, 32, 311-329.
- Shorthose, W.R., 1965.** Weight losses in cattle prior to slaughter. *CSIRO Food Preserv. Q.*, 25, 67-73.
- Shorthose, W.R., Harris, P.V. et Bouton, P.E., 1992.** *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.*, 9, 387-391.
- Shorthose, W.R., et Wythes, J.R., 1988.** Transport of sheep and cattle. 34<sup>th</sup> ICMST Brisbane, 122-129.
- Stephens, D.B. et Toner, J.N., 1975.** *Applied Animal Ethology*, 1, 223-243.
- Tarrant, P.V., 1981.** The occurrence, causes and economic consequences of dark-cutting in beef – a survey of current information. In : D.E. Hood and P.V. Tarrant (eds). The problem of dark cutting in beef. *Martinus Nijhoff, The Hague*, 3-34.
- Tarrant, P.V., 1988.** *Recueil de Médecine Vétérinaire*, 164 (10), 823-833.
- Tarrant, P.V., 1990.** *Applied Animal Behaviour Science*, 28, 153-170.
- Tarrant, P.V. et Grandin, T., 2000.** Cattle transport. In *Livestock Handling and Transport*. 2<sup>nd</sup> edition. Grandin T. (ed), Cab International, 449 p.
- Tarrant, P.V., Kenny, F.J. et Harrington, D., 1988.** *Meat Science*, 24, 209-222.
- Tarrant, P.V., Kenny, F.J., Harrington, D., Murphy, M., 1992a.** *Livestock Production Science*, 30, 223-238.
- Tarrant, P.V., Kenny, F.J., Harrington, D., Murphy, M., 1992b.** *Meat Science*, 24, 209-222.
- Taylor, G.B., 1978.** Welfare aspects of animal transportation. In D.W. Folsch, ed. *The ethology and ethics of farm animal production*. EAAP Publications n° 24, Birkhauser Verlag, Basel.
- Thornton, H. et Gracey, J.F., 1974.** *Textbook of Meat Hygiene*. Sixth edition. Baillière Tindall, London, 422-434.
- Trunkfield, H.R., Broom, D.M., 1990.** *Applied Animal Behaviour Science*, 28, 135-152.
- Van Gils, J.H.J., 1969.** Introduction. In : W. Sybesma, P.G. van der Wal and P. Walstra (Editors), Recent points of view on the condition and quality of pigs for slaughter. *Research Inst. For Animal Husbandry, Zeist, The Netherlands*, xv-xvi.
- Van Putten, G., 1982.** Handling of slaughter pigs prior to loading and during loading on a lorry. In : R. Moss (Ed.). *Transport of animals intended for breeding, production and slaughter*. Current topics *Veterinary Medicine and animal science*, vol. 18, *Martinus Nijhoff, The Hague*, 15-25.
- Van Putten, G. et Elshof, W.J., 1978.** Observations on the effect of transport on the well-being and lean quality of slaughter pigs. *Animal Regulation Studies*, 1, 247-271.
- Veilleux, R., 1963.** *Advances in Veterinary Science*, 8, 189-213.
- Venkateshu, G.K. et Estergreen, V.L. Jr, 1970.** *Journal of Dairy Science*, 53, 480.
- Ward, J.R., Hendricks, D.M., Jenkins, T.C. et Bridges, W.C., 1992.** *Domest. Anim. Endocrinol.*, 9, 97-103.
- Warriss, P.D., 1990.** *Applied Animal Behaviour Science*, 28, 171-186.
- Warriss, P.D., 1998.** *Veterinary Record*, 142, 449-454.
- Warriss, P.D., Brown, S.N., Kestin, S.C., Edwards, J.E., Dolan, S.K., Phillips, A.J., 1995.** *Veterinary Record*, 136, 319-323.
- Wood-Gush, D.G.M., Duncan, I.J.H. et Fraser, D., 1975.** Social stress and welfare problems in agricultural animals. In : E.S.E. Hafez (Ed), *The behaviour of domestic animals*. Fourth edition. *Ballière Tindall, London*, 182-200.
- Wythes, J.R., Shorthose, W.R., 1984.** Marketing cattle : its effects on liveweight, carcasses and meat quality. *AMRC review*, 46, *Australian Meat Research Committee, Sydney, April*.
- Wythes, J.R., Shorthose, W.R., Schmidt, P.J. et Davis, C.B., 1980.** *Aust. J. Agric. Res.*, 31, 849-855.
- Wythes, J.R. et Underwood, D.W., 1980.** *J. Aust. Inst. Agric. Sci.*, 46, 252-253.