

## LES TENSIONS PARASITES CHEZ LE PORC D'ENGRaisseMENT

Suzanne ROBERT (1), L. GODCHARLES (2), J.-J. MATTE (1) J. BERTIN-MAHIEUX (3), G.-P. MARTINEAU (2)

(1) Station de Recherche, Agriculture Canada, C.P.90, Lennoxville, Québec, Canada, J1M 1Z3

(2) Université de Montréal - Faculté de médecine vétérinaire, C.P. 5000, Saint-Hyacinthe, Québec, Canada, J2S 7C6

(3) Hydro-Québec - Direction Clientèle et Distribution, 1010 rue Sainte-Catherine Ouest, Montréal, Québec H3C 4S7

avec la collaboration de M. MORISSETTE (1), I. BLANCHET (1) et D. FOURNIER (1)

Les objectifs de cette étude étaient d'établir un seuil de sensibilité aux tensions parasites chez le porc à l'engraissement et d'identifier les paramètres susceptibles de faire varier l'impédance corporelle des animaux. Pour atteindre le premier objectif, trois expériences (A1, A2 et B) furent conduites avec 72 animaux, chacun soumis à des tensions administrées soit en continu (A1: 0, 2 ou 5 volts (V) et A2: 0, 5 ou 8 V) soit de manière transitoire avec une tension de base et des pics (B: 0-0 V, 0-2 V, 2-5 V ou 5-8 V). La consommation alimentaire quotidienne des porcs soumis à 5 V dans A1 était moindre que celle des porcs à 0 et 2 V, mais cette baisse n'a eu aucun effet sur le gain moyen quotidien, la consommation d'eau et le taux de conversion. De plus, ces observations ne furent pas confirmées dans les essais A2 et B. Dans les expériences A1 et A2, les tensions parasites ont modifié le comportement des porcs à l'abreuvoir et à la mangeoire, plus particulièrement à 5 et 8 V et chez les animaux rationnés. Ces effets n'ont pas été observés avec les tensions transitoires, contredisant ainsi l'hypothèse que des variations de tension imprévisibles auraient un effet plus néfaste. Le deuxième objectif a été atteint en mesurant l'impédance corporelle de 12 porcs toutes les deux semaines entre l'âge de 10 et 22 semaines en fonction du voltage (2 et 5 V) et de l'humidité d'un plancher de métal tressé. Deux de ces porcs ont également été utilisés pour mesurer l'effet de la fréquence du courant (60, 1000, 3000 ou 10 000 Hz) sur l'impédance corporelle. L'impédance totale a diminué avec l'augmentation de voltage et de poids corporel, alors que l'effet de l'humidité du plancher était différent selon l'âge du porc. A 10 semaines, l'impédance était trois fois plus élevée sur plancher sec que sur plancher mouillé, alors que le rapport était de 1,5 à 1 à 22 semaines. La fréquence a également eu un effet marqué sur l'impédance totale. En effet, les moyennes globales ont varié de  $1163 \pm 166$  Ohms à 60 Hz à  $302 \pm 12$  Ohms à 10 000 Hz. Donc pour un même voltage, le courant ressenti est susceptible de varier d'un porc à l'autre et d'un élevage à l'autre.

### Stray voltage in fattening pigs

This study was undertaken to determine sensitivity threshold to stray voltage in fattening pigs and to identify factors influencing their total body impedance. Three experiments (A1, A2 and B) of 72 pigs each were first conducted with either continuous stray voltage (A1: 0, 2 or 5 volts (V) and A2: 0, 5 or 8 V) or pulses superimposed to baseline voltage (B: 0-0 V, 0-2 V, 2-5 V or 5-8 V). In experiment A1, daily feed intake of pigs under 5V was lower than that of 0 and 2 pigs, but this decrease had no effect on water intake, weight gain and feed conversion. Moreover, these observations were not confirmed in experiments A2 and B. In experiments A1 and A2, stray voltage modified eating and drinking behaviour, particularly with 5 and 8 V and with restricted-fed pigs. The fact that these effects were not seen with transient voltage is in contradiction with the hypothesis of a more detrimental effect of unpredictable pulses of stray voltage. In the second stage of the study, the total body impedance of 12 pigs was measured every two weeks between 10 and 22 weeks of age in function of voltage (2 or 5 V) and of floor conditions (dry or wet woven wire). Two out of these 12 pigs were also used to measure the effect of current frequency (60, 1000, 3000 or 10 000 Hz) on body impedance. Total body impedance decreased with the argumentation of body weight and of voltage, while the effect of floor conditions varied according to the age of the pigs. At 10 weeks, the impedance was three times higher on dry floor than on wet floor, whereas it was only 1,5 time higher at 22 weeks. Frequency had also a marked effect on total body impedance, with mean values of  $1163 \pm 166$  Ohms at 60 Hz as compared to  $302 \pm 12$  Ohms at 10 000 Hz. Therefore, for a given voltage the current may vary between farms but also between pigs of the same farm.

Depuis plusieurs années, les producteurs laitiers et porcins tendent à reconnaître dans les tensions parasites une cause importante des problèmes tant zootechniques que sanitaires qu'ils rencontrent dans leurs élevages. Des seuils ont été établis suite à des mesures effectuées dans des étables bovines et à partir de travaux de recherches, ces derniers étant cependant très limités. Ces seuils, admis depuis longtemps (WILLIAMS, 1981), ne paraissaient pas devoir être remis en question. Cependant, en raison de la fréquence élevée d'élevages dans lesquels de tels seuils étaient mis en évidence sans pour autant que ce soit relié à des problèmes zootechniques ou sanitaire et les sommes dépensées pour tenter de remédier à ces situations, on a mis en doute le bien-fondé de telles normes chez les bovins mais aussi de leur extrapolation aux porcins.

Il n'est pas possible d'envisager le problème des tensions parasites sans faire état des caractéristiques du réseau d'électricité nord-américain et de ses principales différences par rapport aux réseaux européens. En effet, certaines de ces particularités seraient à l'origine, pour certains, du problème des tensions parasites. En Amérique du Nord, les distances à parcourir font que le réseau moyenne tension est très développé et le réseau basse tension très peu développé. Le réseau moyenne tension comporte soit trois phases (25 kV) et un neutre soit une seule phase (14.4 kV) et un neutre. Chaque ferme est normalement alimentée par un transformateur individuel monophasé branché entre phase et neutre qui abaisse la tension 14.4 kV à la basse tension monophasée de 120-240V. Le neutre est mis à la terre le long du réseau comme en Europe et, en plus, dans le branchement principal du client et dans chaque bâtiment.

Une tension parasite est une différence de potentiel habituellement de moins de 10 V, qui existe entre deux points susceptibles d'être touchés en même temps par un animal. Dans une porcherie, cette tension peut apparaître entre les équipements métalliques (abreuvoirs, trémies, parois) qui sont reliés au neutre secondaire par les conducteurs de mise à la terre et le plancher (CLOUD et al, 1982; BOILY et FORTIER, 1986). Cette tension parasite peut être associée soit à un courant continu (c.c.) soit à un courant alternatif (c.a.), ces derniers étant réputés plus nocifs et pouvant être d'amplitude plus importante ont été mieux documentés.

Au point de vue terminologie, les électriciens parleront de «tension de neutre-terre» («neutral-to-ground» ou «neutral-to-

earth voltage» bien que le nom de «stray voltage» soit celui qui semble le plus souvent cité). Cependant, on retrouve aussi d'autres noms dans la littérature anglo-saxonne tels que, «tingle voltage», «extraneous voltage», «free electricity», «stray current» ou encore «metal structures-to-earth voltage» (revue par GODCHARLES, 1992).

Si le concept d'une tension parasite est assez simple sur le plan électrique, elle est souvent difficile à détecter car elle peut varier dans le temps (démarrage de moteurs) et ne durer que très peu de temps. De plus, les tensions détectées ne sont pas forcément ressenties par l'animal. Elles peuvent trouver leur origine dans la conception même du réseau (comme le réseau nord-américain) mais aussi dans des équipement électriques défectueux dans les bâtiments d'élevage ou dans la maison d'habitation, voire même dans des bâtiments avoisinants (dans le cas du réseau nord-américain).

Identifié dans la littérature scientifiques depuis 1948 (CHURCHWARD, 1948), il a fallu attendre le début des années 1980 pour que des études observationnelles donnent une idée de l'importance du problème, quasi-uniquement chez les bovins laitiers tant aux Etats-Unis (WILLIAMS, 1981; CLOUD et al, 1982; KIRK et al, 1984) qu'au Canada (RODENBURG, 1984; THORNTON, 1984). Dans tous les cas, les tensions étaient comprises entre 0,5 volt et quelques volts, généralement de l'ordre de un à deux volts. De nombreux rapports faisaient alors état d'une relation entre les tensions parasites et les mammites chez les bovins. Toutefois, à la fin des années 1980, une équipe ontarienne ne parvenait pas à altérer la production laitière chez des vaches soumises à des tensions jusqu'à 5 volts (POLLOCK et al, résultats non publiés). Ces derniers résultats ainsi que le manque d'information disponible chez le porc nous amena à conclure que des seuils de sensibilité ne pouvait être établis sans base scientifique valide. Nous avons donc entrepris ce programme de recherche. Nous croyons utile de rapporter l'ensemble de nos observations, qui forment un tout chronologique, puisque certaines des orientations de recherche furent prises suite, par exemple, à des résultats inattendus.

Ces recherches seront présentées en deux parties distinctes soit tout d'abord les travaux destinés à établir un seuil de sensibilité aux tensions parasites chez le porc à l'engraissement, suivi des recherches orientées vers certains paramètres susceptibles de faire varier l'impédance du corps de l'animal et donc la quantité de courant reçue.

## PARTIE 1 : SENSIBILITÉ ÉLECTRIQUE DU PORC D'ENGRASSEMENT

Jusqu'au début des années 1990, les données chez le porc sur les seuils de perception et de sensibilité dérivait toutes des travaux de GUSTAFSON et ses collaborateurs au Minnesota (APPLEMAN et al, 1985; GUSTAFSON et al, 1986). D'après l'une de leurs études (GUSTAFSON et al, 1986) menée sur huit porcs, un courant d'au moins 3,5 milliampère (mA) correspondant à une tension de 2,8 Volts (V) affectait le temps passé à l'abreuvoir alors que 4,5 mA ou 3,6 V étaient requis pour affecter la consommation d'eau.

Comme certains affirmaient que le seuil était probablement encore plus bas, de l'ordre du demi-volt, nous avons voulu tenter de préciser, grâce à un grand nombre d'animaux et des

mesures multiples, les seuils de perception et de sensibilité des porcs d'engraissement.

### 1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les travaux furent conduits tout d'abord avec des tensions administrées en permanence sur l'abreuvoir et sur la trémie (expérience A). Dans une deuxième série d'expériences, et suite aux résultats obtenus avec des tensions présentes en tout temps, des pics de tension survenants seulement à certains moments furent surimposés à la tension continue (expérience B).

### 1.1. Animaux, logement et alimentation

Une première série d'expériences (A) porta sur des tensions maintenues en permanence tout au long de la journée. Elle porta sur deux lots (A1 et A2) de 72 porcs chacun pesant chacun de 18 à 26 kg, répartis en six blocs de 12 porcs chacun. Chaque bloc comprenait six cages contenant chacune deux porcs (tableau 1). Le protocole expérimental était un factoriel 2 x 3, soit deux niveaux d'alimentation, à volonté et restreint, et trois niveaux de voltage, 0, 2 et 5 volts pour le premier lot de 72 porcs (A1) et 0,

5 et 8 volts pour le deuxième lot de 72 porcs (A2). L'alimentation des porcs rationnés était ajustée entre 90 et 95% du niveau ingéré chez ceux nourris à volonté. L'eau était distribuée par gravité avec une sucette, conduisant à un débit de 130 ml/min. Ce faible débit a été choisi à la fois pour augmenter le temps de contact de l'animal avec l'abreuvoir mais aussi pour diminuer le gaspillage. Les consommations d'eau et d'aliment ont été établies sur une base journalière et les animaux ont été pesés toutes les deux semaines jusqu'à l'âge de 21 semaines. Les planchers des cages étaient en métal tressé avec des mailles de 1 x 4 cm.

**Tableau 1** - Protocole expérimental pour la détermination du seuil de sensibilité des porcs d'engraissement aux tensions parasites

	Lot A1	Lot A2	Lot B
Nombre de porcs	72	72	72
Poids initial (kg)	18-26	18-26	14-27
Alimentation	à volonté rationné	à volonté rationné	à volonté
Voltages (volts)	0, 2, 5	0, 5, 8	0-0, 0-2, 2-5, 5-8 (a)
blocs	6	6	9
porcs/bloc	12	12	8
porcs/parc	2	2	2

(a) Une tension de base de 0,2 ou 5 volts en continu et des pics de 2 ou 3 volts

Une deuxième expérience (B) porta sur des tensions transitoires et comprit 72 porcelets de 14 à 27 kg répartis en neuf blocs de huit porcs chacun. Chaque bloc comprenait quatre cages contenant chacune deux porcs (tableau 1). Dans cette expérience, et suite aux observations de la première série (A), les animaux ne furent alimentés qu'à volonté afin de minimiser le stress associé à l'alimentation rationnée (ROBERT et al, 1991).

### 1.2. Protocole expérimental

*Expérience A:* Dans l'expérience A1, trois niveaux de tension furent retenus en fonction des données de la littérature alors disponibles, soit 0,2 et 5 volts. En regard des résultats de cette expérience, et pour tenter de confirmer les premières observations, les tensions imposées dans la deuxième expérience (A2) furent de 0,5 et 8 volts. Toutes ces tensions existaient en permanence sur l'abreuvoir et sur la mangeoire. Deux plans d'alimentation furent retenus à savoir à volonté et rationné à 90-95% du niveau précédent. Les autres points du protocole expérimental sont repris dans deux publications (ROBERT et al, 1991; sous presse, 1992).

*Expérience B:* En raison des résultats des expériences A1 et A2, il fut décidé de modifier le protocole électrique et de soumettre aussi les porcs à des tensions transitoires et ainsi minimiser une adaptation possible aux tensions parasites, une hypothèse avancée pour expliquer les résultats de l'expérience A et documentée chez les bovins (ANESHANSLEY et al, 1988; GOREWIT et al, 1989; SCOTT et al, 1984). Dans cette expérience, les porcs étaient soumis à une tension constante (0, 2 et 5 volts) appliquée tout au long de la journée complétée de pics de tensions de 2 volts (0-2 V, soit aucune tension de base et des pics de deux volts) ou de 3 volts (2-5 V, 5-8 V, soit une tension constante de 2 ou de 5 volts et des pics

de 3 volts, ce qui conduit à des tensions totales pendant ces pics de 5 et 8V respectivement). Ces pics ont chacun une durée de trois secondes et sont répétés à intervalles de 20, 40 et 100 secondes durant l'heure qui suivait les deux repas quotidiens et à intervalles de 60, 120 et 300 secondes pour le reste de la journée. Ces pics simulent des démarrages de moteurs. Les autres points du protocole expérimental sont repris dans deux publications (GODCHARLES, 1992; GODCHARLES et al, soumis pour publication).

### 1.3. Analyses comportementales

Dans les deux séries d'expérience (A et B), le comportement a été analysé à l'aide de 18 caméras selon deux protocoles. Le premier, mis en place pour la première expérience (A), consistait à analyser le comportement des porcs d'un parc donné pendant 24 heures toutes les deux semaines. L'enregistrement consistait à 30 secondes de prises de vue toutes les 10 minutes. L'évaluation comportementale était celle adoptée par l'animal à la 15ème seconde de l'enregistrement. La liste des comportements analysés dérive de celle reprise dans la classification de VAN PUTTEN (1980) et adaptée par ROBERT et al (1991). De plus, les comportements alimentaires et d'abreuvement furent pris en considération dans l'heure qui suivit la distribution des repas. Cela permet de mesurer la fréquence et la durée totale de prise alimentaire et d'abreuvement ainsi que le temps qui sépare la prise de position pour manger ou pour boire de la fin de ces activités.. Chacune des cages fit l'objet d'enregistrements toutes les deux semaines.

### 1.4. Autres paramètres

Dans le but d'identifier l'existence d'un stress chronique, divers autres paramètres ont été pris en considération. Des examens

hématologiques (hémoglobine et hématocrite) et biochimiques (Na, K, Cl, CO<sub>2</sub>, Mg, P, glucose, protéines totales, AST, ALT) ont été effectués sur tous les animaux toutes les deux semaines. De plus, les estomacs de tous les porcs furent examinés à l'abattoir pour une évaluation de la présence et de la sévérité des lésions ulcéraives.

### 1.5. Analyses statistiques

Les analyses de variance furent conduites selon le modèle général linéaire (SAS, 1985) selon un dispositif en tiroirs (split-plot) pour les expériences A1 et A2, avec le mode d'alimentation comme traitement principal (main plot) et le niveau de voltage comme sous-traitement (sub-plot). L'expérience B fut analysée selon un dispositif en blocs complets, avec le niveau de voltage comme variable indépendante. Les variables dépendantes suivantes ont été analysées: mesures de comportement, variables sanguines, consommation d'eau et d'aliments, gain de poids et taux de conversion. L'animal était l'unité expérimentale pour les données sanguines et de comportement alors que la cage était l'unité pour les données de performances zootechniques.

## 2. RÉSULTATS

### 2.1. Performances zootechniques

Dans l'expérience A1, la consommation alimentaire quotidienne des porcs soumis à 5 volts était significativement moindre que celle des porcs soumis à 2 volts et des porcs témoins ( $P = 0,02$ ), et cela fut surtout marqué durant le dernier mois d'engraissement (Tableau 2). Par contre, cela n'eut aucune répercussion sur les performances zootechniques globales (gain moyen quotidien, conversion alimentaire) ni sur la consommation d'eau moyenne pour toute la période d'engraissement. Toutefois, envisagé selon différentes périodes d'engraissement, l'effet sur les performances est significatif pour les deux dernières périodes de deux semaines d'engraissement chacune (prise alimentaire  $P < 0,05$ ; gain moyen quotidien  $P < 0,08$ ). Cependant, ces observations ne furent pas confirmées ni dans la deuxième expérience avec des tensions continues (A2) ni dans l'expérience portant sur des tensions transitoires (B).

**Tableau 2** - Performances zootechniques globales des porcs d'engraissement soumis aux tensions parasites (a)

Exp.	Volts	Consommation d'aliments (Kg/j)		Consommation d'eau (l/j)		Gain de poids journalier (kg)	
A1 <sup>b</sup>	0	1,95	± 0,05	4,16	± 0,10	0,70	± 0,02
	2	2,00	± 0,05	4,20	± 0,10	0,71	± 0,02
	5	1,88	± 0,04	3,97	± 0,11	0,69	± 0,02
A2	0	1,92	± 0,05	4,03	± 0,07	0,70	± 0,01
	5	1,87	± 0,06	3,82	± 0,09	0,68	± 0,02
	8	1,90	± 0,04	3,82	± 0,14	0,69	± 0,01
B	0-0	2,07	± 0,05	4,85	± 0,30	0,74	± 0,01
	0-2	2,05	± 0,06	5,02	± 0,40	0,73	± 0,02
	2-5	2,11	± 0,06	4,86	± 0,14	0,76	± 0,02
	5-8	2,06	± 0,04	5,09	± 0,26	0,75	± 0,02

(a)  $X \pm SEM$

### 2.2. Comportement

Dans l'expérience A1, la fréquence d'activité à la mangeoire pendant la journée, c'est-à-dire entre 06 h et 18 h était plus faible ( $P < 0,05$ ) pour les porcs soumis aux tensions de 2 et de 5 volts en comparaison de ceux des porcs témoins (0 volt). Cet effet était d'autant plus marqué que les porcs étaient plus âgés. Toutefois, ces observations n'étaient pas présentes pendant les heures de

repas et n'ont pas été confirmées dans l'expérience A2.

Dans l'expérience A (A1 et A2), l'impact des tensions se fit surtout sentir sur l'abreuvement, mais presque uniquement chez les porcs rationnés. Ainsi, la fréquence d'activité à l'abreuvoir, la durée moyenne de chaque prise d'eau et donc le temps total passé à l'abreuvoir étaient plus faibles ( $P < 0,05$ ) chez les porcs soumis à 5 ou 8 volts qu'à 2 volts et que chez les témoins (Tableau 3).

**Tableau 3** - Comportement à l'abreuvoir des porcs rationnés durant l'heure suivant la distribution du repas(a)

Exp.	Volts	Durée totale de l'abreuvement (sec)		Durée moyenne d'un épisode (sec)		Nombre d'épisodes	
A1 <sup>b</sup>	0	202,15	± 35,1	22,6	± 3,1	9,2	± 1,7
	2	288,7	± 63,0	27,2	± 4,1	9,8	± 1,6
	5	135,3	± 26,1	13,1	± 2,1	9,3	± 1,8
A2 <sup>cd</sup>	0	321,5	± 41,4	25,9	± 1,6	12,5	± 1,4
	5	271,6	± 57,5	35,2	± 9,4	9,4	± 1,7
	8	176,5	± 28,9	29,0	± 4,4	8,0	± 1,9

(a)  $X \pm SEM$

(b) Effet quadratique du voltage ( $P < 0,05$ ) sur la durée totale d'abreuvement et la durée moyenne d'un épisode.

(c) Tendance à un effet linéaire du voltage ( $P < 0,10$ ) sur la durée totale d'abreuvement

(d) Effet linéaire du voltage ( $P < 0,05$ ) sur le nombre d'épisodes d'abreuvement

La fréquence de mordillage de l'abreuvoir était aussi nettement plus élevée à 5 et 8 volts en comparaison des témoins ( $P < 0,01$ ). La diminution de la consommation d'eau des porcs soumis à des tensions de 5 et 8 volts en comparaison des témoins était d'environ 5% dans chacune des deux expériences bien que cette réduction ait été non-significative. Il faut souligner que le gaspillage d'eau fut très faible.

Parmi les autres comportements analysés, le mordillement de la mangeoire s'avéra différent selon les différents traitements: les animaux sous tensions continues la mordillèrent moins que les témoins ( $P < 0,01$ ). Il faut aussi noter que les porcs rationnés soumis à des tensions continues de 8 V étaient plus nerveux que les porcs alimentés à volonté, ce qui se refléta sur la durée de repos pendant les heures de clarté ( $P < 0,05$ ). En effet, les porcs soumis à des tensions de 8 V étaient couchés 68,6 % du temps, comparativement à 71,9% pour les témoins et 72,1% pour les 5 V. Toutefois, il semble que les tensions parasites continues aient eu moins d'impact sur l'agressivité et le repos que le fait de restreindre l'aliment. Quant aux tensions transitoires (expérience B), elles n'ont eu aucun effet sur le comportement des porcs.

Enfin, il faut souligner que l'impact sur le comportement, au demeurant faible, était surtout marqué durant la deuxième moitié de l'engraissement. Tous les autres paramètres mesurés ou évalués ne furent pas différents d'un traitement à l'autre.

### 3. DISCUSSION

Au moment des repas, c'est-à-dire lorsque l'animal a faim, il ne semble pas que la présence de tensions continues sur la mangeoire affecte son comportement. Par contre, en dehors

de ces heures, les porcs soumis à 5 volts de l'expérience A1 vont moins souvent à la mangeoire, ce qui peut alors conduire à une diminution de la consommation d'aliment.

Nos observations ne confirment pas les observations de GUSTAFSON et al (1986) qui avaient enregistré une diminution de la consommation d'eau à 3,6 volts. Cette divergence est probablement à mettre en relation soit avec le système d'abreuvement (gravité versus pression d'adduction) soit avec la variation individuelle de l'abreuvement (KLOPFENSTEIN et al, 1992), ce qui pourrait masquer l'effet. Dans la première éventualité, il est possible que les porcs boivent plus vite et consomment ainsi plus d'eau même s'ils passent moins de temps à l'abreuvoir.

L'absence de gaspillage va à l'encontre des assertions communément entendues lors d'une suspicion de présence de tensions parasites dans un élevage (BOILY et FORTIER, 1986). Les comportements à l'abreuvoir enregistrés lors de l'expérience A ne furent pas retrouvés dans l'expérience B. Ainsi, l'hypothèse selon laquelle l'effet des tensions parasites serait plus marqué lorsque celles-ci apparaissent d'une manière imprévisible n'a pas été vérifiée, ce qui corrobore des observations menées chez les bovins par ANESHANSLEY et al (1988).

L'effet des tensions parasites sur le comportement paraît plus important lorsque les animaux sont rationnés, probablement par le fait qu'il s'agit d'un stress supplémentaire (ROBERT et al, 1991). Le fait que les porcs paraissent plus affectés durant la deuxième moitié d'engraissement va à l'encontre de certaines assertions véhiculées en élevage mais aussi de l'hypothèse que les porcs s'habituaient aux tensions parasites avec le temps et qu'elles ne seraient donc marquées qu'au tout début de leur présence.

## PARTIE 2 : CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES DU PORC D'ENGRASSEMENT

Nous étions convaincus, avant même de débiter la première expérimentation, que la détermination des seuils de sensibilité (c'est-à-dire accompagné d'effets négatifs) et de perception (réaction sans effets négatifs) serait aisée eu égard aux rapports de la littérature. Nous étions aussi convaincus qu'en choisissant des tensions aussi variées et étendues jusqu'à 8 volts, les effets seraient manifestes. Toutefois, les résultats des premières expérimentations semblaient freiner notre enthousiasme et notre confiance et il fallait alors tenter d'interpréter les différences entre nos observations et celles qui provenaient du terrain (STETSON et al, 1981; GILLESPIE, 1984).

De nos précédentes expériences, nous avons été surpris de constater que les manifestations associées aux tensions parasites étaient faibles et de surcroît semblaient plus marquées chez les porcs en fin d'engraissement, bien «qu'habitues» à ces tensions depuis plusieurs semaines. Nous avons alors émis l'hypothèse que l'impédance totale du corps variait selon le poids de l'animal et que c'était les impédances de contact, à savoir la qualité du contact avec le sol, qui étaient le plus susceptibles de varier. Cependant, les données de la littérature étaient très limitées. Une seule donnée d'impédance (360 Ohms) était alors disponible chez la truie (STETSON et al, 1981). Chez le porc à l'engrais, elle était estimée entre 500 et 1000 Ohms (GUSTAFSON et al, 1986; APPLEMAN et al,

1985; HULTGREN, 1990). Nous avons donc entrepris d'étudier l'effet du poids et de l'état du sol sur l'impédance du porc à l'engrais, des mesures préliminaires sur la nature du signal électrique ont également été recueillies.

### 1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

#### 1.1. Animaux, logement et alimentation

Dans une première expérience (A), douze porcs, six mâles castrés et six femelles, de neuf semaines d'âge ( $20,5 \pm 0,3$  kg) furent utilisés. Toutes les deux semaines, les porcs étaient transportés dans l'unité expérimentale et maintenus dans une cage ajustable dont le plancher pouvait être modifié. Le schéma de l'installation électrique est repris en détail dans une autre publication ainsi que les essais préliminaires sur la détermination des caractéristiques des zones de contact, soient la gueule de l'animal et les onglons (MATTE et al, 1992).

Dans une deuxième expérience (B), deux porcs de l'expérience précédente furent utilisés, à 15 semaines d'âge, pour étudier l'effet de différents signaux électriques sur l'impédance du corps. Cette deuxième phase fut mise en place en raison des observations notées lors de la première expérimentation.

## 1.2. Protocole expérimental

L'impédance du porc d'engraissement (A) fut mesurée à huit reprises pendant la période d'engraissement, chacune espacée de deux semaines. Les porcs furent tous soumis à deux tensions (2 et 5 volts) et placés sur un plancher métallique en métal tressé (le même qui fut utilisé dans la première partie) dans deux conditions physiques différentes, soit sec (métal tressé sec -MTS) soit recouvert d'eau (métal tressé mouillé -MTM). Le courant traversant le corps de l'animal fut mesuré à l'aide d'un ampèremètre digital (MATTE et al, 1992).

Pour la deuxième expérience (B), les deux porcs furent soumis à deux potentiels différents (1 et 2 volts), quatre fréquences de courant (60, 1000, 3000 et 10 000 Hertz) et placés sur trois types de plancher différents, à savoir du métal tressé sec (MTS), métal tressé mouillé (MTM) et du cuivre recouvert d'eau (CM). Le fait d'avoir adopté de plus faibles tensions provient d'observations préliminaires qui mettaient en évidence d'importantes réactions des porcs placés sur un plancher de cuivre mouillé et soumis à une tension de 5 volts avec une fréquence de 10 000 Hertz.

## 1.3. Analyses statistiques

Les données ont été analysées à l'aide du modèle général linéaire de SAS (1985). Dans les deux expériences, un dispositif en tiroirs (split - plot) fut utilisé. Dans la première, le degré d'humidité du plancher était le traitement principal (main plot), les niveaux de voltage étaient les sous traitements (sub-plots) et l'âge des porcs les sous-sous traitements (sub-sub-plots). Dans la deuxième expérience, les sous-sous traitements (sub-sub-plots) étaient les fréquences de courant au lieu de l'âge.

## 2. RÉSULTATS

L'impédance totale (impédance du corps et impédances de contact) a varié selon les caractéristiques corporelles des porcs (le poids), la tension et l'état du sol (tableau 4). Quel que soit l'âge de l'animal, l'impédance totale était plus élevée à 2 V qu'à 5 V ( $P < 0,003$ ), les moyennes globales se situant respectivement à 1300 et 1091 Ohms. L'effet des conditions du plancher était différent selon l'âge du porc ( $P < 0,01$ ). En effet, à l'âge de 10 semaines, l'impédance totale était trois fois plus élevée sur plancher sec que sur plancher mouillé alors que le rapport correspondant à 22 semaines était de 1,5: 1. La diminution de l'impédance totale avec l'âge de l'animal a été associée à un accroissement de 66% de la pression exercée par les onglons sur le plancher, un facteur déterminant de la qualité du contact entre les onglons et le plancher.

Dans la deuxième expérience, l'impédance n'a pas varié significativement entre 1 et 2 volts quels que soient le plancher et la fréquence (Tableau 5). Il faut souligner que la variation entre les deux animaux (indiquée par le SEM) était très grande lorsqu'ils étaient soumis à une différence de potentiel d'un volt, sous une fréquence de 60 Hertz et placés sur le plancher en métal tressé sec (MTS) c'est-à-dire lorsque l'impédance totale était très élevée. Par contre, la fréquence du courant a eu un effet très important sur l'impédance (Tableau 5). En effet, les moyennes globales ont varié de  $1163 \pm 166$  Ohms à 60 Hertz à  $302 \pm 12$  Ohms à 10 000 Hertz. En ce qui concerne l'effet du plancher, l'impédance moyenne sur le CM était inférieure à celle sur le MTS ( $P < 0,01$ ), mais comparable à celle sur le MTM. Par contre, l'augmentation de fréquence du courant a entraîné une réduction de ces écarts entre les planchers.

**Tableau 4** - Évolution de l'impédance totale (exprimée en Ohms,  $X \pm SEM$ ) selon l'âge et le type de plancher

Âge (semaines)	Poids (kg)	Pression podale (a)	2 V		5 V	
			MTS (b)	MTM (c)	MTS (b)	MTS (b)
10	23,6 $\pm$ 0,5	265	3297 $\pm$ 434	1109 $\pm$ 56	2786 $\pm$ 320	954 $\pm$ 35
12	32,3 $\pm$ 0,7	314	2002 $\pm$ 118	112 $\pm$ 42	2002 $\pm$ 118	899 $\pm$ 35
14	44,7 $\pm$ 1,3	329	1586 $\pm$ 100	1066 $\pm$ 39	1379 $\pm$ 101	859 $\pm$ 49
16	56,5 $\pm$ 1,6	402	1485 $\pm$ 114	994 $\pm$ 27	1249 $\pm$ 133	807 $\pm$ 36
18	69,8 $\pm$ 1,7	442	1134 $\pm$ 48	857 $\pm$ 27	937 $\pm$ 38	699 $\pm$ 17
20	85,5 $\pm$ 2,4	451	982 $\pm$ 31	804 $\pm$ 20	842 $\pm$ 33	634 $\pm$ 20
22	100,6 $\pm$ 2,7	451	1058 $\pm$ 50	718 $\pm$ 22	861 $\pm$ 51	569 $\pm$ 17

(a) Pression podale: rapport du poids sur la surface podale (en KPa)

(b) MTS = Métal tressé sec

(c) MTM = Métal tressé mouillé

**Tableau 5** - Influence de la fréquence du courant et du plancher sur l'impédance totale du corps (a,b)

Fréquence (Hz)	Plancher					
	Cuivre mouillé		Métal tressé mouillé		Métal tressé sec	
60	801	$\pm$ 64	981	$\pm$ 91	1707	$\pm$ 370
1000	428	$\pm$ 7	555	$\pm$ 33	884	$\pm$ 111
3000	333	$\pm$ 19	415	$\pm$ 16	550	$\pm$ 64
10000	263	$\pm$ 13	316	$\pm$ 3	327	$\pm$ 25

(a) Valeurs moyennes pour les 2 niveaux de voltage et les 2 porcs ( $X + SEM$ )

(b) Interaction plancher x effet linéaire de la fréquence ( $P < 0,05$ )

### 3. DISCUSSION

Bien que cette expérience soit limitée dans l'étendue des voltages étudiés, il apparaît que l'impédance totale diminue avec la tension, caractéristique aussi observée chez l'homme (BIEGELMEIER, 1985; NUTE, 1985) et probablement en relation avec les impédances de contact (BIEGELMEIER, 1985). Indirectement, il devient ainsi possible d'évaluer l'impédance corporelle interne du porc en le soumettant à des voltages et des fréquences plus élevés. PRIETO et al (1985) l'estiment à 200 Ohms pour le porc à l'engraissement.

Ainsi, l'impédance totale varie beaucoup selon le poids (ou l'âge) puisqu'elle diminue des deux-tiers entre 20 et 100 kg, ce qui fait que la quantité de courant augmente des deux-tiers pendant la même période. Cette variation peut être en relation avec la qualité du contact avec le sol qui augmente avec le poids corporel, mais peut aussi avec les modifications de la composition corporelle (WALSTRA, 1980).

La qualité des contacts entre le sol et les sabots semble d'autant plus importante que l'animal est léger ou jeune. Dans nos conditions, des mesures de surface des onglons ont démontré que la pression du poids du corps sur le sol atteignait un plateau vers 50 kg, ce qui fait que la pression exercée sur le sol deviendrait ultérieurement indépendante du poids, ce qui est en accord avec les observations de WEBB (1984).

L'importance de la fréquence du courant sur l'impédance pourrait être en relation avec l'effet capacitif des impédances de contacts, c'est-à-dire la peau et les onglons. En effet, chez l'homme, il a été établi que l'impédance de la peau est avant tout de nature capacitive et elle diminue avec l'augmentation de la fréquence (BIEGELMEIER, 1985). Ainsi, à 60 Hertz, la différence entre l'impédance totale selon les différents types de plancher est probablement associée à la qualité du contact entre les onglons et le plancher. Par contre, à 10 000 Hertz, la tension et la qualité du plancher deviennent négligeables, et on se rapproche ainsi de l'impédance interne du corps, avant tout de nature résistive.

Ces travaux confirment que l'impédance totale varie selon le poids de l'animal, le type et la qualité du plancher. Avec des planchers humides, l'impédance diminue d'une manière non

négligeable, ce qui augmente à tension constante, la quantité de courant qui traverse l'animal et ainsi les effets qui y sont associés.

### CONCLUSION GÉNÉRALE

Quand nous avons débuté ce projet, nous avons cru à sa relative simplicité et que nous pourrions, après quelques expériences, arriver à déterminer un seuil de perception et un seuil de sensibilité aux tensions parasites, du moins pour le porc d'engraissement. De plus, les informations en provenance du terrain tendaient à nous rendre confiants.

Le fait que nous n'ayons pas confirmé les observations d'élevage a conduit certains à récuser nos observations, en affirmant: «cela n'est pas possible, ils se trompent». En voulant tenter de comprendre le pourquoi de cette divergence, nous avons commencé à voir la complexité du problème des tensions parasites, du moins chez le porc. Et encore, nous n'avons pas fait état de nos observations sur l'importance de la qualité de la mesure dans les élevages qui doit être faite et interprétée par une personne compétente.

Nous demeurons persuadés que les tensions parasites ne sont pas un mythe mais bien une réalité, réalité beaucoup plus complexe qu'initialement perçue et étroitement associée aux conditions d'élevage. Ainsi, il faut être très prudent avant d'affirmer qu'un problème zootechnique ou sanitaire est associé à des tensions parasites. Les quelques paramètres étudiés dans cette recherche mettent en évidence la complexité du problème.

Enfin, il ressort sans ambiguïté que les seuils cités dans la littérature doivent être interprétés avec prudence et associés aux caractéristiques des animaux en cause (âge ou poids), le type et à l'état du plancher, tout en précisant la nature du signal électrique.

### REMERCIEMENTS

Ces recherches furent menées grâce aux appuis financier et logistique de l'Association Canadienne d'Électricité (ACÉ) et d'Hydro-Québec.

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANESHANSLEY D.J., GOREWIT R.C., PRICE L.R., CZARNIECKI C.S., 1988. Effects of discontinuous voltages applied to wateres. American Society of Agricultural Engineers winter meeting, paper # 88-3523.
- APPLEMAN R.D., WEHE M., GUSTAFSON R.J., BRENNAN T.M., 1985. Response of pigs to stray voltage. Minnesota Swine Research Report, University of Minnesota, St-Paul: 62-65.
- BIEGELMEIR P.G., 1985. New knowledge on the impedance of the human body. In: Electrical shock safety criteria - Proceedings of the first international symposium on electrical shock safety criteria, ed by J.E. Bridges, et al, Pergamon Press Inc., New York, USA: 115-133.
- BOILY R., FORTIER M., 1986. Les tensions parasites. Bibliothèque Nationale du Québec, Canada.
- CHURCHWARD R.E., 1948. Australian Veterinary Journal 24: 150.
- CLOUD H.A., APPLEMAN R.D., GUSTAFSON R.J., 1982. Stray voltage problems with dairy cows. North Central Regional Extension Publication No. 125. Agricultural Extension Service, University of Minnesota.
- GODCHARLES L., 1992. Effet des tensions parasites transitoires sur le bien-être, la croissance et la santé des porcs d'abattage. Mémoire de Maîtrise. Université de Montréal 127 p.
- GOREWIT R.C., ANESHANSLEY D.J., LUDINGTON D.C., PELLERIN R.A., ZHAO X., 1989. Journal of Dairy Science 72: 2184-2192.
- GUSTAFSON R.J., APPLEMAN R.D., BRENNAN T.M., 1986. Electrical current sensitivity of growing/finishing swine for drinking. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers 29 (2): 592-596.
- HULTGREN J., 1990. Veterinary Research Communications 14: 287-298.
- KIRK J.H., 1984. Possible causes of stray voltage-like signs in dairy cows. In: Stray Voltage - Proceedings of the National Stray Voltage Symposium. American Society of Agricultural Engineers Publication 3-85: 62-63.
- KLOPFENSTEIN C., D'ALLAIRE S., MARTINEAU G-P., 1992. Nouveau regard sur l'abreuvement de la truie. Cahier des conférences du Colloque sur la production porcine Conseil des productions animales du Québec. 11-17.
- MATTE J.J., ROBERT S., GODCHARLES L., BERTIN-MAHIEUX J.,

- MARTINEAU G-P., 1992. *Can. J. Agri. Eng.* 34: 189-191.
- NUTE R., 1985. Dynamic aspects of body impedance. In: *Electrical shock safety criteria - Proceedings of the first international symposium on electrical shock safety criteria*, ed J.E. Bridges, et al, Pergamon Press Inc. New York, USA: 173-183.
  - PRIETO T., SANCES Jr A., MYKLEBUST J., CHILBERT M., 1985. Analysis of cross-body impedance at household voltage levels. In: *Electrical shock safety criteria - Proceedings of the first international symposium on electrical shock safety criteria*, ed J.E. Bridges, et al, Pergamon Press Inc., New York, USA: 151-161.
  - ROBERT S., MATTE J.J., BERTIN-MAHIEUX J., MARTINEAU G.-P., 1991. *Can. J. Vet. Res.* 55: 371-376.
  - ROBERT S., MATTE J.J., BERTIN-MAHIEUX J., MARTINEAU G.-P., 1992 *Can. J. Anim. Sci.* 72 : 467-475.
  - RODENBURG J., 1984. Tingle voltage, the results of a recent study of 140 Ontario dairy farms. *Ontario Milk Producer*, July: 10-11, 16.
  - SCOTT N.R., GOREWIT R.C., HENKE DRENKARD D.V., 1984. Effects of electrical current on milking and behavior. In: *Stray Voltage - Proceedings of the National Stray Voltage Symposium*. American Society of Agricultural Engineers Publication 3-85: 20-24.
  - STETSON L.E., BECCARD A.D., DeSHAZER J.A., 1981. Stray voltages in a swine farrowing unit - a case study. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* 24(4): 1062-1064.
  - THORNTON E., 1984. A study of stray voltages on Alberta dairy farms. American Society of Agricultural Engineers paper #84-309.
  - VAN PUTTEN G., 1980. Objective observations on the behaviour of fattening pigs. *Animal Regulation Studies* 3: 105-118.
  - WALSTRA P., 1980. Growth and carcass composition from birth to maturity in relation to feeding level and sex in Dutch Landrace pigs. Ph. D.Thesis, Agricultural University of Wageningen, The Netherlands.
  - WILLIAM G.F., 1981. Stray electric current: economic losses, symptoms, and how it affects the cows. *Proceedings of the 20th Annual National Mastitis Council Meeting*, Louisville, Kentucky: 13 17.