



Spécificités des indicateurs de conscience et d'inconscience selon les méthodes d'abattage

Abattage avec et sans étourdissement : évaluation pratique de l'inconscience (partie 2).

Mots-clés : abattage, étourdissement, abattage sans étourdissement, évaluation de l'inconscience, cerveau

Auteur : Claudia Terlouw ¹, Barbara Ducreux ² et Cécile Bourguet ³

¹ INRAE, VetAgro Sup, UMR Herbivores, Université Clermont Auvergne, F-63122 Saint-Genès-Champanelle

² Institut de l'Élevage, service Santé et bien-être, F-69364 LYON Cedex 7

³ Bureau ETRE, Etudes et Travaux de Recherche en Ethologie, Bravant, F-63210 OLBY

email de l'auteur correspondant : claudia.terlouw@inrae.fr

L'utilisation et l'interprétation des indicateurs de conscience et d'inconscience diffèrent selon les méthodes d'abattage et le moment où l'indicateur est contrôlé (juste après l'étourdissement ou pendant la saignée par exemple). Ces spécificités sont abordées ici, pour les espèces bovine, porcine et ovine, selon la méthode utilisée, en nous appuyant sur nos connaissances des fonctions cérébrales pertinentes. Des lacunes dans les connaissances scientifiques sont également explicitées.

Résumé :

Il est essentiel d'évaluer l'état d'inconscience des animaux pendant l'abattage. Ces évaluations ont lieu après l'application d'une technique d'étourdissement ou après l'égorgeage pour les abattages sans étourdissement, et ce jusqu'à la fin de l'égouttage. Les indicateurs utilisés sont essentiellement les mêmes pour les différentes méthodes. Cependant, ils ne doivent pas tous être contrôlés aux mêmes moments et leur interprétation n'est pas non plus identique pour l'ensemble des méthodes utilisées. Cette revue décrit les différents circuits cérébraux qui contrôlent les indicateurs de conscience et de l'inconscience, leur interprétation et la façon dont ils peuvent être utilisés pour les différentes méthodes d'abattage. Elle décrit également certaines réactions physiologiques ainsi que des points de vigilance spécifiques pour les différentes méthodes.

Abstract: Specificities of the evaluation of consciousness and unconsciousness according to slaughter method

It is essential to assess the state of unconsciousness or consciousness of animals during slaughter. These assessments take place after the application of a stunning technique until the end of bleeding and during direct bleeding without stunning, until the end of bleeding. The indicators used are essentially similar for the different methods. However, the indicators are not all verified at the same times and their interpretation is not the same for all the methods either. This review describes the different brain circuits controlling the indicators of consciousness and unconsciousness, their interpretation and how they can be used for different slaughter methods. It also describes certain physiological reactions as well as specific points of vigilance for the different slaughter methods.

INTRODUCTION

Dans un précédent article, nous avons décrit que, selon la technique d'étourdissement, différents événements neurobiologiques sous-tendent les perturbations du fonctionnement du cerveau qui entraîne la perte de la conscience (Terlouw *et al.*, 2021). L'étourdissement mécanique provoque dans une succession quasi-instantanée, une onde de choc, une destruction au moins partielle du système réticulaire activateur ascendant, et des hémorragies. L'électronarcose provoque une dépolarisation massive des neurones du cerveau, et, lorsqu'il s'agit d'une technique à

trois électrodes, une fibrillation cardiaque aboutissant fréquemment à un arrêt cardiaque. Alors que les effets de ces techniques sont instantanés (ou quasi-instantanés), la perte de conscience lors de l'immersion dans un mélange concentré en CO₂ ou lors de la saignée sans étourdissement préalable, est progressive. Ces techniques provoquent, respectivement, une acidification et une anoxie des neurones du cerveau. L'évaluation de l'inconscience varie selon la technique utilisée et ces spécificités font l'objet du présent article.

I. L'EVALUATION DE L'INCONSCIENCE PLACÉE DANS SON CONTEXTE

I.1. Après l'étourdissement, l'état de l'animal évolue

Selon la technique utilisée, l'application de l'étourdissement provoque différents phénomènes dans le cerveau. Certains sont réversibles grâce à des mécanismes protecteurs qui rétablissent certaines fonctions (Terlouw *et al.*, 2021). Ainsi, immédiatement après l'étourdissement mécanique par exemple, il est possible d'observer chez l'animal des signes d'inconscience, puis de voir apparaître quelques secondes, voire dizaines de secondes après, des signes mettant en doute l'état d'inconscience (souvent des mouvements des yeux et des mouvements respiratoires). C'est le cas lorsque la perte de conscience a été provoquée uniquement par l'onde de choc, sans qu'il n'y ait de dommages irréversibles de toutes les zones visées du cerveau (Terlouw *et al.*, 2021).

De même, après un étourdissement électrique à deux points, la fonction cérébrale normale se rétablit

I.2. Comprendre les indicateurs

Il est essentiel de pouvoir confirmer que l'animal est inconscient et qu'il ne présente pas de risque de reprise de conscience jusqu'à la fin de la saignée. Sur le terrain, il n'est pas possible d'évaluer de manière directe les dommages provoqués dans le cerveau ou l'activité cérébrale. Pour cette raison, l'évaluation de l'inconscience se fait via des indicateurs qui permettent d'évaluer de manière indirecte l'état du fonctionnement cérébral de l'animal.

La présence de certains indicateurs traduit un état de conscience, d'autres un risque de conscience ou de retour de conscience, et d'autres encore indiquent que l'animal est très probablement inconscient (mais voir encadré 1 et Tableaux 1 et 2). Les structures cérébrales principales impliquées dans ces indicateurs sont présentées dans la Figure 1. La Figure 2 présente les zones impliquées dans la conscience et dans certains indicateurs clés de l'inconscience. Comme ces indicateurs sont seulement liés indirectement à l'état de conscience, avec différents niveaux de fiabilité, il est indispensable d'en contrôler plusieurs, voire tous. De plus, il

progressivement et des signes de conscience réapparaissent. La fibrillation cardiaque après un étourdissement électrique à trois points entraîne souvent un arrêt cardiaque et par conséquent la mort de l'animal. Mais dans certains cas, le cœur reprend son fonctionnement normal, permettant alors un retour de conscience. Après immersion dans le CO₂, en fonction de la concentration du CO₂ et de la durée d'immersion, les animaux meurent ou récupèrent progressivement, (Terlouw *et al.*, 2021).

Comme l'état des animaux évolue après l'étourdissement, les animaux doivent être scrupuleusement surveillés jusqu'à la fin de l'égouttage, pour s'assurer qu'ils restent inconscients jusqu'à leur mort et ce, quelle que soit la méthode utilisée, y compris s'il s'agit d'une méthode dite irréversible.

convient de les adapter à la technique d'étourdissement et/ou de mise à mort utilisée, ainsi qu'au moment précis auquel est réalisé le contrôle car leur pertinence peut varier.

Il est demandé aux opérateurs de pratiquer un nouvel étourdissement au moindre doute, même si ce doute ne signifie pas forcément que l'animal est conscient. En fonction de la sensibilité et de l'expérience des opérateurs, cette préconisation se traduit différemment sur le terrain. Ainsi, certains obtiennent des taux de double étourdissement relativement élevés, mais sous réserve de l'absence de dérive (100 % des animaux ré-étourdis par simple précaution par exemple), ceci permet de limiter les risques de conscience de l'animal. Pour cette raison, le simple taux de doubles étourdissements n'est pas un indicateur pertinent de l'efficacité de l'étourdissement et de sa conformité. Pour pouvoir l'exploiter et formuler un diagnostic, il est nécessaire d'y associer la raison du double étourdissement, i.e. le(s) indicateur(s) observé(s).

Encadré 1. Les particularités du tir occipital

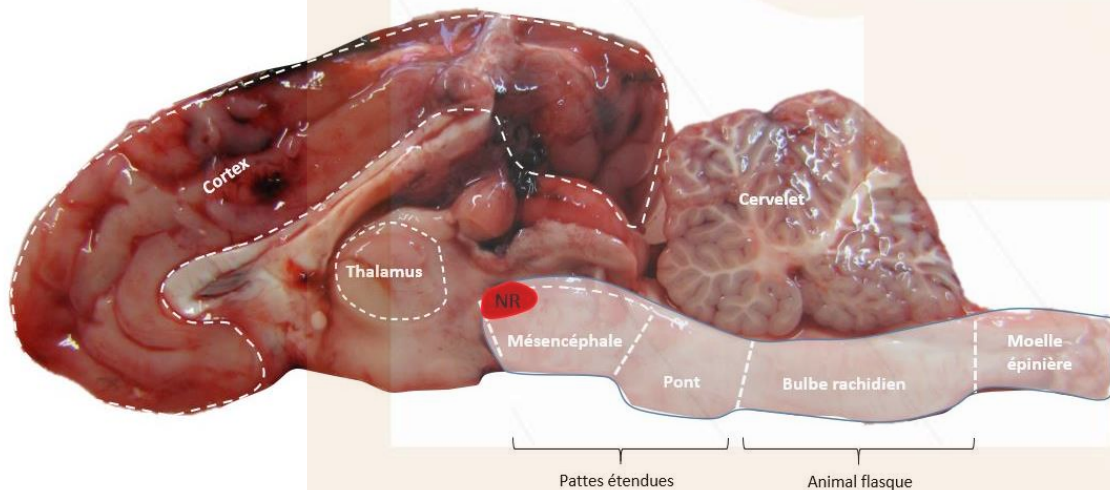
Pour évaluer l'état d'inconscience durable de l'animal, les indicateurs à observer sont identiques à ceux après un tir frontal. Néanmoins, il faut être particulièrement vigilant avec cette position de tir car un mauvais emplacement de la tige peut générer une paralysie de l'animal sans le rendre inconscient. C'est le cas notamment lorsque le pistolet est orienté vers le sol plutôt que vers la base de la langue de l'animal : dans ce cas, le bulbe rachidien est touché sans que le mésencéphale le soit. L'animal perd posture et ne respire plus, tout en étant conscient.

Tableau 1. Description de certains indicateurs à relever après l'étourdissement.

Indicateur	Description
Tentatives de redressement orienté de la tête ou du corps	Animal allongé sur le sol : tentative de lever la tête parallèlement au sol Animal hissé : Tête levée parallèlement au sol avec un dos rigide et creux pendant plusieurs secondes.
Réflexe cornéen	Testé en touchant légèrement la cornée : s'il est absent, la paupière ne se ferme pas.
Réflexe palpébral	Testé en touchant légèrement la paupière : s'il est absent, la paupière ne se ferme pas.
Réflexe ciliaire	Testé en brossant légèrement les cils : s'il est absent, la paupière ne se ferme pas.
Réflexe pupillaire	Testé en envoyant un faisceau lumineux dans l'œil (ouvrir la paupière au préalable si elle est fermée) : si le réflexe est absent, la pupille reste dilatée et fixe.
Vocalisation	Tout son spécifique à l'espèce (donc exclut les râles), émis par l'animal.
Respiration rythmique	Observable en regardant les mouvements des naseaux, des joues (bovins et ovins) et des flancs de l'animal. Dès deux mouvements respiratoires (c.-à-d. deux cycles d'inspiration-expiration), on considère que l'animal respire.

Figure 1. Zones impliquées dans le contrôle cérébral des indicateurs de conscience, de risque de conscience et d'inconscience.

1a. Des préparations expérimentales (Magnus, 1925 ; 1926) montrent que le dysfonctionnement du Noyau Rouge (NR, voir encadré 2 et Tableau 2) ou des structures grisées (mésencéphale, pont, bulbe rachidien, partie supérieure de la moelle épinière) provoque la perte de la posture debout. Reproduite avec permission de CAB International (Terlouw *et al.*, 2020).



1b. Les noyaux majeurs impliqués dans le contrôle des mouvements des paupières et des globes oculaires (Bhidayasiri *et al.*, 2000; Purves *et al.*, 2008). Noyaux crâniens : Oculomoteur (3 : mouvements oculaires horizontaux et verticaux, élévation de la paupière, rétraction du globe oculaire) ; Trochléaire (4 : mouvements oculaires verticaux), Trijumau sensoriel principal (5 : perception sensorielle de la cornée et d'autres zones de la face), Abducens (6 : mouvements oculaires horizontaux, rétraction du globe oculaire), Facial (7 : fermeture des paupières, chez les grands animaux, contribue également à l'ouverture des paupières) et Vestibulaires (8 : poursuite oculaire). Autres noyaux du tronc cérébral : noyaux olivaire prétectal (NOP) et d'Edinger-Westphal (EW) : constriction pupillaire et accommodation du cristallin), groupe des noyaux Raphe Rostral (RR) : maintien de la position de l'œil ; les noyaux interstitiel de Cajal (IC) et Prepositus Hypoglossus (PH) : maintien du regard ; le noyau Interstitiel Rostral du faisceau longitudinal médial (IRflm) et la formation réticulée pontine paramédiane (FRPP) : contrôle des saccades ; formation réticulée médullaire (FRMed) : intégration globale des mouvements oculaires. Les connexions entre les noyaux ne sont pas indiquées pour des raisons de simplicité. Une lésion partielle dans les noyaux ou dans les circuits de connexion entraîne un déséquilibre du système, provoquant des mouvements oculaires incontrôlés (rotation oculaire, nystagmus ; Encadré 3). Reproduite avec la permission de CAB International (Terlouw *et al.*, 2020).

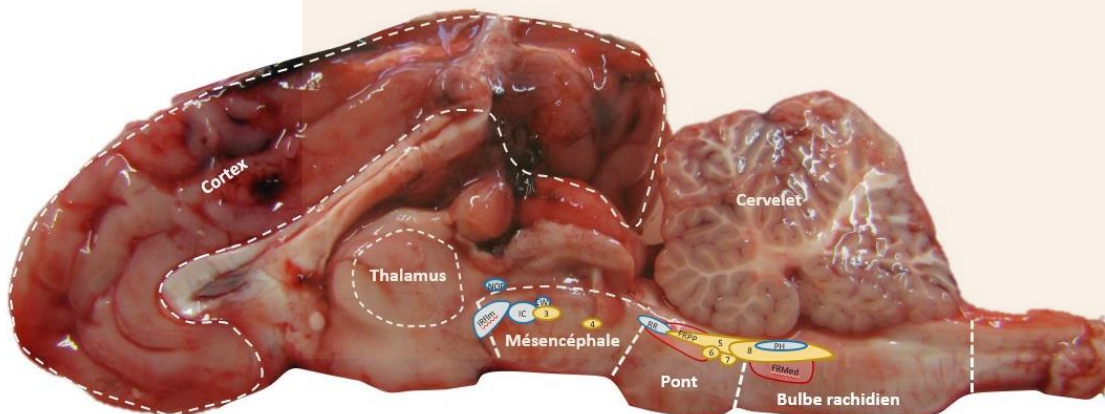


Fig. 1c. Représentation simplifiée des circuits impliqués dans les réponses réflexes des yeux (Ongerboer de Visser et Moffie, 1979; Davidson et al. 2000 ; Kozicz *et al.*, 2011). Le réflexe pupillaire est une réponse réflexe à une augmentation de la lumière qui tombe sur la rétine. Cette information passe par le nerf optique (II), le noyau olivaire préectal, un interneurone, le noyau Edinger-Westphal et le nerf oculomoteur (III). Ce dernier contrôle le muscle sphincter de la pupille, qui se contracte en réponse à une augmentation de la lumière. Le réflexe cornéen est une réponse réflexe à des informations sensorielles (le toucher) transitant par le nerf trijumeau (V), le noyau trijumeau (5) et des interneurones jusqu'au noyau facial (7). Ce dernier envoie un signal via le nerf facial (VII) au muscle de la paupière permettant la fermeture. Les nerfs sensoriels et moteurs sont en jaune et orange, respectivement. Les interneurones sont en pointillés noirs. Reproduite avec la permission de CAB International (Terlouw *et al.*, 2020).

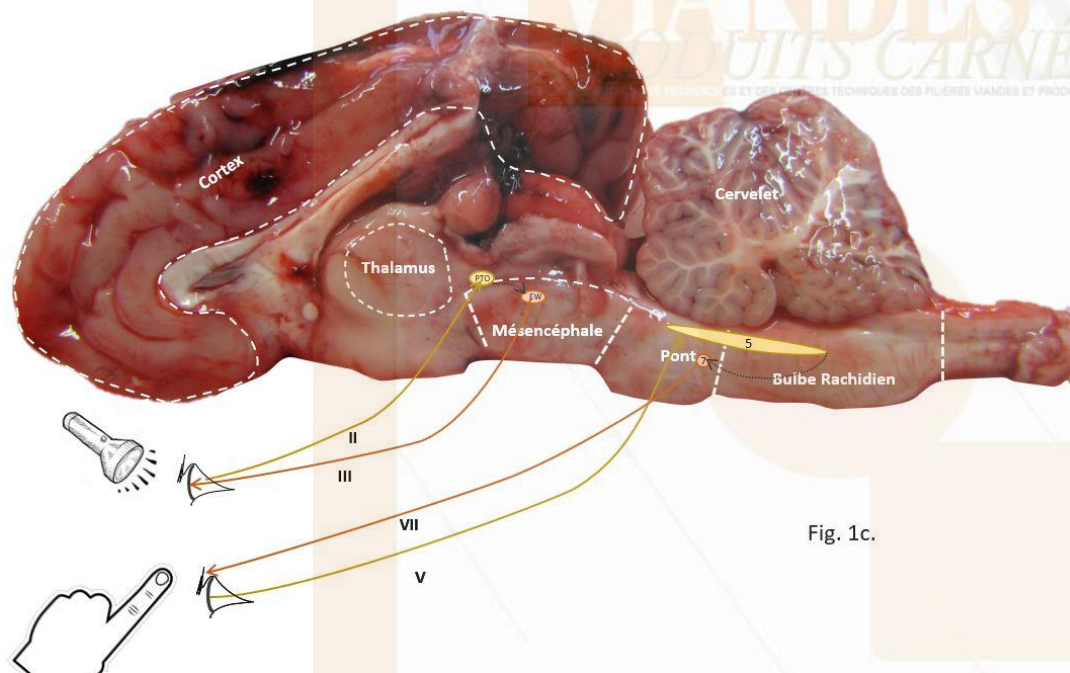
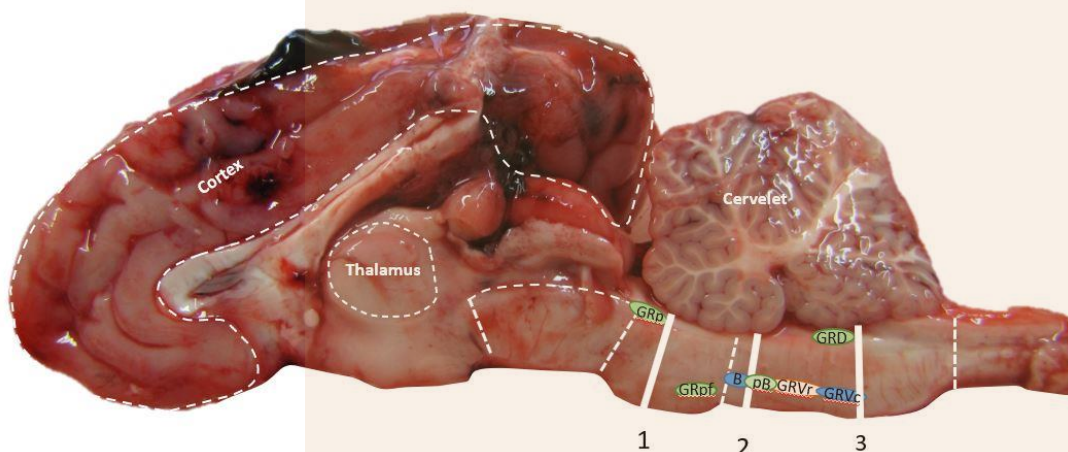


Fig. 1c.

1d Principaux noyaux nerveux impliqués dans la respiration (Smith *et al.*, 2013) : GRp (groupe respiratoire pontin en charge de la transition de phase inspiratoire-expiratoire), GRpf (groupe respiratoire parafacial, en charge de la détection chimique de l'équilibre des gaz du sang), B (complexe de Bötzing : expiration), pB (complexe pré-Bötzing : générateur de rythme et probable générateur de gasps ; Lieske *et al.*, 2000), GRVr (groupe respiratoire ventral rostral : inspiration), GRVc (groupe respiratoire ventral caudal : expiration), GRD (groupe respiratoire dorsal, intègre des informations sensorielles liées à la respiration). Les couleurs orange, bleue et verte indiquent les fonctions inspiratoires, expiratoires et intégratives (informations sensorielles et/ou transition). Certains noyaux impliqués dans l'inspiration ou la transition, sont également impliqués dans l'intégration des informations sensorielles (Nattie *et al.*, 2012).

Une transection expérimentale au niveau 1 ou rostrale par rapport au niveau 1 n'influence pas la respiration. Une transection entre 1 et 2 mène à une respiration lente mais régulière avec un maintien soutenu de la respiration au moment de l'inspiration maximale. Le pB est à la fois nécessaire et suffisant pour la respiration spontanée. Par conséquent, une transection entre 2 et 3 résulte en une respiration irrégulière et anormale et un halètement conduisant finalement à un arrêt respiratoire. Une transection entre 3 et la troisième vertèbre cervicale provoque un arrêt respiratoire immédiat, sans provoquer l'inconscience de l'animal.

Reproduite avec la permission de CAB International (Terlouw *et al.*, 2020).



II. L'EVALUATION DE L'INCONSCIENCE : LES INDICATEURS

Afin d'assurer l'inconscience de l'animal jusqu'à sa mort, il convient de contrôler l'ensemble des indicateurs listés ci-

dessous depuis l'étourdissement jusqu'à la fin de l'égouttage (Tableaux 1 et 2) :

Tableau 2. Interprétation des indicateurs de conscience et d'inconscience.

Les animaux présentant au moins un indicateur des deux premières catégories (Conscience et Risque de conscience ou de retour de conscience) doivent être immédiatement ré-étourdis.

Indicateur	Interprétation anatomique	Précisions concernant l'indicateur
Conscience		
Posture debout	Mésencéphale, pont et bulbe rachidien fonctionnels. Si certaines structures spécifiquement sont fonctionnelles (mésencéphale, pont et bulbe rachidien) alors que le thalamus et les régions environnantes sont endommagés, la posture debout est possible, bien que le degré de conscience de l'animal puisse être modifié (Fig. 1a, 2). Il est toutefois peu probable que cette situation se produise dans le contexte de l'abattage.	Etourdissement mécanique : A ne pas confondre avec une perte de posture qui semblerait incomplète, en raison du tonus musculaire dans les antérieurs ou les postérieurs.
Tentatives de redressement coordonnées de la tête ou du corps*	Mésencéphale, pont et bulbe rachidien fonctionnels.	Etourdissement électrique (ovins) : A ne pas confondre avec le port de tête désaxé fréquemment observé chez cette espèce.
		Etourdissement mécanique : A ne pas confondre avec la levée progressive de la tête et du cou observée quelques fois juste après l'effondrement de l'animal.
		Les simples mouvements de pédalages, de tête ou du corps non associés à un dos creux ne sont pas indicateurs de conscience.
Vocalisation spécifique à l'espèce	Mésencéphale fonctionnel.	A ne pas confondre avec une vibration des cordes vocales provoquée par le dernier souffle d'air s'évacuant des poumons.
Réponse au test de la menace	Le cortex, la rétine, le nerf optique et le système moteur du tronc cérébral sont suffisamment fonctionnels pour produire une réponse positive. Cet indicateur a toutefois été observé chez des patients inconscients dans un état végétatif (Blumenfeld, 2009).	A ne pas confondre avec un réflexe cornéen causé par le mouvement de l'air.
Risque de conscience ou de retour de conscience		
Tentatives de redressement de la tête ou du corps incomplet*	Circuits pertinents dans le mésencéphale, pont et bulbe rachidien fonctionnels (Fig. 1a).	Lorsqu'elles sont durables, elles indiquent un risque de conscience.
Poursuite oculaire	Circuits pertinents dans le mésencéphale et pont partiellement fonctionnels (Fig. 1b).	A ne pas confondre avec les réflexes d'orientation primitifs.
Clignement spontané répété	Circuits pertinents dans le mésencéphale, le pont, bulbe rachidien et la moelle épinière supérieure partiellement fonctionnels (Fig. 1b).	Etourdissement électrique : A ne pas confondre avec des clignements rapides ressemblant à des vibrations des paupières immédiatement après l'électroanesthésie.
Rotation du globe oculaire et/ou nystagmus**	Circuits pertinents dans le mésencéphale et pont partiellement altérés, créant un déséquilibre dans le système vestibulo-oculaire (Fig. 1b). Les dommages au cervelet peuvent également causer le nystagmus, sans lien avec l'état de conscience.	
Présence de réflexe cornéen	Circuit pertinent dans le pont et bulbe rachidien fonctionnel (Fig. 1c et 2).	
Présence de respiration rythmique	Circuit pertinent dans le pont et bulbe rachidien fonctionnel. (Fig. 1d et 2).	
Gasps	Circuit pertinent à la frontière du pont et du bulbe rachidien fonctionnel (Fig. 1d)	Etourdissement électrique, au gaz et sans étourdissement : Des gasps peuvent être observés une fois l'animal saigné et inconscient. Renforcer alors la surveillance. Etourdissement mécanique : ré-étourdissement immédiat
Inconscience ou mort		
Perte instantanée et permanente de la posture debout sans tentative de redressement *	Dommages au mésencéphale, au pont et/ou au bulbe rachidien. Des lésions ou altérations locales spécifiques du mésencéphale, du pont et/ou du cervelet peuvent entraîner une perte de la posture debout avec une préservation d'un certain niveau de conscience (Fig. 1d et 2).	La perte de posture debout n'est pas un indicateur prédictif de la durabilité de l'absence de conscience.
		Etourdissement mécanique : Une lésion de la moelle épinière ou de la moelle épinière supérieure, en plaçant le pistolet dans la nuque tout en l'orientant vers le sol provoque un effondrement immédiat alors que l'animal reste pleinement conscient (Fig. 2).
Absence de réflexe cornéen	Dommages au pont et/ou au bulbe rachidien.	Étourdissement électrique : - Peut être une fausse absence due à des contractions musculaires toniques ou cloniques. - Ce réflexe n'est pas testable pendant la phase tonique.
		Saignée sans étourdissement : - Peut être une fausse absence en raison de contractions musculaires oculaires (Fig. 1c ; Fig. 2). - Sa présence n'est pas un indicateur de conscience puisqu'il disparaît plus tardivement.
Absence de respiration rythmique	Dommages au bulbe rachidien (Fig. 1d et 2).	Etourdissement électrique : Peut être une fausse absence en raison de contractions musculaires perturbant les muscles respiratoires.
		Etourdissement mécanique : La section du bulbe rachidien ou de la moelle épinière supérieure, en plaçant le pistolet dans la nuque tout en l'orientant vers le bas, provoque un arrêt respiratoire alors que l'animal reste pleinement conscient.

* Les réflexes posturaux, y compris les redressements, maintiennent le corps dans une position verticale et équilibrée et permettent des ajustements constants. Un dysfonctionnement des circuits du tronc cérébral concernés provoque des perturbations de l'équilibre. **La rotation du globe oculaire, le nystagmus et certains autres signes cliniques observés après l'étourdissement mécanique peuvent indiquer des lésions limitées ou transitoires du tronc cérébral.

Figure 2. Zones impliquées dans la conscience et dans certains indicateurs clés de l'inconscience (posture debout, réflexe cornéen, respiration).

Conscience : des structures dans le mésencéphale et le pont, leurs voies vers le cortex et le cortex lui-même sont nécessaires pour que l'individu soit conscient (zone et flèches orange).

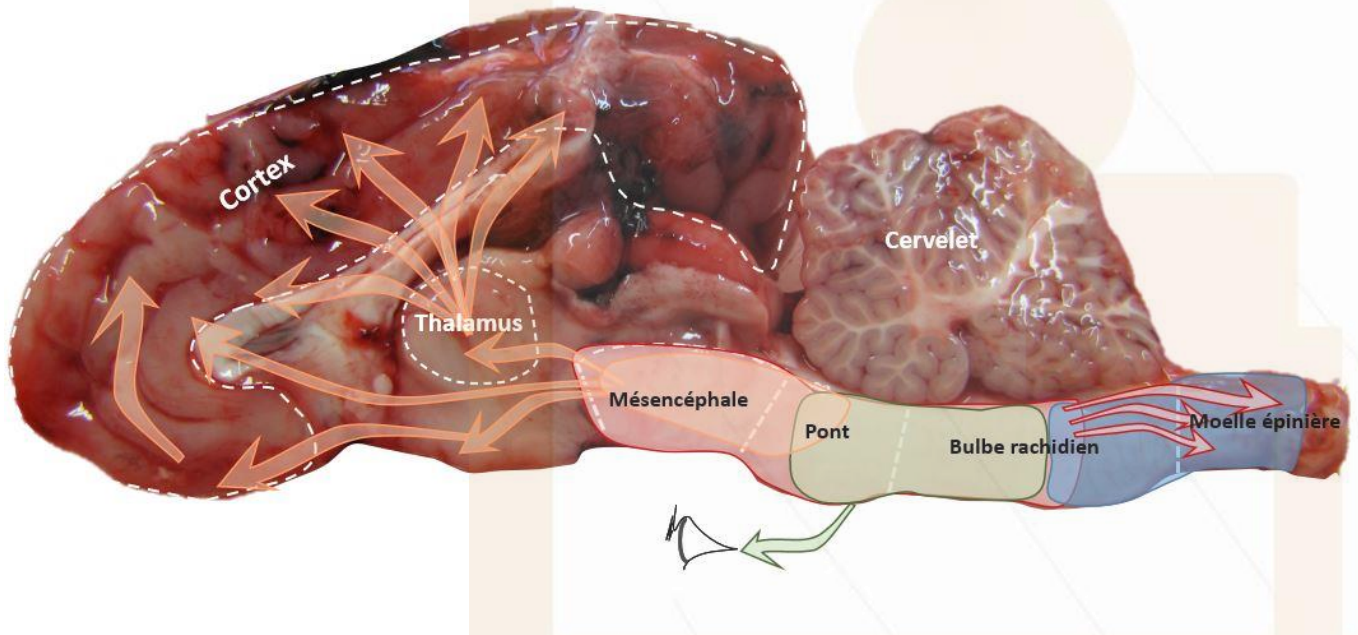
Indicateurs : des structures dans le mésencéphale, pont et bulbe rachidien et leurs voies vers la moelle épinière (zone et flèches rouges) permettent la posture debout. Un animal incapable de se tenir debout a un dysfonctionnement au niveau de cette zone ou des flèches rouges.

Un circuit dans le pont et dans la partie rostrale du bulbe rachidien contrôle le réflexe cornéen (zone verte). Un animal qui n'a plus de réflexe cornéen a une interruption dans ce circuit (zone et/ou flèches vertes).

Un réseau de structures dans le mésencéphale caudal, le pont et la partie rostrale du bulbe rachidien permet le cycle normal d'inspiration et d'expiration. Cette région correspond globalement à la région qui contrôle les réflexes oculaires (zone verte) ; de cette zone partent les voies nerveuses (elles se trouvent dans la zone bleue) vers la moelle épinière qui contrôlent les mouvements des muscles respiratoires. Une lésion dans la zone verte du pont modifie et ralentit la respiration ; une lésion plus caudale (zone bleue), arrête la respiration.

Ainsi, un animal qui suite à l'application d'une méthode d'étourdissement ne présente ni posture debout, ni réflexe cornéen, ni respiration, a des dysfonctionnements ou lésions dans les zones rouge, verte et bleue de l'image. Voir cependant les points de vigilance (encadré 1, point de vigilance 3).

On remarquera que les voies nerveuses vers le cortex (flèches orange) ont un rôle dans la conscience, et les voies nerveuses vers la moelle épinière permettent les mouvements du corps (flèches rouges) et la respiration (zone bleue).



II.1. Tige perforante

Après l'application de l'étourdissement mécanique, il convient d'observer :

- Le corps : perte de posture debout (encadré 2), absence de tentatives de redressement orienté ; absence de vocalisation.
- Les yeux (encadré 3) : absence de clignements spontanés des paupières ; absence de réflexe cornéen et/ou palpébral (et/ou ciliaire) ; absence de rotation des globes oculaires dans les orbites ; absence de nystagmus (mouvements saccadés et oscillatoires répétés du globe oculaire dans l'orbite de manière horizontale ou verticale).
- Les naseaux et le flanc : absence de respiration (y compris de signes de respiration anormale de type gasps ; Encadré 4). Dans le cas de l'étourdissement mécanique, la présence de mouvements respiratoires, quelle que soit leur forme, indique que les dommages provoqués par le tir n'ont pas atteint le

bulbe rachidien et donc que le tir n'a pas été suffisamment efficace.

Des mouvements de pattes et du corps peuvent être observés même si l'animal est correctement étourdi.

Point de vigilance 1 : Après un étourdissement mécanique, la présence ou le retour d'indicateur(s) de risque de conscience (une reprise de respiration au niveau du poste de saignée par exemple) peut indiquer un mauvais positionnement et/ou une mauvaise orientation du tir. Dans ce cas, il est possible que le tir soit placé 2 à 3 cm trop bas (Figure 3 dans Terlouw *et al.*, 2021 ; Gilliam *et al.*, 2012). Il peut également s'agir d'un problème de maintenance, de surchauffe du dispositif d'étourdissement, de la présence d'humidité dans les amorces ou d'une amorce insuffisamment puissante et parfois associée à une tige trop courte et/ou pas suffisamment rapide.

Encadré 2. La perte de la posture debout.

Le Noyau Rouge (Figure 1a) a des connexions avec la moelle épinière essentielles pour le maintien de la posture debout. Dans le cas du tir perforant, le tonus musculaire de l'animal couché dépend de l'endroit des dysfonctionnements : des lésions dans le mésencéphale et le pont provoquent une posture couchée caractéristique avec les pattes antérieures et postérieures étendues. Des lésions du bulbe rachidien ou dans les parties supérieures de la moelle épinière provoquent une perte du tonus musculaire.

Encadré 3. Le contrôle cérébral des yeux.

Chez les grands mammifères, des groupes de cellules dans le mésencéphale, le pont inférieur, le bulbe rachidien et la moelle cervicale supérieure contrôlent l'ouverture et la fermeture des paupières (Terlouw *et al.*, 2020).

Des groupes de cellules dans le mésencéphale reçoivent des informations du nerf optique et contrôlent les muscles impliqués dans la constriction pupillaire pour s'ajuster à la quantité de lumière qui tombe sur la rétine et dans l'accommodation du cristallin pour obtenir une image claire (Figures 1b, c).

Six muscles sont attachés aux globes oculaires pour permettre le mouvement ; des noyaux et des circuits dans le mésencéphale, le pont, la partie rostrale du bulbe rachidien et le cervelet sont impliqués dans le contrôle des mouvements des globes oculaires (Fig. 1b ; Bhidayasiri *et al.*, 2000 ; Purves *et al.*, 2008). Une lésion partielle des noyaux ou des circuits de connexion entraîne un déséquilibre du système, provoquant des mouvements oculaires incontrôlés (nyctagmus : lésions partielles dans le mésencéphale, pont, bulbe rachidien ou cervelet ; rotation oculaire : lésion partielle dans le pont ; Dhaliwal *et al.*, 2006 ; Pierrot-Deseilligny et Milea, 2005 ; Strup *et al.*, 2014).

II.2. Electronarcose à 2 ou 3 points

Il convient de bien distinguer les différentes périodes d'observation.

• **1ère période** : immédiatement après l'application du courant.

- Le corps : phase tonique d'au moins 10 s ; perte de posture ; absence de tentative de redressement orienté ; absence de vocalisation ;

- Les yeux, les naseaux et le flanc : Aucune évaluation possible jusqu'à la fin de la phase tonique.

• **2ème période** : à partir de la fin de la phase tonique jusqu'à la fin de la saignée.

- Le corps : absence de posture debout et de tentatives de redressement orienté, absence de vocalisation ;

- Les yeux : absence de clignements spontanés ; absence de rotation des globes oculaires ; absence de réflexe cornéen et/ou palpébral, ou ciliaire (entrouvrir l'œil si besoin) ;

- Les naseaux et les flancs : absence de respiration (y compris de signes de respiration anormale de type gasp – encadré 4). Comme il est parfois difficile sur le terrain de distinguer les gasps des mouvements de respiration effective (encadré 4), il est préconisé de procéder à un nouvel étourdissement lorsqu'on observe un mouvement de respiration quelle que soit sa forme. Quelques rares mouvements de respiration très espacés de type gasp peuvent toutefois apparaître à la fin ou même après la fin de la saignée. Ils ne traduisent pas un retour de conscience. Dans ce dernier cas, afin de s'assurer de l'efficacité de la saignée, il est nécessaire de vérifier à nouveau les autres indicateurs (absence de redressements, de réflexe cornéen et de respiration rythmique), et de procéder à un nouvel étourdissement le cas échéant. Les mouvements de respiration doivent rester exceptionnels ; dans le cas contraire, le process doit être davantage surveillé pour en comprendre la cause.

Encadré 4. Les gasps et les autres mouvements respiratoires

Les gasps sont des mouvements respiratoires profonds et espacés, associés à une ouverture de la gueule (comme un poisson qui serait hors de l'eau). Leur présence indique que certaines zones du bulbe rachidien possèdent encore une activité électrique (Figure 1d). Ce sont les dernières structures affectées par l'anoxie (manque d'oxygène) cérébrale (Encadré 5).

Les gasps sont des réflexes pour une ultime tentative de survie. Ils sont un facteur de risque car lorsqu'ils se poursuivent, dans certains contextes, ils peuvent signer une reprise de conscience.

A retenir, dans le cadre d'un étourdissement :

• L'absence de tout mouvement respiratoire depuis l'étourdissement jusqu'à la fin de la saignée montre que le process est optimisé.

• Après un étourdissement mécanique, l'absence de tout mouvement respiratoire indique que les dommages provoqués par le tir atteignent bien le bulbe rachidien.

• Pendant la première période qui suit un étourdissement électrique, l'animal doit être en phase tonique, ce qui est incompatible avec tout mouvement respiratoire.

Encadré 5. Perte des fonctions cérébrales après la saignée sans étourdissement

L'hémorragie engendre un manque de circulation sanguine, et par conséquent, un manque de substrats énergétiques, comme le glucose, et d'oxygène pour le cerveau. Les différentes structures cérébrales n'ont pas la même vulnérabilité à la perte de sang : par exemple, pendant une hémorragie massive, la circulation sanguine dans le tronc cérébral et le thalamus est mieux préservée que dans d'autres parties du cerveau (Mueller *et al.*, 1977). Comme la plupart des fonctions vitales, telles que la respiration et le maintien de l'homéostasie, sont sous le contrôle de centres situés dans le tronc cérébral, ces fonctions sont de fait préservées longtemps malgré la perte de sang, ce qui augmente les chances de survie.

Ce mécanisme peut expliquer la progression de la perte des fonctions dans le sens rostro-caudal (soit de l'avant vers l'arrière du cerveau) décrite lors de l'installation de la mort cérébrale (Wijdicks, 2001). De même, suite à la saignée en abattoir lors de l'abattage sans étourdissement, on observe en premier lieu une perte de conscience (non immédiate), probablement suite à un défaut d'irrigation du cortex, et ensuite la disparition du réflexe cornéen (Lambooy *et al.*, 2012 ; Verhoeven *et al.*, 2015).

II.3 Etourdissement au gaz

Après l'étourdissement au gaz, il convient d'observer :

- Le corps : Perte de posture debout, absence de tentatives de redressement orienté ; absence de vocalisation ;
- Les yeux : Absence de clignements spontanés des paupières ; absence de réflexe cornéen et/ou palpébral et/ou ciliaire ; absence de rotation des globes oculaires dans les orbites ; absence de nystagmus (mouvements saccadés et oscillatoires répétés du globe oculaire dans l'orbite de manière horizontale ou verticale) ; absence de réflexe pupillaire ;
- Le museau et le flanc : absence de respiration (y compris de signes de respiration anormale de type gasps – encadré 4). Comme il est parfois difficile sur le terrain de différencier les gasps des mouvements de respiration effective (encadré 4), il est préconisé de procéder à un nouvel étourdissement lorsqu'on observe un mouvement de respiration quelle que soit sa forme. Néanmoins, quelques rares mouvements de

II.4. Saignée sans étourdissement

Lors de la saignée sans étourdissement, il convient d'avoir différentes phases d'observation :

•**1ère phase d'observation** : libération de l'animal du système de contention possible lorsqu'on constate l'ensemble de ces indicateurs :

- Le corps : perte de posture debout et absence de tentatives de redressement orienté ;
- Les yeux : absence de clignements spontanés ; absence de mouvements des yeux ; absence de réaction à la menace ;
- Les naseaux et le flanc : rythme respiratoire fortement ralenti.

•**2ème phase d'observation** : hissage de l'animal possible lorsqu'on constate l'ensemble de ces indicateurs :

- Le corps : perte de posture debout et absence de tentatives de redressement orienté ;
- Les yeux : absence de clignements spontanés ; absence de mouvements des yeux ; absence de réaction à la menace. Absence

de respiration très espacés de type gasp peuvent toutefois apparaître tout à fait à la fin ou après la fin de la saignée qui ne traduisent pas un retour de conscience. Dans ce dernier cas, afin de s'assurer de l'efficacité de la saignée, il faut vérifier à nouveau les autres indicateurs (absence de redressements, de réflexe cornéen et de respiration rythmique) et procéder à un nouvel étourdissement le cas échéant. Les mouvements de respiration doivent rester exceptionnels ; dans le cas contraire, le processus doit être davantage surveillé pour en comprendre la cause.

Point de vigilance 4 : Après un étourdissement au gaz, les indicateurs de l'inconscience (Tableau 2) doivent être présents jusqu'à la fin de la saignée. Dans le cas contraire, la concentration du CO₂ et/ou la durée d'immersion peuvent être insuffisantes ou l'humidité dans la fosse peut être trop élevée. D'autres causes sont également possibles.

de réflexe cornéen, ciliaire ou palpébral si doute sur l'état d'inconscience de l'animal ;

- Les naseaux et le flanc : absence de mouvements respiratoires.

•**3ème phase d'observation** : entre le hissage et la fin de la saignée

- Le corps : absence de tentatives de redressement orienté
- Les yeux : absence de clignements spontanés ; absence de mouvements des yeux ; absence de réaction à la menace et/ou absence de réflexe cornéen dans la mesure du possible au regard de la sécurité des opérateurs ;
- Les naseaux et le flanc : absence de mouvements respiratoires.

Selon la technique d'étourdissement, ou dans le cas de la saignée sans étourdissement, d'autres indicateurs sont parfois utilisés. Ils sont cependant plus difficiles à mettre en œuvre et/ou à interpréter (Encadré 6).

Encadré 6. Autres indicateurs de conscience ou d'inconscience

L'absence de tonus musculaire de la langue et de la queue est indicatrice d'inconscience. La langue pendante de manière spontanée indique l'inconscience de l'animal. Par contre, l'absence de langue pendante est un indicateur peu discriminant : le phénomène n'est pas lié au délai de disparition du réflexe cornéen et son résultat dépend d'autres facteurs (Bourguet *et al.*, 2011 ; Gregory *et al.*, 2007). L'absence de résistance de la langue à la traction peut également être utilisée. La réalisation de ce geste entraîne cependant des risques pour l'opérateur et il est difficile de standardiser la méthode. En conclusion, lorsqu'après étourdissement les animaux présentent les signes d'inconscience du Tableau 2, la langue et la queue pendantes confirment un état d'inconscience durable. L'absence de ces deux signes relatifs à l'absence de tonus musculaire ne remet cependant pas en cause l'état d'inconscience et **ils ne doivent donc pas prévaloir sur les autres indicateurs.**

La réaction à un stimulus nociceptif : le principe est d'induire un stimulus douloureux sur le corps ou sur la tête de l'animal et d'observer la réaction de l'animal. Le retrait de la partie du corps stimulée est considéré comme une réaction positive, mais son interprétation est difficile car une réponse consciente liée à une douleur perçue est difficile à distinguer d'une réponse réflexe nociceptive qui implique la moelle épinière et non le cerveau et qui n'est pas un signe de conscience. Des bovins inconscients suite à l'étourdissement peuvent montrer cette réponse réflexe lors du coup de couteau par exemple. Elle persiste 3 minutes après l'arrêt de la respiration (Terlouw *et al.*, 2015c). L'autre difficulté est que la force, l'emplacement et / ou le type du stimulus nociceptif influencent la réponse. Ainsi, dans le contexte de l'abattage, certains stimuli nociceptifs peuvent ne pas être suffisamment puissants pour provoquer une réaction. Enfin, certains animaux, bien que conscients, peuvent également être physiquement incapables de réagir.

Pour une utilisation sur le terrain du test nociceptif, il faut retenir les points suivants :

- Une réaction prononcée à un stimulus nociceptif modéré, tel qu'un pincement, peut indiquer un maintien de la conscience de l'animal.
- La présence d'une réaction à un fort stimulus nociceptif peut impliquer une réponse réflexe et n'est pas nécessairement indicateur de la conscience.
- L'absence de réponse n'est pas un indicateur fiable de la perte de conscience.

Par conséquent, les réactions aux stimuli nociceptifs doivent être associées à d'autres indicateurs pour permettre leur interprétation.

Point de vigilance 5 : Les contentions de la tête et du corps préalables à la saignée sans étourdissement doivent être optimales. L'animal doit être bien contenu pour éviter tout risque de douleur lors de son retournement et permettre un bon geste de saignée. La pression ne doit cependant pas être excessive, et l'opérateur doit être alerté par la présence de vocalisations et/ou de débattements qui traduisent de la douleur (Bourguet *et al.*, 2011 ; Grandin *et al.*, 1998). Si le système et/ou le gabarit de l'animal ne permettent pas une contention optimale, l'animal doit être immédiatement étourdi. La vocalisation pendant la coupe n'est pas acceptable car elle est dans ce cas l'expression de douleur (Grandin *et al.*, 1998).

Point de vigilance 6 : Le cou doit être tendu afin de permettre une coupe franche des vaisseaux sanguins. Toutefois, en cas de tension excessive du cou, les vaisseaux sanguins peuvent se rétracter dans leur gaine de protection du fait de leur élasticité. Des caillots se forment alors en général assez rapidement empêchant un flux soutenu lors de l'exsanguination. Il est possible de refaire une coupe des vaisseaux pour enlever les caillots. Un léger relâchement de la mentonnière après la section des vaisseaux, tout en maintenant la contention de l'animal, permet d'alléger la compression des vaisseaux et donc un meilleur écoulement sanguin. Ce relâchement ne doit en aucun cas pouvoir

engendrer de contacts entre le système de contention et la plaie de saignée. Dans certains cas, il convient d'étourdir l'animal immédiatement lorsque ce problème apparaît. Dans tous les cas, il faut adapter les procédures pour éviter cette situation.

Point de vigilance 7 : Des facteurs autres que la section du nerf vague (Encadré 7) peuvent influencer la respiration pendant la saignée sans étourdissement. Plus particulièrement, si la respiration s'arrête avant la perte du réflexe cornéen, il est possible que des contraintes physiques aient empêché la respiration. Ainsi, il faut veiller à ce que le sang ne s'accumule pas dans la plaie au niveau de la trachée coupée, et que la peau ne recouvre pas la trachée. Pour cela, la coupe de la peau doit être suffisamment étendue.

De même, lors du retournement du bovin sur le dos, en raison de la compression de la cage thoracique, la respiration peut être au moins momentanément perturbée, voire coupée, dès le début de la saignée, sans lien avec la perte de conscience. Pour cette raison, il faut veiller à ce que le niveau du bassin du bovin ne soit pas au-dessus de celui des épaules.

Enfin, les structures du box rotatif, notamment au niveau de la trappe permettant le passage de la tête, peuvent appuyer sur la trachée et empêcher la respiration. Il faut positionner le box et adapter la procédure pour éviter toute compression de la trachée.

Encadré 7. L'évolution de la respiration après la section de la gorge dans le cas de l'abattage sans étourdissement.

On pourrait s'attendre à ce que la respiration soit modifiée seulement lorsque le pont du tronc cérébral n'est plus irrigué (Figure 1d), mais en réalité, elle est modifiée dès le début de la saignée. Ceci s'explique par la transection du nerf vague en même temps que la transection des vaisseaux et des autres tissus mous. Normalement, ce nerf vague informe le cerveau du volume d'air contenu dans les poumons ; en l'absence de cette information, c'est-à-dire lorsque ce nerf est coupé, l'inspiration est plus profonde et longue (Widdicombe, 1982). Des réactions de stress peuvent également contribuer à des modifications de respiration. La respiration s'arrête lorsque les structures du bulbe rachidien impliquées dans cette activité ne fonctionnent plus. On s'attend ainsi à ce que la respiration cesse totalement après la perte du réflexe cornéen (Figure 2, cf. Point de vigilance 7).

CONCLUSION

Dans un objectif de protection animale et de sécurité des opérateurs, il est conseillé d'appliquer une nouvelle procédure d'étourdissement dès lors que l'animal présente au moins un des signes de conscience ou de risque de conscience ou de retour à la conscience, ou qu'il ne présente pas les signes caractérisant l'inconscience. Les opérateurs doivent avoir la liberté de pratiquer un nouvel étourdissement au moindre doute. De ce fait, le taux de ré-étourdissement ne devrait pas être utilisé comme indicateur de la performance de l'étourdissement. Lors des contrôles internes ou externes de l'efficacité de l'étourdissement, une distinction doit être faite entre les indicateurs clairs de conscience (Tableau 2) traduisant un échec de l'étourdissement et ceux soulevant un doute et pour lesquels les liens avec un certain niveau de conscience ne sont qu'envisagés.

Enfin, la prise en compte des différents indicateurs en fonction de la méthode d'étourdissement utilisée et du

moment du contrôle doit être précisée dans les Modes Opératoires Normalisés (MON) des abattoirs, comme le dispose le Règlement CE n°1099/2009 du 24 septembre 2009 (Encadré 8).

Encadré 8. Les Modes Opératoires Normalisés.

Il est recommandé de transcrire les MON sous forme de procédures affichées au poste d'étourdissement afin de guider les opérateurs et de standardiser l'évaluation de l'inconscience. Les opérateurs doivent être formés de manière théorique mais aussi pratique à l'utilisation de ces procédures. Dans les MON, il faut également indiquer qu'en cas de signe de retour de conscience, outre un ré-étourdissement immédiat, il convient d'inspecter sans délai tout le processus en amont afin d'en identifier les causes et d'y remédier.

Remerciements

Nous remercions tous les abattoirs qui nous ont accueillis. Les échanges avec le personnel interne et externe sont un enrichissement pour nos réflexions scientifiques et techniques ; leur volonté de progresser, une source de motivation. Nous remercions également les deux relecteurs anonymes pour leur relecture détaillée et pour les suggestions pertinentes sur le texte.

Références :

- Bhidayasiri R., Plant G.T., Leigh R.J. (2000). A hypothetical scheme for the brainstem control of vertical gaze. *Neurology*, 54(10), 1985-1993.
- Blumenfeld, H. (2009) The Neurological Examination of Consciousness. In *The Neurology of Consciousness*, Laureys, S., Tononi, G., Eds. Academic Press: San Diego, 2009; pp. 15-30.
- Bourguet C., Deiss, V., Cohen-Tannugi C., Terlouw E.M.C. (2011). Behavioural and physiological reactions of cattle in a commercial abattoir: Relationships with organisational aspects of the abattoir and animal characteristics. *Meat Science*, 88(1), 158-168.
- Davidson C.M., Pappas B.A., Stevens W.D., Fortin T., Bennett S.A. (2000). Chronic cerebral hypoperfusion: loss of pupillary reflex, visual impairment and retinal neurodegeneration. *Brain Research*, 859(1), 96-103.
- Dhaliwal, A.; West, A.L.; Trobe, J.D.; Musch, D.C. Third, fourth, and sixth cranial nerve palsies following closed head injury. *Journal of neuro-ophthalmology: the official journal of the North American Neuro-Ophthalmology Society* 2006, 26, 4-10.
- Gilliam J.N., Shearer J.K., Woods J., Hill J., Reynolds J., Taylor J.D., Bahr R.J., Crochik S., Snider T.A. (2012). Captive-bolt euthanasia of cattle: determination of optimal-shot placement and evaluation of the Cash Special Euthanizer Kit ® for euthanasia of cattle. *Animal Welfare*, 21(1), 99-102.
- Grandin, T. (1998). The feasibility of using vocalization scoring as an indicator of poor welfare during cattle slaughter. *Applied Animal Behaviour Science* 1998, 56, 121-128.
- Gregory N.G., Lee, C.J., Widdicombe J.P. (2007). Depth of concussion in cattle shot by penetrating captive bolt. *Meat Science*, 77(4), 499-503.
- Kozicz T., Bittencourt J.C., May P.J., Reiner A., Gamlin P.D., Palkovits M., Horn A.K.E., Toledo C.A.B., Ryabinin A.E. (2011). The Edinger-Westphal nucleus: a historical, structural, and functional perspective on a dichotomous terminology. *Journal of Comparative Neurology*, 519(8), 1413-1434.
- Lambooij E., van der Werf J.T.N., Reimert H.G.M., Hindle V.A. (2012). Restraining and neck cutting or stunning and neck cutting of veal calves. *Meat Science*, 91(1), 22-28.
- Lieske S.P., Thoby-Brisson M., Telgkamp P., Ramirez J.M. (2000). Reconfiguration of the neural network controlling multiple breathing patterns: eupnea, sighs and gasps. *Nature Neuroscience*, 3(6), 600-607.
- Magnus R. (1925). Croonian Lecture. —Animal posture. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Containing Papers of a Biological Character*, 98(690), 339-353.
- Magnus R. (1926). Some results of studies in the physiology of posture. *Lancet*, 211(ii), 531-536.
- Mueller S.M., Heistad D.D., Marcus M.L. (1977). Total and regional cerebral blood flow during hypotension, hypertension, and hypocapnia. Effect of sympathetic denervation in dogs. *Circulation research*, 41(3), 350-356.
- Nattie E., Li A. (2012). Central chemoreceptors: locations and functions. *Comprehensive Physiology*, 2(1), 221-254.
- Ongerboer de Visser B.W., Moffie D. (1979). Effects of brain-stem and thalamic lesions on the corneal reflex: an electrophysiological and anatomical study. *Brain*, 102(3), 595-608.
- Pierrot-Deseilligny, C.; Milea, D. Vertical nystagmus: clinical facts and hypotheses. *Brain* 2005, 128, 1237-1246.
- Purves D. (2008). *Neuroscience* (4th ed.). Sunderland, Mass.: Sinauer Associates, Publishers.
- Smith J.C., Abdala A.P.L., Borgmann A., Rybak I.A., Paton J.F.R. (2013). Brainstem respiratory networks: building blocks and microcircuits. *Trends in Neurosciences*, 36(3), 152-162.
- Strupp, M.; Kremmyda, O.; Adamczyk, C.; Bottcher, N.; Muth, C.; Yip, C.W.; Bremova, T. Central ocular motor disorders, including gaze palsy and nystagmus. *Journal of Neurology* 2014, 261 Suppl 2, S542-558,
- Terlouw, C., Ducreux, B., Bourguet, C. (2021). Abattage avec et sans étourdissement : conscience et induction de l'inconscience. *Viandes et Produits Carnés*, VPC-2021-37-2-5.
- Velarde A., Ruiz-de-la-Torre J.L., Roselló C., Fàbrega E., Diestre A., Manteca X. (2002). Assessment of Return to Consciousness After Electrical Stunning in Lambs. *Animal Welfare*, 11(3), 333-341.
- Velarde A., Ruiz-de-la-Torre J.L., Stub C., Diestre A., Manteca X. (2000). Factors affecting the effectiveness of head-only electrical stunning in sheep. *Veterinary Record*, 147(2), 40-43.
- Verhoeven M.T.W., Gerritzen M.A., Kluivers-Poodt M., Hellebrekers L.J., Kemp B. (2015). Validation of behavioural indicators used to assess unconsciousness in sheep. *Research in Veterinary Science*, 101, 144-153.
- Widdicombe J. G. (1982). Pulmonary and respiratory tract receptors. *Journal of Experimental Biology*, 100, 41-57.