



anses

Surveillance des bonnes pratiques d'étourdissement des bovins en abattoir

Protocoles d'échantillonnage

Avis révisé de l'Anses
Rapport révisé
d'expertise collective

Mars 2021

Le directeur général

Maisons-Alfort, le 18 mars 2021

AVIS du 29/07/2020 révisé* **de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail**

relatif à des « Protocoles d'échantillonnage pour la surveillance des bonnes pratiques d'étourdissement des bovins en abattoir »

*L'Anses met en œuvre une expertise scientifique indépendante et pluraliste.
L'Anses contribue principalement à assurer la sécurité sanitaire dans les domaines de l'environnement, du travail et de l'alimentation et à évaluer les risques sanitaires qu'ils peuvent comporter.
Elle contribue également à assurer d'une part la protection de la santé et du bien-être des animaux et de la santé des végétaux et d'autre part à l'évaluation des propriétés nutritionnelles des aliments.
Elle fournit aux autorités compétentes toutes les informations sur ces risques ainsi que l'expertise et l'appui scientifique technique nécessaires à l'élaboration des dispositions législatives et réglementaires et à la mise en œuvre des mesures de gestion du risque (article L.1313-1 du code de la santé publique).
Ses avis sont publiés sur son site internet.*

L'Anses s'est autosaisie le 3 juin 2015 pour la réalisation de l'expertise suivante : Procédures d'échantillonnage pour les contrôles conduits dans le cadre des bonnes pratiques de la protection des bovins en abattoir.

1. CONTEXTE ET OBJET DE LA SAISINE

1.1. Contexte français

Les auteurs des Guides de Bonnes Pratiques (GBP) pour la protection animale en abattoir ont la responsabilité de proposer des procédures de contrôles de ces bonnes pratiques dans leurs documents, ainsi que le précise le règlement 1099/2009/CE dans son article 5, point 1¹. Les avis

* : Annule et remplace l'avis du 29/07/2020. Les révisions apparaissent dans le tableau en Annexe 2 du présent avis révisé.

¹ Article 5. Point 1. « Les exploitants veillent à ce que les personnes chargées de l'étourdissement ou d'autres membres désignés du personnel procèdent à des contrôles réguliers pour s'assurer que les animaux ne présentent aucun signe de conscience ou de sensibilité pendant la période comprise entre la fin de l'étourdissement et la mort.

et rapports émis par l'Anses sur l'expertise de trois premiers projets de GBP pour la protection animale en abattoir soulignent que les procédures d'échantillonnage assurant un contrôle de second niveau des bonnes pratiques mises en œuvre lors des contrôles, sont un élément essentiel pour garantir leur application au sein de l'abattoir (Anses, 2012 ; Anses, 2013a ; Anses, 2013b). Cependant, ces procédures de contrôle ont été jusqu'alors peu ou insuffisamment formalisées dans les différents documents produits par les professionnels. Dans ce cadre, l'Anses s'est autosaisie le 3 juin 2015 pour mener une réflexion méthodologique sur l'échantillonnage à l'abattoir, pour le contrôle de la mise en œuvre des bonnes pratiques pour la protection animale au moment de leur mise à mort, en approfondissant l'expertise relative aux méthodes d'échantillonnage existant dans d'autres domaines. Ce travail est nécessaire pour toutes les catégories d'animaux, un précédent avis (2015-SA-0087) a été émis pour les porcs charcutiers (PC), le présent avis concerne les bovins de plus de huit mois.

1.2. Champs d'application de l'expertise

Les experts rappellent que la question posée a trait exclusivement aux processus d'abattage incluant une étape d'étourdissement, en vue de faire progresser l'efficacité de cette étape, selon la réglementation en vigueur. Le déroulement de l'expertise a conduit l'unanimité du CES à souligner les difficultés inhérentes à la coexistence de processus avec et sans étourdissement, ainsi que le permet la dérogation prévue dans le règlement 1099/2009/CE. Ces difficultés sont éprouvées tant par les opérateurs chargés de la mise à mort que par les acteurs du contrôle et sont d'ordre éthique et de morale personnelle. Pour ces raisons et bien que l'abattage sans étourdissement soit en dehors de la question de l'auto-saisine, un expert du CES a considéré, malgré son accord sur les travaux scientifiques menés, la conclusion et les recommandations qui en sont issues, qu'il s'abstenait d'en adopter les termes.

La présente expertise concerne donc la protection des bovins au moment de leur mise à mort après étourdissement. L'étape du processus d'abattage concernée se situe donc **entre le tir pour étourdir et le début de l'habillage**. La méthode d'échantillonnage et la surveillance des bonnes pratiques de protection animale par échantillonnage sont mises en œuvre par le RPA (Responsable de la protection animale en abattoir) et s'appuient sur l'évaluation de l'état de conscience des animaux.

Les contrôles du suivi de l'efficacité de l'étourdissement des animaux doivent être :

- systématiques, sur chaque bovin, par les opérateurs qui interviennent sur les animaux (contrôles de 1^{er} niveau) ;
- par échantillonnage, par les RPA, lorsque la population d'échantillonnage est suffisante pour permettre sa réalisation. Le RPA doit assurer une traçabilité des contrôles (contrôles de 2nd niveau) ;
- lorsque la population est insuffisante pour pouvoir échantillonner, le RPA doit assurer une traçabilité des contrôles de second niveau, par une procédure adaptée.

Le rapport associé à cet avis propose une méthode d'échantillonnage pour la réalisation des contrôles de second niveau. Il ne décrit pas de méthode de contrôle de second niveau lorsque l'échantillonnage ne peut pas être mis en place (cf. 3.4.3 « Protocole d'échantillonnage proposé », paragraphe « Situations de non applicabilité du protocole » du présent avis).

Ces contrôles sont effectués sur un échantillon d'animaux suffisamment représentatif et leur fréquence est déterminée en fonction du résultat des contrôles précédents et de tout facteur susceptible d'influer sur l'efficacité du processus d'étourdissement.

Lorsqu'il ressort de ces contrôles que l'animal n'a pas été étourdi correctement, la personne chargée de l'étourdissement prend immédiatement les mesures appropriées comme indiqué dans les modes opératoires normalisés établis conformément à l'article 6, paragraphe 2. »

L'objectif de ce travail est de déterminer une méthode d'échantillonnage permettant de s'assurer que les bovins abattus ne présentent pas une proportion d'animaux conscients, après application du procédé d'étourdissement, supérieure à un seuil fixé par le gestionnaire² (appelé taux de prévalence limite, TPL).

Les résultats et les conditions de réalisation des contrôles par le RPA (par exemple, enregistrements faits par les opérateurs, enregistrement des indicateurs de fonctionnement des appareils d'étourdissement, interventions sur les appareils, utilisation de plusieurs cartouches, etc.) constitueront un outil de suivi des bonnes pratiques de protection des animaux.

Ces contrôles nécessitent des ressources en temps et en personnel. Le champ de ce rapport va donc au-delà de la simple prise en compte de règles statistiques et considère l'organisation de l'abattoir.

Les différentes étapes qui ont été nécessaires pour mener à bien cette expertise sont résumées dans la Figure 1 ci-après.

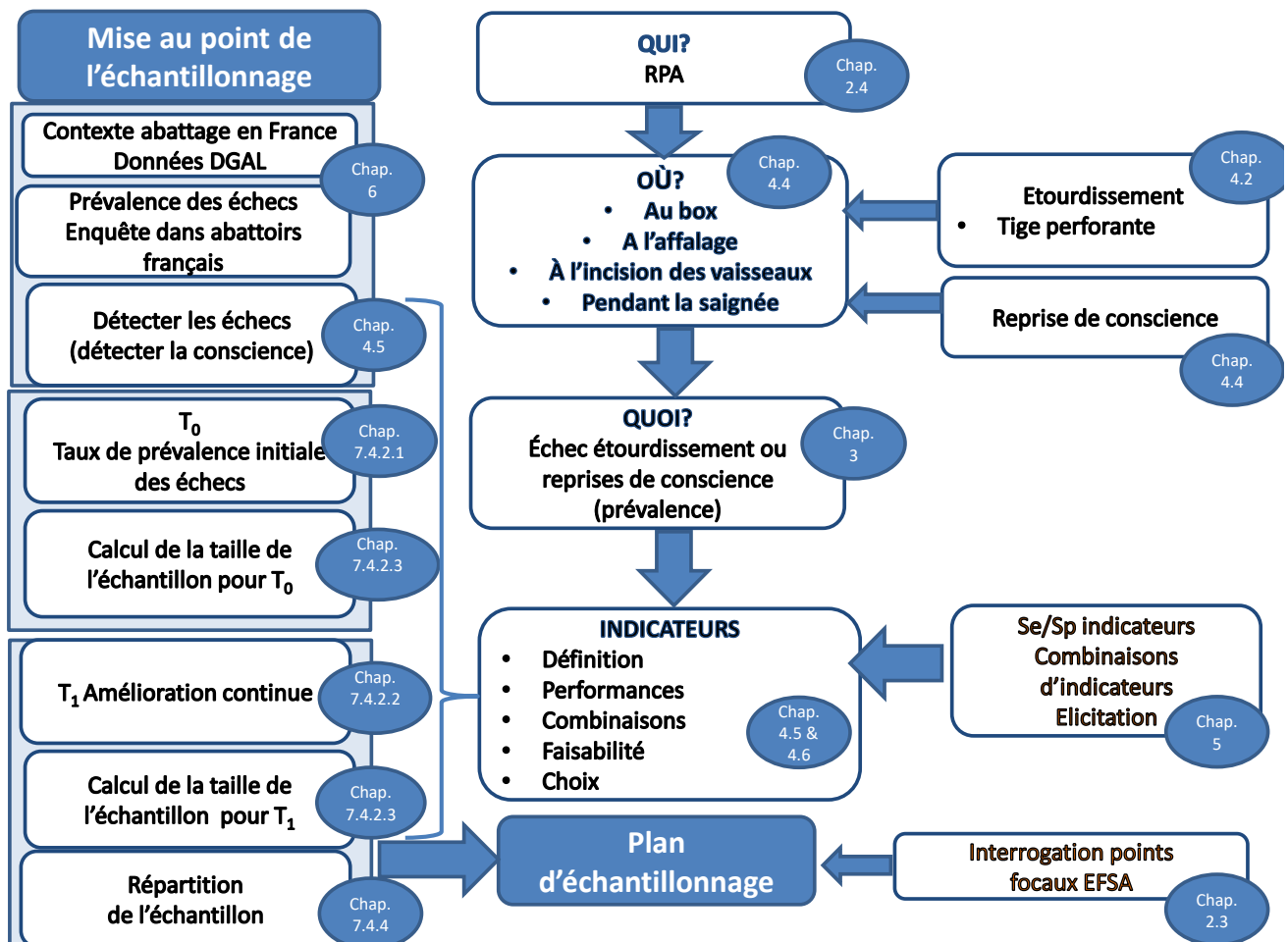


Figure 1 : Schéma conceptuel du travail d'expertise (les numéros dans les bulles se réfèrent aux chapitres du rapport d'expertise collective)

2. ORGANISATION DE L'EXPERTISE

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – Prescriptions générales de compétence pour une expertise (Mai 2003) ».

² Gestionnaire : membre des services de l'Etat. A la date de rédaction de cet avis il n'y a pas de seuil fixé en France.

L'expertise relève du domaine de compétences du comité d'experts spécialisé Santé et bien-être des animaux (CES SABA). L'Anses a confié l'expertise au groupe de travail « Méthodes d'échantillonnage dans le cadre des GBP de protection animale en abattoirs » (GT Echantillonnage) créé le 6 mai 2015. Les travaux ont été présentés au CES SABA tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques les 13/11/18 ; 16/04/19 ; 03/07/19 ; 08/10/19. Ils ont été adoptés par le CES « SABA » réuni le 10 décembre 2019.

Un groupe de travail « Elicitation bovins » a également été créé le 5 décembre 2016 afin de mener à bien une élicitation des connaissances d'experts, selon la méthode Sheffield (O'Hagan (2006) ; EFSA³ (2014)) visant à fournir des données sur la sensibilité⁴ et spécificité⁵ des indicateurs de conscience, indispensables à l'expertise de ce dossier. Ce travail d'élicitation fait l'objet de l'Annexe 7 du rapport d'expertise collective associé. Le GT Echantillonnage s'est réuni 12 fois spécifiquement pour la filière bovine. Il a également été convié à chaque réunion du GT « Elicitation bovins » (trois réunions).

L'Anses analyse les liens d'intérêts déclarés par les experts avant leur nomination et tout au long des travaux, afin d'éviter les risques de conflits d'intérêts au regard des points traités dans le cadre de l'expertise.

Les déclarations d'intérêts des experts sont publiées sur le site internet de l'Anses (www.anses.fr).

3. ANALYSE ET CONCLUSIONS

3.1. Contexte de l'abattage des bovins en France

Un panorama général de l'abattage des bovins en France a été dressé, afin d'établir des scénarios de protocoles d'échantillonnage en lien avec les pratiques de terrain. La taille et l'homogénéité de la population cible sont deux paramètres déterminants pour pouvoir mettre en œuvre un échantillonnage. Le nombre d'animaux abattus par jour et le type de production sont des données indispensables à prendre en considération pour le choix d'un scénario d'échantillonnage. Les grosses unités d'abattage possèdent des chaînes dont la cadence peut atteindre jusqu'à 60 voire 70 bovins abattus par heure. Les abattoirs français ont une répartition très régionalisée et des tailles variées, allant de très grosses implantations spécialisées dans l'abattage des bovins à des établissements de petite taille. Ces petites structures sont généralement pluri-espèces, leurs activités sont très variables d'un jour à l'autre, voire saisonnières.

Les données d'abattage de bovins en France pour l'année 2017 proviennent de 213 établissements pour 4 640 082 animaux abattus. Au total 3 401 437 bovins de plus de huit mois ont été abattus en 2017

Les bovins de moins de huit mois (correspondant à 1 238 645 animaux abattus en 2017) n'ont pas été pris en compte dans la suite de l'expertise, ils forment une autre catégorie qui nécessite son propre protocole d'échantillonnage (méthodes d'étourdissement, contention et indicateurs différents des bovins de plus de huit mois). Lorsque la population cible pour le protocole d'échantillonnage a été définie, le GT « Echantillonnage » s'est accordé sur le fait de considérer une catégorie de bovins « standard » comprenant tous les bovins sauf : les veaux, les taureaux, les bovidés dangereux et ceux hors gabarit. Les animaux inhabituels par leur comportement, leur gabarit, leurs cornes etc. suivent une procédure particulière, propre à chaque abattoir.

La classification par taille des abattoirs traitant des bovins de plus de huit mois proposée par le GT porte ainsi sur 213 établissements pour un abattage annuel de 3 401 437 bovins. Parmi ces 213 établissements et pour des abattages mensuels variant de 0 à 16 000 animaux par abattoir, sont distingués :

³ <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2014.3734/epdf>

⁴ Sensibilité d'un indicateur : probabilité de présence de l'indicateur sachant que l'animal est conscient.

⁵ Spécificité d'un indicateur : probabilité d'absence de l'indicateur sachant que l'animal est inconscient.

- 48 abattoirs abattant en moyenne moins de 100 bovins par mois (correspondant à 20 724 animaux abattus par an). Dans ces abattoirs le nombre maximum d'animaux abattus par mois est de 150.
- 104 abattoirs abattant en moyenne entre 101 et 1 000 bovins par mois (correspondant à 408 821 animaux abattus par an). Dans ces abattoirs le nombre maximum d'animaux abattus par mois est de 1 400.
- 56 abattoirs abattant en moyenne entre 1 001 et 9 000 bovins par mois (correspondant à 2 307 623 animaux abattus par an). Dans ces abattoirs le nombre maximum d'animaux abattus par mois est de 9 000.
- cinq abattoirs abattant en moyenne plus de 10 000 bovins par mois (correspondant à 664 269 animaux abattus par an). Dans ces abattoirs le nombre maximum d'animaux abattus par an est de 16 000.

Les experts soulignent la grande diversité dans les capacités des établissements d'abattage de bovins qui impacte la réalisation des contrôles de second niveau par échantillonnage.

Les bovins abattus en France sont caractérisés par l'hétérogénéité de leurs origines en particulier du fait de leurs âges, races et systèmes d'élevage. Il n'est donc pas possible comme dans le cas des porcs charcutiers, de baser l'échantillonnage sur la notion de lots homogènes qui proviendraient d'une seule exploitation. Ces spécificités de l'abattage des bovins ont amené le GT à proposer des stratégies d'échantillonnage basées sur une période de fonctionnement de l'abattoir allant de la journée au mois, en fonction de l'objectif poursuivi en termes de niveau de prévalence d'échecs à l'étourdissement à détecter et de l'activité de l'établissement.

3.2. Données d'échecs à l'étourdissement en abattoirs de bovins

Un recueil de données a été mis en œuvre par le GT en 2015, dans quatre abattoirs. Sa description, les données obtenues et leur analyse descriptive sont consultables en Annexe 4 du rapport associé au présent Avis. Les résultats obtenus tiennent compte d'une diversité de situations mais ne sont pas représentatifs de l'ensemble des abattoirs français. La recherche d'indicateurs de conscience a été conduite sur un total de 361 bovins. Sur l'échantillon observé, le taux de prévalence moyen des échecs à l'étourdissement après le premier tir a été de 8,03 % (29/361 bovins présentant au moins un indicateur de conscience après le 1^{er} tir; IC 95 % = 5,45 - 11,33 %). Les experts soulignent la valeur élevée de la prévalence d'échecs obtenue lors de cette enquête conduite sur un nombre restreint d'abattoirs. Ce recueil de données a toutefois permis de donner un ordre de grandeur du taux de prévalence des échecs à l'étourdissement **après le premier tir** en abattoir de bovins, dans des conditions françaises d'abattage. Ces résultats ont constitué le point de départ pour la définition de scénarios plausibles pour établir le protocole d'échantillonnage en fonction du taux de prévalence d'échecs à l'étourdissement qu'il est souhaitable de détecter et la taille de la population abattue.

3.3. Principes généraux du contrôle par échantillonnage

L'objectif général de l'échantillonnage est de s'assurer que le taux de prévalence⁶ des échecs à l'étourdissement dans les conditions françaises d'abattage se situe en deçà d'un seuil (TPL⁷) fixé par le gestionnaire.

Les résultats obtenus à partir d'un échantillon aléatoire sont ensuite extrapolés à la population cible avec une marge d'incertitude. En effet, à condition de respecter certains principes de sélection de l'échantillon, l'échantillonnage permet d'estimer un taux de prévalence (dont

⁶ Taux de prévalence d'échec à l'étourdissement : pourcentage total d'échecs à l'étourdissement, dans le cadre de notre rapport, dans une population déterminée, au cours d'une période donnée.

⁷ Taux de prévalence limite : c'est le taux de prévalence le plus faible que la taille de l'échantillon permet de détecter avec un niveau de confiance de 95 %.

l'exactitude et la précision dépendent du mode de sélection et de la taille de l'échantillon) sans avoir à examiner toute la population.

Ce processus s'inscrit dans une démarche de progrès pour l'abattoir.

Le plan de contrôle par échantillonnage comprend deux séquences se succédant :

- (1) l'estimation initiale du taux de prévalence des échecs à l'étourdissement de l'abattoir (appelée Taux 0 : T_0) c'est-à-dire le taux de prévalence initial d'animaux conscients entre le poste d'étourdissement et la fin de la saignée. Ce T_0 servira de référence pour fixer les objectifs à atteindre selon un processus d'amélioration continue, faisant l'objet de l'étape suivante. Le passage à l'étape suivante est déterminé par la comparaison du T_0 obtenu à un seuil fixé (par exemple par le gestionnaire) ;
- (2) une fois le T_0 établi, la détection au plus tôt d'un écart à l'objectif fixé, c'est-à-dire le dépassement du taux de prévalence limite (TPL) d'échecs fixé comme seuil pour l'abattoir (seconde étape correspondant à l'établissement du Taux 1 : T_1) dans le cadre d'un processus d'amélioration continue.

Le protocole est à définir par catégorie d'animaux et par type d'abattoir (type d'étourdissement⁸ et capacité journalière), d'où la difficulté de définir un cadre général pour ce contrôle. L'échantillon doit être comparable à la population dont il est issu. La population d'échantillonnage⁹ doit s'étendre sur une période de fonctionnement de l'abattoir pendant laquelle le système d'étourdissement est supposé avoir une efficacité constante.

Compte tenu de ces éléments, le but visé par ce contrôle par échantillonnage est que l'abattoir puisse faire état de sa situation initiale T_0 et montrer qu'il a été capable, en fonction de ce résultat, de l'améliorer et rester en deçà d'un TPL (cf. Figure 2 ci-dessous). Dans le cadre de l'amélioration continue, le taux de prévalence d'échecs doit tendre vers zéro (0).

Pour établir un plan de contrôle par échantillonnage à l'abattoir visant à contrôler la bonne réalisation de l'étourdissement, devront être définis :

- la capacité de l'abattoir,
- les points d'observation pour la réalisation du contrôle,
- le taux de prévalence d'échecs de son établissement T_0 pour chaque point d'observation,
- le taux de prévalence limite (TPL) fixé par le gestionnaire pour chaque point d'observation,
- des indicateurs de conscience sensibles, spécifiques, faisables constituant le système de détection,
- les combinaisons d'indicateurs de conscience utilisables à chaque point d'observation,
- le taux de prévalence d'échecs (T_1) fixé comme objectif pour chaque point d'observation dans le cadre de l'amélioration continue,
- la taille de la population d'échantillonnage et de l'échantillon à observer,
- la répartition dans le temps des observations quotidiennes

Ces informations nécessaires pour établir le plan d'échantillonnage sont développées dans la suite de cet avis.

⁸ La technique d'étourdissement mécanique par tir frontal à l'aide d'un pistolet à tige perforante, qu'il soit pneumatique ou non, est la seule opérationnelle en France (cf. chapitre 4.2 du rapport associé).

⁹ Population d'échantillonnage : population d'animaux au sein de laquelle s'effectue la sélection de l'échantillon. La population d'échantillonnage peut, par exemple, correspondre à l'ensemble des bovins abattus sur une journée ou sur une semaine.

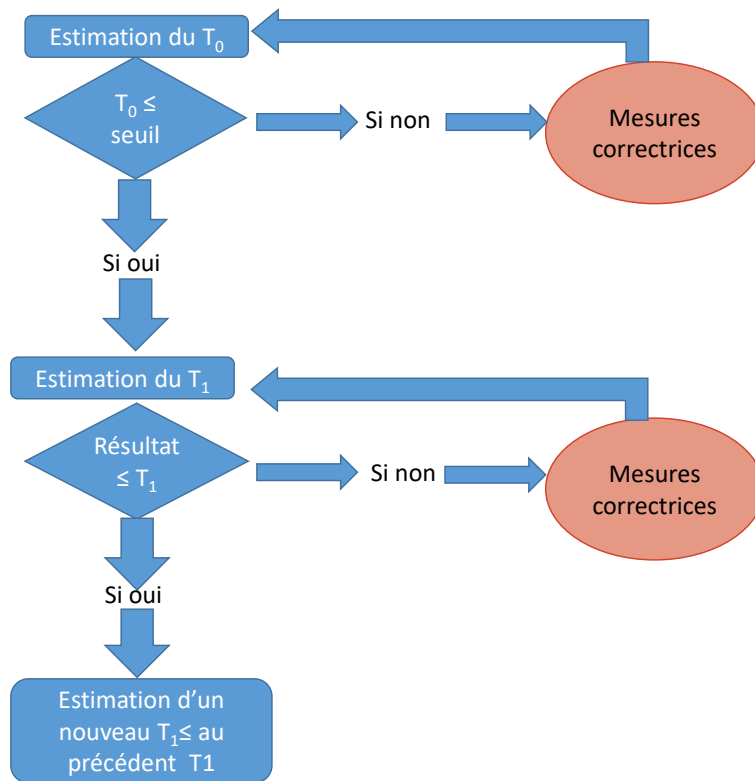


Figure 2 : Règles de décision du suivi par échantillonnage pour chaque point d'observation de la chaîne d'abattage

3.3.1. Différentes étapes et points d'observation du RPA sur la chaîne d'abattage

Sur les chaînes d'abattage de bovins, plusieurs étapes du processus doivent faire l'objet d'un contrôle de second niveau. Au regard de la protection animale, les experts proposent quatre points de contrôle de second niveau (cf. Figure 3 ci-après) :

- 1) Au box, après le premier tir ;
- 2) A l'affalage ;
- 3) Juste avant l'incision des vaisseaux ;
- 4) Pendant la saignée, de l'incision des vaisseaux jusqu'à la fin de la saignée.

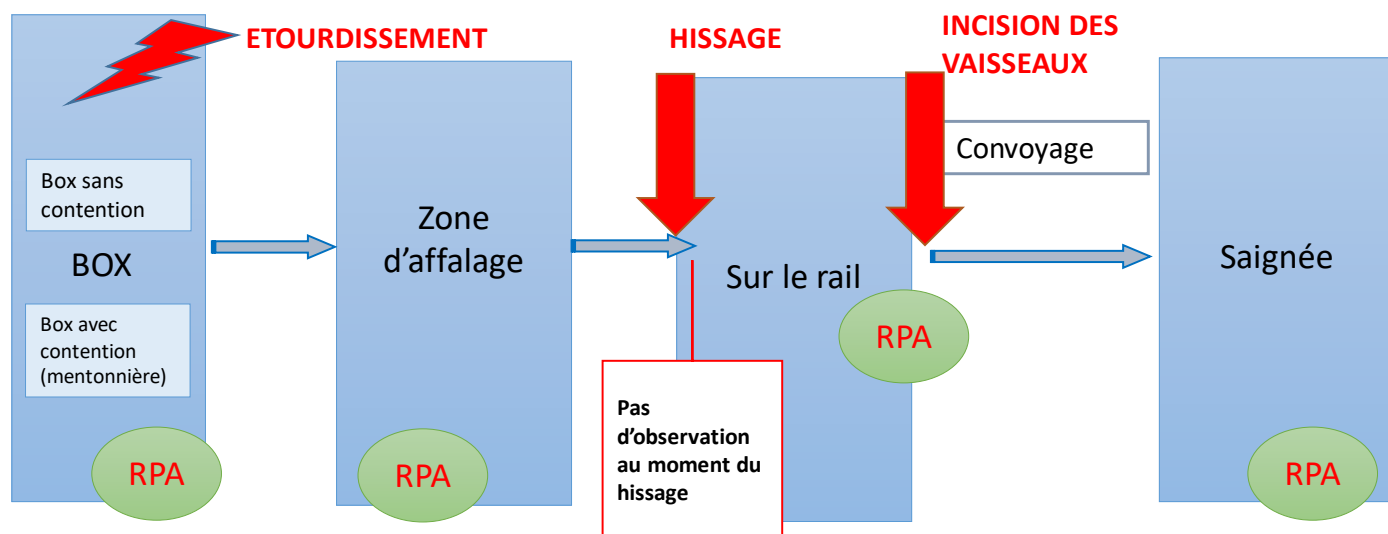


Figure 3 : Quatre points de contrôle de second niveau ont été identifiés sur la chaîne d'abattage

Ces points de contrôle permettent de repérer les animaux encore conscients (point de contrôle 1 et 2) ou les animaux reprenant conscience (point de contrôle 3 et 4). Ils permettent également de s'assurer de l'absence de vie avant le début de l'habillage (point de contrôle 4).

- Le box est le point initial dont dépend la réussite de l'étourdissement, d'où l'importance de son observation. L'efficacité du tir effectué au box conditionne en effet le bon déroulé de tout le reste des opérations d'abattage. Alors que l'étourdissement peut être totalement automatisé (en filière porcine par exemple), l'étourdissement de chaque bovin est réalisé manuellement par un opérateur, sans que sa tête soit systématiquement maintenue par une mentonnière. Même dans le cas du pistolet pneumatique permettant une standardisation plus importante, la présence d'un opérateur reste nécessaire pour placer ce pistolet sur la tête du bovin.
- L'affalage correspond au deuxième point d'observation, il permet de vérifier une combinaison plus complète d'indicateurs que celle qui peut être effectuée au box, en raison des contraintes physiques du box d'abattage.

Le contrôle par le RPA de ces deux points de la chaîne d'abattage devrait lui permettre de détecter les animaux encore conscients avant le hissage. Il convient de rappeler qu'en aucun cas un animal peut être hissé s'il présente un indicateur de conscience, ainsi que prescrit par le règlement 1099/2009/CE.

- Le troisième point d'observation correspond au moment situé juste avant l'incision des vaisseaux. Compte tenu des opérations effectuées en amont de ce point, les animaux devraient, à ce stade de la chaîne, être tous inconscients, ce qui correspond également à une prescription réglementaire 1099/2009/CE.
- La fin de la saignée est le dernier point des observations. Cette phase peut intervenir jusqu'à plusieurs minutes après le premier tir. Cette observation permet de s'assurer que l'animal est bien mort avant de procéder à l'habillage de la carcasse (prescription réglementaire 1099/2009/CE, article 5.1)¹⁰.

Le contrôle par le RPA de ces deux derniers points de la chaîne d'abattage devrait permettre d'identifier et d'expliquer et mettre en œuvre des actions correctrices pour les reprises de conscience. Des reprises de conscience sont en effet possibles, liées à un mauvais

¹⁰ Article 5.1 : « Les exploitants veillent à ce que les personnes chargées de l'étourdissement ou d'autres membres désignés du personnel procèdent à des contrôles réguliers pour s'assurer que les animaux ne présentent aucun signe de conscience ou de sensibilité pendant la période comprise entre la fin de l'étourdissement et la mort ».

étourdissement et/ou une mauvaise saignée. Du fait de caractéristiques anatomiques spécifiques (cf. circulation sanguine cérébrale para-vertébrale¹¹) et de l'intervalle de temps pouvant être long entre le premier tir et l'incision des vaisseaux, certains animaux peuvent reprendre conscience, après l'étourdissement et même après l'incision des vaisseaux, notamment si la saignée n'est pas efficace. Il est important de rappeler que tout au long de la chaîne d'abattage, tout animal présentant un indicateur de conscience doit faire l'objet d'une nouvelle application du procédé d'étourdissement, selon les prescriptions réglementaires.

3.3.2. Estimation du taux de prévalence initial d'échecs à l'étourdissement (T₀)

Dans cet avis et le rapport associé, le T₀ de chacun des quatre points d'observation de la chaîne par le RPA correspond au taux de prévalence initiale d'animaux présentant des indicateurs de conscience à cet endroit de la chaîne. Il est déterminé à chacun de ces quatre points de contrôle. Ce T₀ est assorti d'une certaine précision, directement dépendante du nombre d'animaux contenus dans l'échantillon. Le nombre d'animaux à observer est donc fonction de la précision souhaitée : meilleure sera la précision souhaitée, plus grande devra être la taille de l'échantillon. Le T₀ doit être estimé sur une période suffisante pour s'assurer de la représentativité de l'activité de l'abattoir sans aller au-delà d'une période d'un mois d'observation. Au-delà de cette période, les experts ont estimé qu'un nouvel échantillonnage pour établir un nouveau T₀ devait être effectué.

3.3.3. Suivi du taux de prévalence d'échecs à l'étourdissement en vue de son amélioration

Pour chacun des quatre points d'observation, le but, une fois le T₀ déterminé, consiste à vérifier, par un échantillonnage adapté, que le taux de prévalence d'échecs de l'abattoir ne dépasse pas un seuil T₁ d'échecs à l'étourdissement qui constitue l'objectif visé dans une optique d'amélioration. Les modalités de fixation de ce seuil devraient être définies par l'autorité compétente. D'une manière générale, le contrôle de second niveau par échantillonnage pour le suivi d'un T₁ doit tenir compte de plusieurs facteurs :

- le respect de l'objectif de protection animale tel que défini dans le règlement CE/1099/2009¹² (article 5) ;
- l'activité de l'abattoir : la probabilité d'observer un animal considéré conscient dans la population étant faible, la période d'observation doit être suffisamment longue pour atteindre une population de taille suffisante pour permettre un échantillonnage.
- la représentativité de la période au regard de la stabilité de l'efficacité du procédé d'étourdissement (maintenance, arrêt de chaîne, changements d'équipes...).

¹¹ Une particularité anatomique de l'irrigation du cerveau des bovins fait que la section, même complète des carotides et des jugulaires au niveau du cou, laisse intacte des artères et veines, dont principalement les vertébrales, qui participent à l'alimentation partielle de la base du cerveau. De plus, des caillots peuvent se former aux extrémités des carotides sectionnées. L'ensemble de ces phénomènes a pour conséquence de maintenir partiellement la pression sanguine dans le cerveau, permettant de maintenir un certain approvisionnement en oxygène et nutriments énergétiques, ce qui retarde la survenue de la perte totale d'activité du cerveau (Anses, 2013).

¹² Art 5 : Ces contrôles sont effectués sur un échantillon d'animaux suffisamment représentatif et leur fréquence est déterminée en fonction du résultat des contrôles précédents et de tout facteur susceptible d'influer sur l'efficacité du processus d'étourdissement.

3.4. Conception d'un plan de contrôle par échantillonnage des bonnes pratiques de protection des bovins en abattoir

3.4.1. Détection de la conscience en abattoir

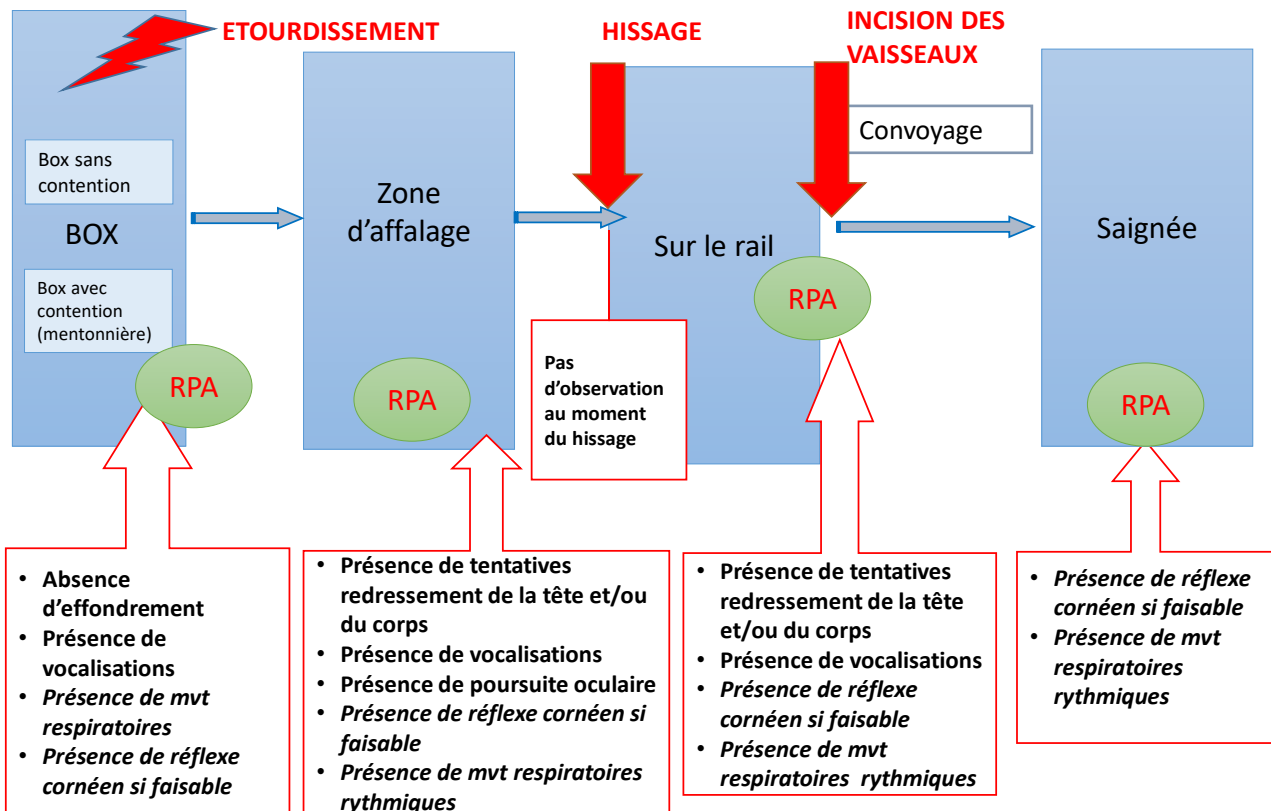
Pour l'espèce bovine, l'étourdissement est pratiqué majoritairement de façon manuelle en utilisant un pistolet à tige perforante. Les opérateurs, qui doivent s'assurer de l'absence de conscience de tous les animaux avant de pratiquer la saignée et durant la saignée (risque de reprise de conscience), doivent réappliquer la procédure en cas d'échec de l'étourdissement initial. Le RPA s'assure de l'absence d'indicateurs de conscience sur les animaux observés pour les quatre points d'observation de la chaîne d'abattage. Les indicateurs utilisables pour ce contrôle sont listés dans le Tableau en Annexe 1 du présent Avis. Il s'agit d'indicateurs « cliniques » associés de manière indirecte à l'état de conscience (Terlouw et al., 2016a, 2016b). Leur présence peut indiquer que la formation réticulée ou les cortex cérébraux sont toujours en état de fonctionnement et donc les animaux conscients ou supposés conscients. Certains de ces indicateurs indiquent avec une quasi-certitude un état de conscience, et d'autres font soupçonner un état de conscience (cf. Tableau 11). Ces indicateurs sont vérifiés à chaque point d'observation par le RPA. **Les indicateurs de conscience doivent tous être absents. La présence d'un seul doit amener à considérer l'animal comme conscient** même si cet indicateur n'indique qu'un état de conscience possible (cf. Tableau 1 ci-après).

Tableau 1 : Indicateurs retenus pour l'évaluation de la conscience à l'abattoir

Indicateurs associés à l'état de conscience	Etat de conscience	Interprétation à l'abattoir
Maintien de la posture debout Mouvements de redressement de la tête et/ou du corps à l'affalage Redressement de la tête et/ou du corps au hissage ou sur le rail Présence de vocalisations Présence de poursuite oculaire	certain	animal considéré conscient
Présence de mouvements respiratoires rythmiques Présence de clignements spontanés des yeux Présence de réflexes oculaires Présence de réflexe cornéen	possible	

Malgré cette distinction entre états de conscience certains et possibles et, compte tenu du caractère opérationnel attendu des résultats de l'expertise, il a été décidé que, quel que soit l'indicateur relevé, l'animal est considéré comme conscient.

La Figure 4 permet de visualiser le fait que le positionnement du RPA pour son contrôle de second niveau a des conséquences sur le choix des indicateurs utilisés pour détecter un animal conscient entre le poste d'étourdissement et le début de l'habillage.



Légende : dans les carrés rouges sont listés des indicateurs de conscience que le RPA peut utiliser aux endroits identifiés. Les indicateurs en italique nécessitent une intervention sur l'animal ou un temps d'observation plus long. Le moment du hissage n'est pas pertinent pour contrôler la conscience de l'animal, de par la dangerosité pour l'observateur et les mouvements réflexes provoqués par la manipulation

Figure 4 : Positionnement du RPA à chaque point de contrôle et indicateurs de conscience

Après analyse, certains des indicateurs de conscience proposés dans les deux rapports pris comme références (Anses, 2012¹³ ; EFSA, 2013¹⁴) n'ont pas été retenus notamment en raison de la dangerosité de leur mise en œuvre pour l'opérateur : **la réaction à la menace, le réflexe pupillaire, le tonus musculaire de la langue, la rotation des globes oculaires**. Une description des indicateurs et les choix qui ont été faits par le GT est disponible en Annexe 7 du rapport associé au présent Avis.

3.4.2. Sensibilité et spécificité des indicateurs de conscience

Chaque indicateur est caractérisé par sa sensibilité et sa spécificité qui déterminent les plans de contrôle par échantillonnage. Ces données de sensibilité et spécificité n'étaient pas disponibles pour les abattoirs français. Pour les obtenir, l'Anses a organisé une élicitation des connaissances d'experts selon une méthode formalisée : la méthode Sheffield décrite dans le rapport d'expertise collective associé (Chapitre 5 du rapport et en détails, Annexe 7 du rapport).

¹³ Anses (2012). Rapport d'étude de l'Anses relatif à l'évaluation du projet de Guide de bonnes pratiques de la protection des bovins en abattoir (saisine 2012-SA-0231). <https://www.anses.fr/fr/system/files/SANT2012sa0231Ra.pdf>.

¹⁴ EFSA (2013) Scientific Opinion on monitoring procedures at slaughterhouses for bovines. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2013.3460>

En pratique, à l'abattoir, le RPA utilise des combinaisons d'indicateurs, c'est-à-dire qu'il observe et/ou met en œuvre plusieurs indicateurs simultanément sur un même animal. Ainsi, à partir des données chiffrées obtenues lors de l'élicitation pour chaque indicateur, les performances des combinaisons d'indicateurs ont été calculées *a posteriori* à partir des performances individuelles des indicateurs, inclus dans chacune des combinaisons considérées comme faisables sur le terrain. La prise en compte de la faisabilité des combinaisons des indicateurs permet de proposer des chiffres au plus près de la réalité des abattoirs. A partir des valeurs chiffrées des performances des combinaisons d'indicateurs, la formule de Cannon proposée par le rapport de l'Efsa de 2013¹⁵ a permis le calcul des tailles d'échantillons pour chaque situation donnée. Cette formule ne tient compte que de la sensibilité des indicateurs mis en œuvre pour détecter la conscience d'un animal sans prendre en compte leur spécificité.

3.5. Plans de contrôle par échantillonnage

La méthode d'échantillonnage qui peut être utilisée dans le cadre de la surveillance de la mise en œuvre des bonnes pratiques de protection des animaux au moment de leur mise à mort, passe par la détermination du nombre d'animaux à sélectionner pour constituer un échantillon. L'application en ligne¹⁶ développée en accompagnement de cet Avis (et du rapport associé) permet d'obtenir, selon la situation de chaque abattoir, la taille de l'échantillon à prendre en compte pour chaque étape du plan d'échantillonnage.

3.5.1. Taille de la population d'échantillonnage et de l'échantillon

Le nombre d'individus à échantillonner pour estimer un taux de prévalence (T_0) dépend :

- du taux de prévalence apparente attendue des échecs à l'étourdissement dans la population ;
- de la précision du résultat souhaitée ;
- du niveau de confiance correspondant à la probabilité que la vraie valeur se situe dans l'intervalle de confiance.

Dans le cadre de cet avis, les valeurs suivantes ont été retenues :

- taux de prévalence apparente attendue : ici plusieurs valeurs illustratives inférieures ou égales à 4 % seront proposées ;
- précision souhaitée : à titre d'indication, la précision relative ne devrait pas dépasser 50 %. **Idéalement, elle devrait être fixée à 30 % ou moins.** Par exemple, si le taux de prévalence apparente attendue est de 5 % plus ou moins 2,5 % (soit 5 % [2,5 % - 7,5 %]), la précision absolue est de 2,5 % et la précision relative est de 2,5 / 5 soit 50 %.
- niveau de confiance : la valeur retenue est de 95 %.

¹⁵ <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2013.3460>

¹⁶ <https://shiny-public.anses.fr/Echbovins/>

- Taille de l'échantillon lors de l'établissement du T_0
 - si aucun animal de l'échantillon n'a été détecté conscient, cela signifie que le taux de prévalence attendu utilisé pour le calcul de la taille d'échantillon a été surestimé. **Il faut alors renouveler les observations sur un échantillon de taille plus grande, c'est-à-dire correspondant à une valeur plus faible de taux de prévalence d'échecs attendu.** Si l'on souhaite réaliser cette estimation par échantillonnage, il faudra adapter la taille de la population d'échantillonnage en tenant compte des recommandations des experts ci-après.
 - que le T_0 soit établi par échantillonnage ou en observant tous les animaux, **les experts recommandent que 100 animaux soient observés au minimum et sur une période d'un mois maximum.** Ainsi, dans ces conditions, si aucun animal n'est détecté conscient, le T_0 est inférieur à 1 %, sous réserve que l'échantillon soit représentatif de la population abattue. Dans le cas où la population abattue durant une période d'un mois est inférieure à 100 animaux, les experts recommandent d'augmenter la période d'observation pour atteindre 100 animaux.

- Taille de l'échantillon dans le cadre de l'atteinte de l'objectif T_1
 - la population d'échantillonnage doit être de taille suffisante pour qu'elle contienne au moins en moyenne un individu conscient que l'on cherchera à détecter dans l'échantillon. Si aucun animal de l'échantillon n'est considéré conscient, il est alors possible d'affirmer avec 95 % de certitude que le taux de prévalence des échecs à l'étourdissement dans la population est inférieur au T_1 fixé pour le plan d'échantillonnage.
 - En pratique, si le T_1 est faible ($\leq 1\%$), la taille de l'échantillon nécessaire pour détecter un échec est grande. La population d'échantillonnage peut alors être augmentée pour correspondre à la population abattue sur une ou plusieurs semaines successives (jusqu'à 1 mois maximum) d'activité de l'abattoir, afin que l'échantillonnage nécessaire puisse être réalisé. Dans ce cas, il conviendra de tenir compte des recommandations que les experts formulent ci-dessous.

Les experts recommandent que :

- la taille de l'échantillon ne dépasse pas 90 % de la population d'échantillonnage. Au-delà de cette fraction d'échantillonnage, un protocole par échantillonnage ne présente pas d'intérêt, toute la population doit être observée ;
- la taille de l'échantillon soit toujours supérieure à 5 % de la population d'échantillonnage pour assurer une surveillance minimale et continue. En outre, la population d'échantillonnage ne devra pas dépasser le nombre d'animaux abattus sur une période d'un mois quelles que soient les situations considérées et toujours sous la **condition que le procédé d'étourdissement soit constant sur la période considérée.**

Dans le cas où la population d'échantillonnage correspondrait au nombre d'animaux abattus durant plus d'une journée, les experts recommandent des observations quotidiennes devant être réparties aléatoirement sur deux périodes par jour.

3.5.2. Effets de différents paramètres sur la taille de l'échantillon dans le cas de l'atteinte du T₁

Combinaisons d'indicateurs

Si la situation le permet, l'abattoir peut ajouter des indicateurs à chaque combinaison proposée en vue d'améliorer la sensibilité globale du système tout en veillant à ne pas trop diminuer la spécificité de la combinaison. Une application en ligne¹⁷ (<https://shiny-public.anses.fr/Echbovins/>) permet d'obtenir le résultat de la sensibilité globale de toute combinaison des indicateurs retenus par le GT.

Taux d'échecs maximum proposés pour chaque point d'observation

Les objectifs souhaitables définis dans le GBP des professionnels « GBP de maîtrise de la protection animale des bovins à l'abattoir »¹⁸, pour les deux premiers points d'observation correspondent à un taux d'échecs (au box (1) et à l'affalage (2)) inférieur à 5 %. Celui proposé par T. Grandin¹⁹ pour les mêmes points d'observation et largement repris aux Etats-Unis est inférieur ou égal à 4 %. En suivant les préconisations de T. Grandin, les experts préconisent un maximum de 4 % d'animaux considérés conscients au box (1) et à l'affalage (2). Toutefois, ce taux acceptable sera fixé par les autorités compétentes.

Pour les points d'observation suivants : incision des vaisseaux (3) et saignée (4), le taux de prévalence d'échecs préconisé dans le GBP des professionnels « *entre l'affalage et la saignée* » est de 1 % et celui proposé par T. Grandin²⁰ et largement repris aux Etats-Unis est de 0,1 %. Dans l'objectif d'assurer la protection des animaux, le protocole proposé ci-après vise à atteindre une prévalence d'échecs à l'étourdissement inférieure ou égale à 0,1 % au moment de l'incision des vaisseaux et pendant la saignée. La prescription réglementaire impose en effet que « *les animaux soient mis à mort uniquement après étourdissement et que l'animal soit maintenu dans un état d'inconscience et d'insensibilité jusqu'à sa mort* ». En France, la fixation d'un tel taux relève des autorités compétentes.

Effets des performances et des capacités de l'abattoir sur les tailles de la population d'échantillonnage et de l'échantillon

Dans le cas de très faibles prévalences à détecter, la taille de l'échantillon est grande et la population au sein de laquelle l'échantillon est constitué devra augmenter également jusqu'à éventuellement dépasser le nombre d'animaux abattus durant une journée de fonctionnement de l'abattoir. C'est pourquoi il est proposé d'étendre la période de fonctionnement prise en compte pour constituer cette population d'échantillonnage. Si les performances de l'abattoir sont en cohérence avec cette possibilité, la population d'échantillonnage pourra être augmentée et correspondre, par exemple, au nombre d'animaux abattus durant une semaine de fonctionnement de l'abattoir, voire 15 jours ou maximum un mois. Des observations pour le contrôle de second niveau par le RPA devront, quoi qu'il en soit, être quotidiennes et réparties aléatoirement sur deux périodes par jour. Cette option n'est valable que sous réserve que les caractéristiques de la population échantillonnée soient comparables à celles de la population cible et que l'efficacité du procédé d'abattage soit stable dans le délai de temps choisi.

¹⁷ Le nombre de connexions simultanées est limité. Nous vous recommandons de quitter l'application après utilisation. Si vous n'arrivez pas à vous connecter attendez un peu et reconnectez-vous.

¹⁸ http://www.interbev.fr/wp-content/uploads/2014/04/gbp_maitrise-protection-bovins-abattoir.pdf

¹⁹ https://animalhandling.org/producers/guidelines_audits

²⁰ https://animalhandling.org/producers/guidelines_audits

3.5.3. Protocole d'échantillonnage proposé

L'application en ligne qui a été développée permet de calculer le nombre d'animaux à échantillonner pour établir le T_0 et le T_1 en fonction des indicateurs de conscience utilisés, de leur combinaison et des caractéristiques populationnelles de l'abattoir. Lorsque le résultat de l'application donne une valeur inférieure à 100 animaux à observer, pour assurer une meilleure représentativité, les experts recommandent qu'un minimum de 100 animaux soit observé pour l'établissement du T_0 .

Dans la mesure du possible, le même animal est à observer aux quatre points d'observation. Quand les cadences ne permettent pas le suivi du même animal à chaque point, l'organisation optimale dépend du contexte de l'abattoir et doit être déterminée par le RPA en concertation avec le gestionnaire du risque.

❖ **Situations de non-applicabilité du protocole d'échantillonnage**

Il existe des situations qui ne permettent pas la mise en œuvre d'un échantillonnage pour réaliser le contrôle de second niveau. Deux cas ont notamment été identifiés par les experts :

1. le taux d'échecs à l'étourdissement de l'abattoir est tellement faible que même la prise en compte d'une période de fonctionnement d'un mois, considérée comme un maximum compte tenu de la variabilité possible du fonctionnement de l'abattoir, est insuffisante pour établir la population d'échantillonnage nécessaire à la détection des échecs. Théoriquement, il faudrait donc contrôler tous les animaux. L'autorité compétente pourrait prévoir un protocole adapté qui devrait suivre les recommandations décrites après le point 2. qui suit
2. la faible activité de l'abattoir, quelles que soient ses performances, ne permet pas d'établir une population d'échantillonnage. Le contrôle de second niveau par échantillonnage n'est pas possible.

Lorsque la population abattue ne permet pas qu'un échantillonnage soit mis en place (cf. Figure 5), les experts recommandent que :

- des contrôles de second niveau quotidiens et aux quatre points d'observation soient néanmoins réalisés pour assurer le respect de la protection des animaux conformément au règlement 1099/2009 ;
- ces contrôles permettent un relevé d'informations quotidien assurant une traçabilité des événements et le cas échéant des actions correctrices.
- les modalités des contrôles soient définies par l'abattoir avec le gestionnaire.

Situation initiale : Population d'échantillonnage toujours insuffisante
Quelles que soient les performances (cf. tableau 11)
Pas d'échantillonnage possible

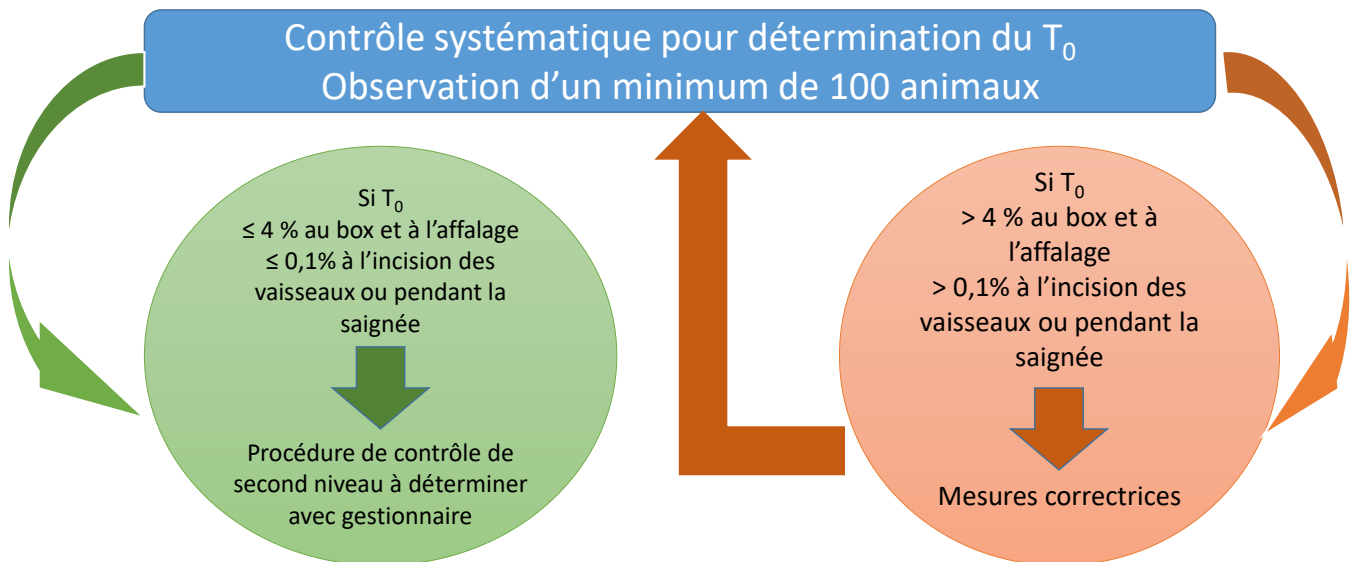


Figure 5 : Situations dans lesquelles un contrôle de second niveau par échantillonnage n'est pas possible et propositions pour les contrôles (T_0 = taux de prévalence d'échecs estimée)

3.5.4.Exemple de proposition d'échantillonnage pour le point d'observation « au box » premier point d'observation de la chaîne

Les deux premiers points d'observation permettent de détecter les échecs à l'étourdissement après un ou plusieurs tirs. L'efficacité du premier tir est primordiale dans le cadre des bonnes pratiques de protection des animaux à l'abattoir. Les éléments qui suivent sont à renseigner par l'abattoir dans un registre dédié, lors des contrôles.

Ainsi, en plus des indicateurs de conscience observés au box (premier point d'observation), **le comptage du nombre de cartouches utilisées quotidiennement au box** est préconisé par les experts. Ce comptage permettra de confirmer le nombre d'animaux considérés conscients après le premier tir. Les experts attirent l'attention sur le fait que le taux de seconds tirs peut refléter la performance du système de deux façons : échecs des premiers tirs ou précaution de l'opérateur qui refait un tir en cas de doute. Dans les deux cas, une variation de ce taux devrait être un critère de vigilance.

3.5.4.1. Combinaisons d'indicateurs observables

Les indicateurs de conscience toujours **observables** au box sont « absence d'effondrement et vocalisation ». Mais ces deux indicateurs ne suffisent pas pour faire une observation et un contrôle efficaces compte tenu de la faible sensibilité de la combinaison ainsi obtenue (40,9 %). Il convient donc, en fonction de l'abattoir et du type de box (présence de mentonnière ou non, présence de barrières amovibles ou non), d'ajouter au moins un indicateur complémentaire à ces deux premiers : soit « mouvements respiratoires » soit, en présence d'une mentonnière, le « réflexe cornéen ».

Il existe d'autres combinaisons d'indicateurs de conscience possibles à mettre en œuvre à chaque point d'observation. Grâce à l'application en ligne il est possible de choisir une combinaison d'indicateurs adaptée au contexte de l'établissement d'abattage considéré. L'inclusion de plus d'indicateurs peut permettre d'augmenter la sensibilité globale de la combinaison et de réduire ainsi la taille de l'échantillon à observer mais elle en diminue la spécificité. Il ne faut cependant pas trop diminuer la spécificité de la combinaison qui conduirait à l'augmentation de faux-positifs et privilégier la combinaison d'indicateurs la plus sensible, faisable et spécifique.

3.5.4.2. Proposition de population d'échantillonnage et de taille d'échantillon en fonction de la taille et de la performance des abattoirs pour des observations au box et à l'affalage

Dans le Tableau 2 ci-dessous, un exemple des valeurs médianes des tailles d'échantillons à observer est proposé, lorsque les observations sont faites au box avec une combinaison de trois indicateurs. En raison des valeurs de sensibilité proches, ces valeurs sont aussi valables pour la combinaison observée à l'affalage : « tentative de redressement à l'affalage + vocalisations + respiration + poursuite oculaire ».

Tableau 2 : Taille médiane de l'échantillon nécessaire pour détecter un TPL en fonction de la taille de la population d'échantillonnage avec la combinaison d'indicateurs au box « absence d'effondrement + présence de vocalisations + respiration » et à l'affalage : « tentative de redressement à l'affalage + vocalisations + respiration + poursuite oculaire »

	Taille de la population abattue (par jour ; par semaine ; ou par mois)													
TPL (%)	40	50	100	120	150	200	250	300	500	1000	2000	5000	10000	20000
0,1											1593	2312	2655	2854
0,25										716	924	1092	1158	1192
0,5								266	358	462	530	578	595	1000
1					133	159	179	194	230	264	284	297	500	1000
2			79	87	97	107	115	120	132	141	147	250	500	1000
3		44	64	69	74	80	83	86	92	96	100	250	500	1000
4	34	39	53	56	60	63	65	67	70	73	100	250	500	1000

TPL : Taux de prévalence limite des échecs à l'étourdissement.

Les cases grisées correspondent à la situation où l'échantillon représente plus de 90 % de la population d'échantillonnage. Dans ce cas, l'échantillonnage n'est pas recommandé.

L'Annexe 4 du rapport associé au présent Avis comprend un exemple similaire mais avec d'autres combinaisons d'indicateurs de conscience observées au box et à l'affalage.

Lorsque la population d'échantillonnage atteint 2 000 bovins, le Tableau 2 montre qu'un échantillonnage est toujours possible pour un TPL à détecter compris entre 4 % et 0,1 %. En deçà de cette valeur de TPL, plus la taille de la population d'échantillonnage diminue, plus il est difficile de détecter de faibles prévalences. Lorsque les abattoirs ont un pourcentage d'échecs inférieur à 1 % lors du premier tir au box, la période d'observation peut être allongée de manière à augmenter l'effectif de la population d'échantillonnage.

Ainsi, le Tableau 3 présente des scénarios d'échantillonnage pour des périodes allant d'une semaine à un mois pour différentes catégories d'abattoirs correspondant à différentes tailles de populations d'échantillonnage.

Tableau 3 : Nombre d'animaux à observer par jour (et fraction d'échantillonnage) en fonction du T₁ visé et de la taille de la population (jour, semaine, quinzaine ou mois) pour un contrôle au box avec la combinaison « absence d'effondrement + présence de vocalisations + respiration » et à l'affalage avec la combinaison « : tentative de redressement à l'affalage + vocalisations + respiration + poursuite oculaire »

	T ₁ visé				
	4 %	2 %	1 %	0,25 %	0,1 %
Très Petites Structures par exemple 100 bovins abattus par mois, soit 5 par jour					
Journée					
Semaine					
Quinzaine	4				
Mois	2 à 3	4			
Petites Structures : par exemple 600 bovins abattus par mois, soit 30 par jour					
Journée					
Semaine	12 (40 %)	20 (67 %)	26 (87 %)		
Quinzaine	7	12 (40 %)	19 (63 %)		
Mois	3 à 4	7	12 (40 %)		
Moyennes Structures : par exemple 2 000 bovins abattus par mois, soit 100 par jour					
Journée	53 (53 %)	79 (79 %)			
Semaine	14 (14 %)	26 (26 %)	46 (46 %)		
Quinzaine	7	14 (14 %)	26 (26 %)	71 (71 %)	
Mois	5	7	14 (14 %)	46 (46 %)	80 (80 %)
Grosses Structures : par exemple 10 000 bovins abattus par mois, soit 500 par jour					
Journée	70 (14 %)	132 (26 %)	230 (46 %)		
Semaine	25 (5 %)	36 (7 %)	56 (10 %)	192 (38 %)	
Quinzaine	25 (5 %)	25 (5 %)	25 (5 %)	109 (22 %)	231 (46 %)
Mois	25 (5 %)	25 (5 %)	25 (5 %)	58 (11 %)	133 (26 %)

Les cases grisées dans le Tableau 3 correspondent à deux situations :

- soit il y a moins d'un animal conscient dans la population d'échantillonnage ;
- soit l'échantillon représente plus de 90 % de la population d'échantillonnage, ce qui conduit à ne pas préconiser une approche par échantillonnage.

3.5.5. Incertitudes

Les principales sources d'incertitudes ont été identifiées durant le travail d'expertise, elles sont listées par typologie et leur impact évalué dans le chapitre 8 du rapport associé au présent Avis.

Il en ressort notamment que les incertitudes identifiées durant l'élaboration du plan d'échantillonnage sont principalement associées :

- aux limites et manques de connaissances scientifiques sur les indicateurs de conscience ainsi que sur leur observation et mise en œuvre pratique dans le contexte particulier de l'abattoir ;
- aux limites sur les connaissances de la situation des abattoirs français.

Pour l'étape fondamentale de l'établissement des performances des indicateurs de conscience choisis (sensibilité, spécificité), les incertitudes spécifiques liées à l'élicitation des connaissances d'experts sont, quant à elles, détaillées dans l'Annexe 7 (Elicitation des connaissances).

3.6. Conclusions et recommandations

3.6.1. Conclusions

Cet avis propose aux gestionnaires et aux responsables d'abattoirs une stratégie d'échantillonnage pour le contrôle de second niveau qui est sous la responsabilité du RPA. Elle doit garantir une évaluation précise et en temps réel du taux d'échecs à l'étourdissement des animaux.

Il conviendra de noter que d'autres protocoles d'échantillonnage devront être mis en place pour le contrôle d'autres étapes de l'activité de l'abattoir puisque, selon le règlement 1099/2009/CE, les règles de bonne protection des animaux en abattoir doivent être respectées **de l'arrivée des animaux à l'abattoir jusqu'à leur mort**.

La stratégie proposée dans cet avis permet aux abattoirs de situer leurs performances en termes d'échecs à l'étourdissement par rapport à leurs objectifs et de mettre en place une stratégie d'amélioration continue.

Il est rappelé que selon la réglementation, les opérateurs sont en charge de l'étourdissement et du suivi de cet étourdissement pour tous les animaux. Ces derniers doivent rester inconscients tout au long du processus d'abattage et jusqu'à leur mort, qui doit être confirmée avant le début des opérations d'habillage. Le RPA est chargé du contrôle de second niveau, de l'enregistrement et de la traçabilité des contrôles. Une même personne ne peut pas assurer au même moment, lors de ces procédures de contrôle, les rôles d'opérateur et de RPA.

Les principaux concepts à prendre en compte ont déjà été présentés dans le rapport « Protocoles d'échantillonnage pour la surveillance des bonnes pratiques d'étourdissement des porcs en abattoir » et sont repris dans ce document. Il est rappelé que, dans le contexte de l'abattoir :

- La conscience est caractérisée par la présence d'indicateurs de conscience. Ceux-ci ont été retenus en fonction du contexte et en particulier des postes d'observation sur la chaîne d'abattage. Chacun de ces indicateurs est caractérisé par ses performances de sensibilité et de spécificité. À chaque poste d'observation, plusieurs indicateurs sont utilisés en combinaison à un même moment (en parallèle) pour détecter la conscience.
- La formule qui permet de calculer la taille des échantillons à contrôler par le RPA est celle de l'EFSA et ne tient compte que de la sensibilité des indicateurs mis en œuvre pour détecter la conscience d'un animal sans prendre en compte leur spécificité. La sensibilité et la spécificité de chaque indicateur ont été évaluées grâce à une élicitation d'experts selon la méthode Sheffield, conduite spécifiquement pour ce rapport. Le GT recommande qu'à sensibilité égale, chaque combinaison d'indicateurs choisie à un point d'observation de la chaîne présente la meilleure spécificité possible.

- Le choix des indicateurs et des combinaisons les plus pertinentes a été adapté au contexte de l'abattoir, en considérant leur faisabilité, la sensibilité, la spécificité, le niveau de confiance²¹.

Le rapport associé au présent Avis insiste sur les particularités de l'abattage des bovins qui ont une influence sur la réalisation de l'échantillonnage pour le contrôle de la conscience des animaux.

Son champ d'application est restreint aux bovins âgés de plus de huit mois. Il ne prend pas en compte les abattages de veaux et d'animaux particuliers²², tels que les taureaux de reproduction.

Pour les animaux considérés ici, la technique d'étourdissement mécanique par tir frontal à l'aide d'un pistolet à tige perforante, qu'il soit pneumatique ou non, est la seule opérationnelle en France. Cet étourdissement est réalisé manuellement par un opérateur sur chaque animal dans un box de contention. Ceci conduit à considérer comme tout particulièrement importants l'opérationnalité de ce box et la compétence de l'opérateur qui est en charge de ce travail.

Tout animal présentant un indicateur de conscience ou plus sur la chaîne d'abattage doit être ré-étourdi au plus vite sans attendre la mort consécutive à la saignée. Du fait de caractéristiques anatomiques spécifiques (cf. circulation sanguine cérébrale para-vertébrale) et de l'intervalle de temps pouvant être long entre le premier étourdissement et l'incision des vaisseaux, certains animaux peuvent reprendre conscience, tardivement après l'étourdissement et même après l'incision des vaisseaux, notamment lorsque la saignée n'est pas efficace.

Au regard des intervalles de temps entre le premier tir pour étourdir et l'incision des vaisseaux, il a été décidé de définir pour le RPA, quatre points d'observation successifs sur la chaîne d'abattage pour détecter l'état de conscience d'un animal.

Sur la base de ces éléments et avec l'objectif de renforcer la protection animale et de préserver la sécurité des opérateurs, le GT propose la stratégie d'échantillonnage suivante :

- Le gestionnaire en liaison avec l'abattoir définit des objectifs pour la détermination du taux de prévalence d'animaux détectés conscients après l'étourdissement. Le plan prévoit deux phases :
 - Pendant la première phase du protocole d'échantillonnage, le taux initial de prévalence d'échecs à l'étourdissement (T_0) de l'abattoir est estimé, avec une précision relative prédéfinie (toujours inférieure à 50 %, idéalement 30 %) Il est recommandé que cette phase soit mise en œuvre de nouveau lors de changements significatifs de la chaîne d'abattage. Si ce T_0 est supérieur à 4 % au box et/ou à l'affalage et supérieur à 0,1 % lors de l'incision des vaisseaux et pendant la saignée, l'abattoir met en place des mesures correctrices immédiates et vérifie qu'elles permettent d'atteindre ces objectifs en ré-estimant son T_0 .
 - Pendant la deuxième phase du protocole d'échantillonnage, des contrôles quotidiens doivent permettre de vérifier que les objectifs T_1 de taux de prévalence d'échecs à l'étourdissement attendus sont atteints. Ces objectifs visent à une amélioration des performances pour atteindre des valeurs de taux de prévalence d'échecs à l'étourdissement inférieures ou égales à T_0 .
- Les quatre points d'observation pour détecter l'état de conscience, pour l'estimation de T_0 et de T_1 sont les suivants :

²¹ Le niveau de confiance est usuellement fixé à 95 %, les experts de l'Anses recommandent de ne pas descendre en dessous de cette valeur.

²² Le guide de bonnes pratiques des professionnels définit ainsi les animaux particuliers : « *Au sens du règlement, nous avons considéré les cas particuliers suivant : les animaux hors gabarit ; les animaux dangereux ; les animaux laitiers en lactation ; les animaux non sevrés ; les femelles ayant mis bas et leur nouveau-né* ».

Le guide de bonnes pratiques des professionnels définit un animal dangereux (AM 18/12/2009) comme : « *Tout bovin qui, par son comportement fait courir un risque pour la sécurité des personnes l'approchant ou le manipulant* ».

- Le premier : au box, après le premier tir,
- le second : à l'affalage, c'est-à-dire après l'ouverture du box (animal « libre »),
- le troisième : avant l'incision des vaisseaux,
- le quatrième : pendant la saignée.

Dans la mesure du possible, les mêmes animaux sont à observer aux quatre points. Quand les cadences ne permettent pas un suivi du même animal à chaque point, l'organisation optimale dépend du contexte de l'abattoir et doit être déterminée par le RPA en concertation avec le gestionnaire du risque.

- Des précautions concernant la périodicité et/ou l'échantillon observé doivent être prises pour favoriser la représentativité des animaux retenus.
- Dans certains cas la combinaison entre le volume d'abattage et la performance de l'étourdissement ne permet pas d'échantillonner la population. Dans ces cas particuliers, la surveillance pour calculer la prévalence d'échecs devra être réalisée sur au moins 100 animaux. Il faut garder une surveillance de la population totale par des contrôles systématiques de second niveau.
- Une application en ligne²³ permet à tout abattoir de déterminer la taille de l'échantillon nécessaire pour estimer T_0 ou T_1 . Elle permet d'adapter la réalisation particulière du protocole à chaque contexte d'abattoir. Dans ce rapport, les exemples cités ne sont donnés qu'à titre pédagogique.

3.6.2.Recommandations

Recommandations générales et techniques pour la stratégie d'échantillonnage

Au regard de la stratégie d'échantillonnage à mettre en place :

Les experts recommandent que la stratégie développée dans ce rapport soit mise en place dans tous les abattoirs de bovins en France pour lesquels un échantillonnage est possible, afin d' :

- Aider les établissements à respecter le règlement 1099/2009/CE ;
- Contrôler la fréquence d'animaux conscients après l'étourdissement et avant la saignée ;
- Préciser le protocole du second niveau de contrôle, par échantillonnage, qui devrait figurer dans le guide de bonnes pratiques.

Les experts de l'Anses préconisent l'adoption du plan d'échantillonnage suivant les recommandations proposées dans cet avis et le rapport associé. Sa pertinence devrait être réévaluée régulièrement, et lors de tout changement significatif de la chaîne d'abattage. Comme indiqué dans le corps du rapport, il est nécessaire de s'assurer :

- De l'inclusion de la fraction d'échantillonnage dans l'intervalle compris entre 5 et 90 % de la population d'échantillonnage.
- De l'homogénéité dans le temps des caractéristiques de la population d'échantillonnage ;
- De l'homogénéité dans le temps de l'efficacité de l'outil d'étourdissement ;
- Du caractère aléatoire de la sélection des individus de l'échantillon et de la période d'observation en cas de répartition de l'échantillon sur une semaine ou plus ;

²³ <https://shiny-public.anses.fr/Echbovins/>

- Du choix optimal de la combinaison d'indicateurs tenant compte du contexte de l'abattoir, de la stratégie d'échantillonnage et du souhait de maximiser sa sensibilité tout en n'affectant pas trop sa spécificité.

L'abattoir et/ou le gestionnaire pourraient déterminer les actions correctrices à mettre en place immédiatement et le délai imposé pour que le taux de prévalence d'échecs à l'étourdissement soit conforme au seuil fixé.

Afin de promouvoir une démarche de progrès, il est recommandé de dynamiser le réseau existant d'échanges entre les RPA (réseau de RPA) sur les concepts, méthodes, outils et résultats, en favorisant les parangonnages. Ce réseau devrait permettre d'identifier des pistes de progrès dans un objectif d'amélioration continue.

Au niveau des abattoirs, ce travail d'échantillonnage doit s'inscrire dans la démarche HACCP²⁴ globale de l'établissement.

Afin de valoriser les résultats, il est recommandé de mettre en place un outil de centralisation des données géré par les abattoirs et les gestionnaires. Cette préoccupation devrait être prise en charge par le réseau de RPA.

Au regard de la protection animale, les experts de l'Anses recommandent les aspects techniques complémentaires suivants :

- Assurer la formation de tous les acteurs est une condition *sine qua non* de la bonne application des règles de protection animale et du bon déroulé des opérations d'abattage. A titre d'exemple, l'étourdissement des bovins étant réalisé manuellement, l'opérateur responsable du geste d'étourdissement doit avoir été formé à la bonne application du pistolet et à l'orientation du tir qui déterminent l'efficacité de l'étourdissement.
- Limiter tous les facteurs qui augmentent la réactivité émotionnelle des animaux. Celle-ci est en effet susceptible d'impacter l'efficacité de l'étourdissement. Une attention particulière doit être apportée aux conditions de transport, au chargement et déchargement des animaux, à la conception des locaux et aux circuits d'amenée au box d'abattage.
- Considérer et mettre en place les aménagements du box, sa modularité et son adaptabilité afin de réduire la variabilité des résultats. La présence d'une mentonnière est souhaitable car elle devrait en particulier permettre des tirs plus précis et assurer une meilleure sécurité des opérateurs.
- Vérifier que les types de cartouche et de pistolet sont bien adaptés et en bon état de fonctionnement. Utiliser des cartouches de puissances adaptées au gabarit de l'animal. En cas de doute, choisir la puissance au-dessus de celle supposée suffisante afin de limiter les risques d'échec à l'étourdissement.
- Compter le nombre de cartouches utilisées au box et à l'affalage afin de détecter le plus tôt possible les problèmes éventuels.

Recommandation de recherche

Les experts, au terme de ce travail, recommandent :

- Que soient centralisées en vue de leur analyse, les données standardisées concernant l'efficacité de la méthode d'étourdissement de façon à mettre en évidence les différents facteurs de risque d'échec à l'étourdissement,

²⁴ Hazard Analysis Critical Control Point = Analyse des dangers - points critiques pour leur maîtrise.

- Que soient déterminées, expérimentalement, les caractéristiques de sensibilité, spécificité, reproductibilité, répétabilité des indicateurs de conscience,
- Que puissent être étudiés les liens entre les caractéristiques neurologiques et les indicateurs de conscience et certaines expressions physiques (par exemple, pédalage des membres),
- Que soit améliorée l'efficacité des systèmes d'étourdissement existants et que de nouveaux systèmes d'étourdissement, notamment automatisés, soient développés,
- Que soient conduits des travaux pour permettre la détection automatique des indicateurs de conscience dans le cadre de l'abattoir, grâce au développement des nouvelles technologies comme l'analyse d'image.

La mise au point d'un système d'évaluation des contrôles effectués par les abattoirs, comme OASIS²⁵ pour les réseaux d'épidémiosurveillance, serait souhaitable. D'autres méthodes sont mobilisables, comme une enquête nationale en ligne auprès des RPA sur leurs pratiques d'évaluation ou l'usage d'une grille d'évaluation de l'observance des pratiques recommandées dans le cadre de ce rapport (Humblet *et al.*, 2017).

4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS DE L'AGENCE

L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail endosse les conclusions et recommandations du GT Echantillonnage réuni pour l'élaboration, par une expertise collective, d'un protocole d'échantillonnage pour la surveillance des bonnes pratiques d'étourdissement des bovins en abattoir.

L'abattage des animaux est une étape indissociable de l'élevage d'animaux de rente. Pour autant, la société est vigilante sur les conditions de sa réalisation, et le règlement européen 1099/2009/CE définit les prescriptions applicables pour la protection des animaux au moment de leur mise à mort. En réponse aux exigences du règlement européen, les professionnels français ont rédigé des guides de bonnes pratiques (GBP) pour assurer cette protection. Les filières ont défini dans ces guides des mesures de mise en œuvre des techniques d'étourdissement avant la saignée afin que l'animal soit inconscient jusqu'à sa mort. Le règlement européen dispose²⁶ qu'un « échantillonnage suffisamment représentatif » soit déterminé pour permettre un suivi de l'efficacité des opérations d'abattage et de la possibilité d'améliorer ces opérations (contrôle de second niveau).

L'expertise des trois premiers projets de GBP pour la protection animale en abattoir fait apparaître, dans les documents produits par les professionnels, une lacune sur les procédures d'échantillonnage qui ne sont ni suffisamment documentées ni opérationnelles. Aussi, l'Anses s'est auto-saisie pour proposer, en vue d'assurer une surveillance efficace des bonnes pratiques de protection animale à l'abattoir, un protocole d'échantillonnage.

Ce protocole d'échantillonnage est d'abord un outil d'amélioration continue autour d'un objectif qui doit tendre vers l'absence d'échec à l'étourdissement par la fixation successive d'objectifs de TPL décroissants pour s'approcher de la valeur la plus basse technologiquement possible. Aussi, l'étendue des TPL cibles documentés dans le présent avis (de 0,1% à 4 % pour l'observation au box) ne préjuge ni du caractère satisfaisant des taux correspondants ni de la faisabilité des cibles à atteindre qui peut différer selon la typologie d'établissement.

Afin de pouvoir être pris en main par la profession, ce protocole est directement utilisable par les professionnels, sous réserve de l'observation des conditions d'application. Pour faciliter sa mise en œuvre, l'Agence a développé un outil disponible en ligne. Dans la même logique, le travail

²⁵ Outil d'Analyse de Systèmes d'Information en Santé

²⁶ Article 3 du règlement 1099/2009/CE

d'expertise a également conduit à expliciter et documenter la sensibilité et la spécificité des indicateurs de conscience à mettre en œuvre, dont le choix et la combinaison doivent être effectués pour une surveillance efficace.

L'Anses insiste sur l'importance que ce contrôle de second niveau soit tracé et enregistré par le RPA²⁷. Ce dernier a d'ailleurs l'obligation générale de tenir un registre des mesures prises pour améliorer la protection des animaux dans l'abattoir où il exerce ses fonctions (article 17.5) et de le tenir à disposition de l'autorité compétente. Aussi, l'agence considère que ce registre pourrait servir de support de suivi objectif et tracé de l'amélioration continue des cibles de taux d'échec.

Un tel suivi avec les enregistrements associés (incluant par exemple : les indicateurs retenus, les enregistrements faits par les opérateurs, notamment du nombre de cartouches utilisées au box, enregistrement des indicateurs de fonctionnement des appareils d'étourdissement, interventions sur les appareils, etc.) pourrait d'ailleurs être utilisé en interne à l'abattoir entre le RPA et les équipes pour sensibiliser aux points critiques et identifier les pistes d'améliorations. L'étourdissement réalisé manuellement sur un animal contenu dans un box constitue un point d'attention particulier.

Au niveau de l'interprofession bovine, l'Anses souligne qu'au-delà des améliorations propres à chaque abattoir, les échanges de bonnes pratiques entre établissements constituent un levier à encourager pour une amélioration collective. Si les cibles d'échantillonnage et leur dynamique temporelle constituent des données sensibles, l'agence encourage une réflexion au niveau de l'interprofession et/ou du ministère pour un mécanisme permettant aux abattoirs de s'inter-comparer et de favoriser les échanges sur les systèmes, procédures et pratiques d'étourdissement les moins générateurs d'échecs. L'enregistrement et le traitement centralisé de ces paramètres par l'un des dispositifs de plateforme de surveillance permettraient de restituer régulièrement des indicateurs nationaux auxquels les abattoirs pourraient confronter leurs propres données et qui constitueraient pour les autorités sanitaires un suivi objectif de l'amélioration continue.

Enfin, l'Anses rappelle qu'elle a mené cette expertise qui a abouti, pour une catégorie spécifique (bovins de plus de huit mois) et pour une étape précise qui est l'étape d'étourdissement jusqu'à la fin de la saignée, à la définition d'un protocole d'échantillonnage. Elle recommande donc que le ministère et la profession réfléchissent aux actions à mener pour l'adapter à d'autres configurations (catégorie / étape) importantes.

Dr Roger Genet

²⁷ prévu par l'article 17 du règlement 1099/2009/CE

MOTS-CLES

Protection animale, bovins, abattage, abattoir, échantillonnage, plan de contrôle, autocontrôle, contrôle de second niveau, responsable de la protection animale, indicateur, élicitation d'experts, inconscience, conscience, étourdissement.

KEY WORDS

Animal welfare, cattle, slaughter, slaughterhouse, sampling, control plan, second level control, staff in charge of animal protection, indicator, expert elicitation, unconsciousness, consciousness, stunning.

BIBLIOGRAPHIE

- Anses (2012). Rapport d'étude de l'Anses relatif à l'évaluation du Guide de bonnes pratiques d'abattage des bovins en matière de protection animale (saisine 2012-SA-0231). Maisons-Alfort : Anses, 120 p.
- Anses (2013a). Rapport d'étude de l'Anses relatif à l'évaluation du projet de Guide de bonnes pratiques de la protection des porcs en abattoir. (saisine 2013-SA-0222). Maisons-Alfort : Anses, 106 p.
- Anses (2013b). Rapport d'étude de l'Anses relatif à l'Évaluation du projet de Guide de bonnes pratiques d'abattage des ovins en matière de protection animale. (saisine 2013-SA-0166). Maisons-Alfort : Anses, 108 p.
- EFSA AHAW Panel (EFSA Panel on Animal Health and Welfare) (2013). Scientific Opinion on monitoring procedures at slaughterhouses for bovines. EFSA Journal 2013;11(12):3460, 65 pp. doi:10.2903/j.efsa.2013.3523..
- EFSA (European Food Safety Authority) (2014). Guidance on Expert Knowledge Elicitation in Food and Feed Safety Risk Assessment. EFSA Journal 2014; 12(6):3734. [278 pp.] doi:10.2903/j.efsa.2014.3734
- O'Hagan, A., Buck, C.E., Daneshkhah, A., Eiser, J.R., Garthwaite, P.H., Jenkinson, D.J., *et al.* (2006) Uncertain Judgements-Eliciting Expert's Probabilities: John Wiley and Sons, LTd.
- Terlouw, E.M.C., Bourguet, C., Deiss, V., (2016a). Consciousness, unconsciousness and death in the context of slaughter. Part I. Neurobiological mechanisms underlying stunning and killing. *Meat Science*, 118, 133-146.
- Terlouw, E.M.C., Bourguet, C., Deiss, V., (2016b). Consciousness, unconsciousness and death in the context of slaughter. Part II. Evaluation methods. *Meat Science*, 118, 147-156.

ANNEXE 1 : INDICATEURS DE CONSCIENCE EN ABATTOIR DE BOVINS POUR LE PROTOCOLE D'ÉCHANTILLONNAGE PROPOSÉS PAR LES EXPERTS

Tableau : Indicateurs de conscience en abattoir de bovins pour le protocole d'échantillonnage proposés par les experts

	Indicateurs associés à l'état de conscience	Définition	Structures neuro-anatomiques impliquées. Intégration nerveuse
1	Absence d'effondrement	L'animal ne s'affaisse pas, il ne perd pas sa posture debout. L'effondrement peut être progressif en étourdissement gazeux	Intégration centrale ; noyaux gris centraux ; noyau pédonculo-pontin (pont rostral) et formation réticulaire (tronc cérébral)
2	Présence de tentative de redressement de la tête ou du corps	Mouvement orienté de l'encolure ou de la tête, ou tentative de reprise d'une posture naturelle du corps, à ne pas confondre avec les mouvements toniques-cloniques (mouvements involontaires, désorientés, pédalages)	Niveau cortical (aires sensorielles activant les aires motrices = noyaux gris centraux ;) noyau rouge (pont rostral), formation réticulaire (tronc cérébral)
3	Présence de vocalisations	Emission d'un ou de plusieurs cris de haute intensité (vocalises) par l'animal, à ne pas confondre avec les éventuels râles ou sons émis par une colonne d'air passant dans la gorge (expulsion d'air)	Niveau cortical (aires sensorielles activant les aires motrices et prémotrices), noyau gris centraux ; tronc cérébral
4	Présence de mouvements respiratoires rythmiques	Présence de mouvements respiratoires qui se répètent régulièrement (plusieurs mouvements respiratoires observés d'affilée, au moins 2, à fréquence normale de respiration soit 13 à 15 mouvements respiratoires par minute), signes de respiration avec mouvements associés des flancs pouvant aussi être accompagnés de mouvements du groin ou de la gueule. Les mouvements du groin ou de la gueule peuvent être imperceptibles et peuvent donc aussi être détectés au niveau des nasaux avec la main (souffle régulier).	Centres pontins et bulbaires respiratoires
5	Présence du réflexe cornéen	Fermeture instantanée de la paupière provoquée par un léger contact sur la cornée	Niveau du tronc cérébral (pont rostral et bulbe rachidien), avec réponse réflexe (relai synaptique court sans nécessité de conscience)
6	Présence de clignement spontané des yeux	Fermeture de la paupière liée à une sécheresse cornéenne et non provoquée par une stimulation comme un contact sur la cornée ou un déplacement d'air	Tronc cérébral : noyau facial (pont), noyau oculomoteur (mésencéphale) ; noyau gris centraux ; nerfs trijumeaux
7	Présence de mouvements des globes oculaires	Animal présentant un mouvement du globe oculaire allant de la poursuite oculaire jusqu'à la rotation du globe	Niveau cortical pour la poursuite oculaire + tronc cérébral (mésencéphale, pont, bulbe rachidien) Rotation du globe = réflexe lié à différentes structures éparpillées entre mésencéphale/pont/bulbe rachidien. Déséquilibre de l'information circulant entre ces structures. Une partie de ces structures fonctionne encore et provoque une rotation du globe oculaire.
8	Présence de nystagmus	Mouvements d'oscillation des globes oculaires	Flocculus (partie du cervelet très proche du tronc cérébral) ou des connections du système oculo-vesibulaire dans le tronc cérébral et pont et bulbe rachidien

ANNEXE 2 : ELEMENTS REVISES DE L'AVIS DU 29/07/2020

Au chapitre 3.5.1 Taille de la population d'échantillonnage et de l'échantillon :

« Le nombre d'individus à échantillonner pour estimer un taux de prévalence (T_0) dépend : »

La mention « de la taille de la population d'échantillonnage » a été supprimée à chacune de ses occurrences conformément à la formule mathématique utilisée pour calculer la taille de l'échantillon dans le cadre de l'estimation d'un taux de prévalence consultable en Annexe 3 du rapport associé.

Protocoles d'échantillonnage pour la surveillance des bonnes pratiques d'étourdissement des bovins en abattoir

**Auto Saisine « 2018-SA-0256 ÉCHANTILLONNAGE »
Saisines liées « 2015-SA-0087 ; 2012-SA-0231 »**

RAPPORT * d'expertise collective

« Comité d'experts spécialisé en santé et bien-être des animaux »

« GT Échantillonnage »

Décembre 2019 révisé en mars 2021

* : Rapport révisé le 18/03/2021. Les révisions apparaissent dans le tableau en Annexe 9 du présent rapport révisé.

Mots clés

Protection animale, bovins, abattage, abattoir, échantillonnage, plan de contrôle, autocontrôle, contrôle de second niveau, responsable de la protection animale, indicateur, élicitation d'experts, inconscience, conscience, étourdissement.

Key words

Animal welfare, cattle, slaughter, slaughterhouse, sampling, control plan, second level control, staff in charge of animal protection, indicator, expert elicitation, unconsciousness, consciousness, stunning.

Présentation des intervenants

PREAMBULE : Les experts, membres de comités d'experts spécialisés, de groupes de travail ou désignés rapporteurs sont tous nommés à titre personnel, *intuitu personae*, et ne représentent pas leur organisme d'appartenance.

GROUPE DE TRAVAIL GT ECHANTILLONNAGE

Président du groupe de travail

M. Hervé JUIN – INRA Magneraud + zootechnie, alimentation animale, filière volaille

Experts membres du groupe de travail

M. Pierre LE NEINDRE – Retraité INRA + bien-être des ruminants, éthologie, physiologie du comportement, adaptation au stress, zootechnie

Mme Coralie LUPO – IFREMER + épidémiologie, pathologies aviaire et aquacole

Mme Virginie MICHEL – Anses Laboratoire de Niort + éthologie, bien-être et santé des volailles, des lapins, chèvres et des porcs, épidémiologie

M. Claude SAEGERMAN – Université de Liège + statistiques, épidémiologie, maladies contagieuses, analyse quantitative du risque

Mme Claudia TERLOUW – Inra Theix + abattage, protection animale

COMITE D'EXPERTS SPECIALISE

Les travaux, objets du présent rapport ont été suivis et adoptés par le CES « Santé et Bien-être de animaux » SABA, le 13 novembre 2018, le 8 octobre 2019, le 10 décembre 2019 :

Président

M. Gilles MEYER – Professeur, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - Virologie, immunologie, vaccinologie, maladies des ruminants.

Membres

Mme Catherine BELLOC – Professeur, Oniris - Infectiologie, approche intégrée de la santé animale, maladies des monogastriques.

M. Stéphane BERTAGNOLI – Professeur, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - Virologie, immunologie, vaccination, maladies des lagomorphes.

M. Alain BOISSY – Directeur de Recherche INRAE Clermont-Ferrand - Theix Directeur du CNR BEA - Bien-être animal.

M. Henri-Jean BOULOUIS – Professeur, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort - Bactériologie, diagnostic de laboratoire, immunologie, vaccinologie.

M. Eric COLLIN – Vétérinaire libéral - médecine vétérinaire, médicament vétérinaire, maladies vectorielles, maladies à prion, épidémiologie, maladies des ruminants.

M. Jean-Claude DESFONTIS – Professeur, Oniris – Physiologie animale, bien-être animal, médicament vétérinaire.

Mme Maria-Eleni FILIPPITZI – Vétérinaire épidémiologiste, SCIENSANO (B) – épidémiologie quantitative, évaluation de risque.

M. David FRETIN – Chef de service de bactériologie vétérinaire. SCIENSANO (B) - Bactériologie, zoonoses, diagnostic de laboratoire, LNR tuberculose en Belgique.

Mme Emmanuelle GILOT-FROMONT – Professeur, VetAgro Sup – Campus vétérinaire de Lyon – Epidémiologie quantitative, évaluation de risque, interface faune sauvage-animaux domestiques, maladies réglementées.

M. Etienne GIRAUD – Chargé de recherche, INRAE Toulouse – Bactériologie, antibiorésistance, maladies des poissons.

M. Lionel GRISOT – Vétérinaire libéral - Médecine vétérinaire, médicament vétérinaire, maladies des ruminants.

Mme Nadia HADDAD – Professeur, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort - Infectiologie, maladies réglementées, zoonoses.

Mme Viviane HENAU – Cheffe d'unité adjointe, Unité Epidémiologie et appui à la surveillance, Anses Lyon – Epidémiologie quantitative, évaluation de risque.

Mme Elsa JOURDAIN – Chargée de recherche, INRAE Clermont-Ferrand - Theix - Zoonoses, épidémiologie, interface faune sauvage-animaux domestiques.

Mme Sophie LE BOUQUIN - LE NEVEU – Cheffe d'unité adjointe, Unité Epidémiologie, santé et bien-être, Anses Ploufragan-Plouzané-Niort - Epidémiologie, évaluation de risque, approche intégrée de la santé animale.

Mme Sophie LE PODER – Maître de conférences, Ecole nationale vétérinaire d'Alfort - virologie, immunologie, vaccinologie.

Mme Elodie MONCHATRE-LEROY – Directrice du Laboratoire de la rage et de la faune sauvage, Anses Nancy - Virologie, épidémiologie, évaluation de risques, faune sauvage.

Mme Monique L'HOSTIS – Retraitée, Oniris - Ecole Vétérinaire de Nantes – Parasitologie, santé des abeilles.

M. François MEURENS – Professeur, Oniris - Ecole Vétérinaire de Nantes - Virologie, immunologie, vaccinologie, pathologie porcine.

Mme Virginie MICHEL – Coordinatrice nationale bien-être animal - Anses - Bien-être animal, approche intégrée de la santé animale, épidémiologie, évaluation de risque.

M. Pierre MORMEDE – Directeur de recherche émérite INRAE - Bien-être animal, stress.

M. Hervé MORVAN – Chef de service du laboratoire de bactériologie vétérinaire, Labocéa 22 - Bactériologie, diagnostic de laboratoire.

Mme Carine PARAUD – Chargée de projet de recherche en parasitologie, Anses Ploufragan-Plouzané-Niort – Parasitologie, maladies des ruminants.

Mme Ariane PAYNE – Chargée d'étude, ONCFS - Epidémiologie, évaluation de risque, interface faune sauvage-animaux domestiques.

M. Michel PEPIN – Professeur, VetAgro Sup – Campus vétérinaire de Lyon – Infectiologie, immunologie, vaccinologie, maladies des ruminants.

Mme Carole PEROZ – Maître de conférences, Oniris - Ecole Vétérinaire de Nantes - Infectiologie, maladies réglementées, approche intégrée de la santé animale.

Mme Claire PONSART – Chef de l'unité des zoonoses bactériennes, Laboratoire de Santé Animale, Anses Maisons-Alfort - Bactériologie, zoonoses, diagnostic de laboratoire.

M. Claude SAEGERMAN – Professeur, Faculté de Médecine vétérinaire de l'Université de Liège - Epidémiologie, évaluation de risque.

Mme Gaëlle SIMON – Cheffe d'unité adjointe, Unité Virologie immunologie porcines, Anses Ploufragan-Plouzané-Niort - Virologie, immunologie, maladies des monogastriques.

M. Jean-Pierre VAILLANCOURT – Professeur, Faculté de médecine vétérinaire, Université de Montréal - Epidémiologie, biosécurité, zoonose, évaluation de risque.

PARTICIPATION ANSES

Contribution scientifique

Mme Anne Thébault- Unité Etudes & Méthodes - Anses

Coordination scientifique

Mme Julie CHIRON – Coordinateur scientifique - Anses

Mme Florence ÉTORÉ – Adjointe – Anses

Secrétariat administratif

M. Régis MOLINET – Anses

SOMMAIRE

Présentation des intervenants.....	3
SOMMAIRE	6
Sigles	9
Liste des tableaux	10
Liste des figures	12
1 Glossaire	13
2 Contexte, attendus et objectifs de l'autosaisine.....	15
2.1 Contexte	15
2.2 Rappels réglementaires	16
2.3 Situation européenne quant aux contrôles par échantillonnage dans les abattoirs	17
2.4 Enjeux	18
2.5 Attendus, périmètre et objectifs du travail d'expertise	18
3 Considérations sur les techniques d'échantillonnage	22
3.1 Structure de la population d'échantillonnage	22
3.1.1 Définition de la population d'échantillonnage.....	22
3.1.2 Variabilité des individus de la population d'échantillonnage	23
3.2 Rappels sur les notions de prévalence attendue et de taux de prévalence limite (TPL)	24
3.3 Objectifs d'un plan de contrôle par échantillonnage	25
3.3.1 Estimation des taux de prévalence initiale d'échecs à l'étourdissement (T_0).....	26
3.3.2 Suivi du taux de prévalence d'échecs à l'étourdissement en vue de son amélioration (T_1)..	26
3.3.3 Situations dans lesquelles un échantillonnage n'est pas possible	27
4 Détection de la conscience en abattoir.....	28
4.1 Conscience : concept et structures cérébrales impliquées	28
4.1.1 Structures cérébrales impliquées dans le contenu de la conscience.....	28
4.1.2 Structures cérébrales impliquées dans le niveau de la conscience.....	30
4.2 Étourdissement mécanique par pistolet à tige perforante	31
4.3 La ré- application de la procédure d'étourdissement	32
4.4 Différentes étapes et points d'observation du RPA sur la chaîne d'abattage	33
4.5 Indicateurs utilisés pour l'évaluation de la conscience à l'abattoir	35
4.5.1 Indicateurs utilisés pour évaluer la conscience en abattoir : définitions et interprétations	36
4.5.1.1 Absence d'effondrement	36
4.5.1.2 Présence de tentatives de redressement de la tête et/ou du corps.....	36
4.5.1.3 Présence de vocalisations.....	36
4.5.1.4 Présence de clignements spontanés des yeux	36
4.5.1.5 Présence de poursuite oculaire (les yeux suivent les mouvements apparaissant dans le champ de vision)	37
4.5.1.6 Présence de réflexes oculaires	37
4.5.1.7 Présence de réaction à la menace	38
4.5.1.8 Présence de mouvements respiratoires rythmiques.....	38

4.5.1.9	Présence de réponse à un stimulus nociceptif	39
4.5.2	Autres indicateurs utilisés pour évaluer la conscience en abattoir	40
4.5.2.1	Présence de rotation du globe oculaire	40
4.5.2.2	Présence de nystagmus	40
4.5.3	Contexte et conditions d'observation des indicateurs de conscience	41
4.5.4	Sensibilité et spécificité des indicateurs de conscience	42
4.6	Choix des indicateurs de conscience	42
5	Évaluation quantitative de la sensibilité et de la spécificité des indicateurs de conscience et de leur combinaison	45
5.1	Performances des indicateurs pris individuellement	45
5.2	Performances des combinaisons des indicateurs	48
5.2.1	Choix des combinaisons d'indicateurs	48
5.2.2	Sensibilités des combinaisons d'indicateurs	48
6	Recueil de données en abattoirs de bovins pour estimer la prévalence d'échecs à l'étourdissement	50
6.1	Contexte de l'abattage des bovins en France	50
6.2	Objectif du recueil de données	51
6.3	Résultats	52
7	Proposition d'une stratégie d'échantillonnage	53
7.1	Taille limite de l'échantillon	53
7.1.1	Taille de la population d'échantillonnage et de l'échantillon	53
7.1.2	Effets de différents paramètres sur la taille de l'échantillon dans le cas de l'évaluation du T_1	54
7.1.2.1	Combinaisons d'indicateurs	54
7.1.2.2	Taux d'échecs maximum proposés pour chaque point d'observation	54
7.1.2.3	Effet de l'incertitude de la valeur de sensibilité des combinaisons d'indicateurs de conscience sur la taille des échantillons	55
7.1.2.4	Effets des performances et des capacités de l'abattoir sur les tailles de la population d'échantillonnage et de l'échantillon	56
7.2	Étude des adaptations de méthodes développées dans d'autres domaines	57
7.3	Protocole d'échantillonnage proposé	58
7.3.1	T_0 pour chaque point d'observation	58
7.3.2	T_1 pour chaque point d'observation	58
7.3.3	Situations de non-applicabilité du protocole d'échantillonnage	59
7.3.4	Proposition d'échantillonnage au box et à l'affalage, premier et deuxième points d'observation de la chaîne	60
7.3.4.1	Combinaisons d'indicateurs observables	60
7.3.4.2	Proposition de population d'échantillonnage et de taille d'échantillon en fonction de la taille et de la performance des abattoirs au box et à l'affalage	61
7.3.5	Propositions d'échantillonnage au moment de l'incision des vaisseaux puis durant la saignée	63
7.3.5.1	Combinaisons d'indicateurs observables	63
7.3.5.2	Proposition de population d'échantillonnage et de taille d'échantillon en fonction de la taille et de la performance des abattoirs, pour les points d'observation « juste avant l'incision des vaisseaux » et « pendant la saignée »	64
8	Incertitudes	67

9	Conclusion	71
10	Recommandations	74
10.1	Recommandations générales et techniques pour la stratégie d'échantillonnage.....	74
10.2	Recommandation de recherche.....	75
11	Bibliographie	76
11.1	Publications.....	76
11.2	Normes.....	83
11.3	Législation et réglementation	83
ANNEXES.....		84
Annexe 1	: Autosaisine	85
Annexe 2	: Analyse générale de la partie du guide d'audit concernant les bovins de l'<i>American Meat Institute</i> dans sa version 2017 (https://animalhandling.org/producers/guidelines_audits).....	88
Annexe 3	: Détails des équations permettant le calcul de la taille des échantillons à prévoir pour estimer un T_0 ou un T_1	90
Annexe 4	: Analyse descriptive du recueil de données en abattoirs de bovins pour estimer la prévalence d'échecs à l'étourdissement	92
Annexe 5	: Taille des échantillons selon les combinaisons d'indicateurs utilisées	97
Annexe 6	: Tutoriel pour l'utilisation de l'application en ligne permettant d'obtenir un plan d'échantillonnage en fonction des indicateurs choisis	103
Annexe 7	: Elicitation de connaissances d'experts selon la méthode Sheffield	106
Annexe 8	: Réponses des points focaux de l'EFSA à la demande adressée par la France via le point focal français	141
Annexe 9	: Éléments révisés du rapport du 29/07/2020	148

Sigles

ANSES : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail ;

BEA : Bien-être animal ;

DGAL : Direction générale de l'alimentation ;

EFSA : *European Food Safety Authority*, Autorité européenne de sécurité des aliments ;

GBP : Guide de bonnes pratiques ;

GT : groupe de travail ;

HACCP : *Hazard Analysis Critical Control Point*, méthode de maîtrise des risques en sécurité sanitaire des aliments ;

OASIS : Outil d'analyse de systèmes d'information en santé ;

RPA : Responsable de la protection animale de l'abattoir ;

TPL : Taux de prévalence limite.

Liste des tableaux

Tableau 1 : Facteurs de risque d'échec de l'étourdissement des bovins par pistolet à tige perforante (adapté de EFSA 2013a p.51, cf. Table 10)	22
Tableau 2 : Indicateurs retenus pour l'évaluation de la conscience à l'abattoir	35
Tableau 3 : Contexte et conditions d'observation des indicateurs de conscience sous condition que l'animal ne soit pas paralysé par section de la moelle épinière ou électro immobilisation	41
Tableau 4 : Indicateurs de conscience en abattoir de bovins pour le protocole d'échantillonnage proposés par les experts	44
Tableau 5 : Distributions (quartiles) des valeurs de sensibilité et spécificité retenus pour chaque indicateur après élicitation collective	46
Tableau 6 : Distributions (quartiles) des valeurs de sensibilité globale des combinaisons d'indicateurs	49
Tableau 7 : Données 2017 des abattages de bovins en France (Source : DGAL)	50
Tableau 8 : Taille médiane (et intervalle de confiance à 95 %) de l'échantillon nécessaire pour détecter un TPL en fonction de la taille de la population d'échantillonnage de la combinaison (au box) absence d'effondrement + présence de vocalisations + respiration	56
Tableau 9 : Valeur de sensibilité et spécificité des combinaisons qui peuvent être observées au box et à l'affalage.	60
Tableau 10 : Taille médiane de l'échantillon nécessaire pour détecter un TPL en fonction de la taille de la population d'échantillonnage avec la combinaison d'indicateurs au box « absence d'effondrement + présence de vocalisations + respiration » et à l'affalage : « tentative de redressement à l'affalage + vocalisations + respiration + poursuite oculaire »	61
Tableau 11 : Nombre d'animaux à observer par jour (et fraction d'échantillonnage) en fonction du T_1 et de la taille de la population (jour, semaine, quinzaine ou mois) pour un contrôle au box avec la combinaison « absence d'effondrement + présence de vocalisations + respiration » et à l'affalage avec la combinaison « : « tentative de redressement à l'affalage + vocalisations + respiration + poursuite oculaire »	62
Tableau 12 : Valeurs de sensibilité et spécificité des combinaisons qui peuvent être observées juste avant l'incision des vaisseaux et pendant la saignée.	63
Tableau 13 : Taille médiane de l'échantillon nécessaire pour détecter un T_1 en fonction de la taille de la population d'échantillonnage avec la combinaison avant l'incision des vaisseaux : « tentative de redressement + respiration + vocalisations »	64
Tableau 14 : Nombre d'animaux à observer par jour (et fraction d'échantillonnage) en fonction du T_1 et de la taille de la population (animaux abattus par jour, semaine, quinzaine ou mois). Contrôle juste avant l'incision des vaisseaux. Combinaison « tentative de redressement + respiration + vocalisations »	65
Tableau 15 : Typologie des sources d'incertitude, leur prise en compte, leur impact (I) et direction (D) sur les résultats de l'expertise/la taille de l'échantillon nécessaire, estimés par jugement d'experts	68
Tableau 16 : Description des caractéristiques des abattoirs de bovins ayant servi à l'estimation du taux de prévalence des échecs à l'étourdissement	94
Tableau 17 : Recherche de facteurs de risques d'échec à l'étourdissement	95

- Tableau 18 : Indicateur(s) de conscience et nombre d'indicateurs présentés par les animaux identifiés comme conscients après le premier tir _____ 96
- Tableau 19 : Taille médiane (et intervalle de confiance à 95 %) de l'échantillon nécessaire pour détecter un TPL en fonction de la taille de la population d'échantillonnage de la combinaison d'indicateurs n°1b (au box) (soit absence d'effondrement + présence de vocalisations + respiration) _____ 97
- Tableau 20 : Tailles d'échantillon (valeurs médianes) en fonction du TPL et de la taille de la population d'échantillonnage pour l'étourdissement au box avec la combinaison 1a ne comprenant que 2 indicateurs (absence effondrement + vocalisations), qui ne sera pas utilisée par la suite _____ 98
- Tableau 21 : Tailles d'échantillon (valeurs médianes) en fonction du TPL et de la taille de la population d'échantillonnage pour l'étourdissement au box avec la combinaison 1b (absence effondrement + vocalisations + respiration) _____ 99
- Tableau 22 : Tailles d'échantillon (valeurs médianes) en fonction du TPL et de la taille de la population d'échantillonnage pour l'étourdissement au box avec la combinaison 1c (absence effondrement + vocalisations + réflexe cornéen) _____ 99
- Tableau 23 : Tailles d'échantillon (valeurs médianes) en fonction du TPL et de la taille de la population d'échantillonnage pour l'étourdissement à l'affalage juste avant le hissage avec la combinaison 2 (absence effondrement + vocalisations + réflexe cornéen) et la combinaison 3 (tentative de redressement à l'affalage + vocalisations + respiration + poursuite oculaire + réflexe cornéen) _____ 100
- Tableau 24 : Tailles d'échantillon (valeurs médianes) en fonction du TPL et de la taille de la population d'échantillonnage pour l'étourdissement à l'affalage juste avant le hissage avec la combinaison 4 (tentative de redressement (hissage) + respiration + vocalisations) et la combinaison 5 (tentative de redressement (hissage) + respiration + vocalisations + réflexe cornéen) _____ 101
- Tableau 25 : Tailles d'échantillon (valeurs médianes) en fonction du TPL et de la taille de la population d'échantillonnage pour l'observation pendant la saignée avec la combinaison 5 (respiration + réflexe cornéen) _____ 102

Liste des figures

Figure 1 : Schéma conceptuel du travail d'expertise (les numéros dans les bulles se réfèrent aux chapitres du rapport)	21
Figure 2 : Règles de décision du suivi par échantillonnage pour chaque point d'observation de la chaîne d'abattage	27
Figure 3 : Cortex primaire chez les ruminants (Communication personnelle C. Terlouw)	29
Figure 4 : Cortex associatifs chez l'humain. Chez les autres mammifères, les emplacements de ces régions sont similaires (Communication personnelle C. Terlouw)	29
Figure 5 : Coupe médiane de cerveau de bovin permettant de localiser les principales structures intervenant dans la description fonctionnelle des indicateurs de conscience (Communication personnelle C. Terlouw)	30
Figure 6 : Positionnement du RPA à chaque point de contrôle et indicateurs de conscience	34
Figure 7 : Distributions des valeurs selon une loi bêta des sensibilités [A] graphique supérieur et spécificités [B] graphique inférieur, des différents indicateurs de conscience	47
Figure 8 : Situations dans lesquelles un contrôle de second niveau par échantillonnage n'est pas possible et propositions pour les contrôles (T_0 = taux de prévalence d'échecs estimée)	59
Figure 9 : Règles de décisions pour le choix de la population d'échantillonnage dans le cadre du T_1 pour les deux premiers points d'observation	66
Figure 10 : Différentes formes de la fonction de répartition en fonction de l'incertitude /probabilité (axe Y) autour d'une valeur (axe X) non connue.	109
Figure 11 : Choix d'une méthode d'élicitation, les choix effectués dans notre cas correspondent aux éléments fléchés en rouge et en traits pleins ou entourés de pointillés rouges	110

1 Glossaire

L'ensemble des définitions déclinées ci-après sont à considérer dans le contexte de ce rapport, c'est-à-dire, en pratique, à l'abattoir, dans l'opérationnalité.

Bovin : animaux de l'espèce bovine de plus de 8 mois. Cette définition exclut donc les veaux de boucherie.

Cognition : ensemble des processus mentaux de traitement des informations qui peuvent mener à des actions.

Conscience : « La conscience est l'expérience que l'animal a de son propre corps, de ses connaissances et de son environnement » (Le Neindre *et al.*, 2017). Dans le contexte de ce rapport, à l'abattoir, il s'agit essentiellement du niveau de conscience. La conscience d'un animal est à considérer dès l'observation d'un indicateur de conscience. Ces animaux peuvent ressentir « douleur, détresse, peur et d'autres formes de souffrance » (cf. règlement 1099/2009/CE).

Combinaison d'indicateurs : observation et/ou mise en œuvre simultanée de plusieurs indicateurs afin de les utiliser de manière intégrée.

Échantillon : sous-ensemble d'une population. Un échantillon correspond au nombre d'animaux observés par le RPA (responsable de la protection animale) dans le cadre des contrôles de second niveau par échantillonnage.

Échec à l'étourdissement : il y a échec lorsqu'un animal présente au moins un indicateur de conscience après application de la procédure d'étourdissement. Il est alors considéré conscient.

Élicitation : méthode utilisée pour estimer une information ou un jugement basé sur l'expérience ou des connaissances personnelles d'experts. L'élicitation est mise en œuvre quand des données permettant une estimation directe ne sont pas disponibles ou quand les éléments bibliographiques sont contradictoires (Morgan, 2013 ; EFSA, 2014).

Étourdissement : désigne tout procédé mécanique, électrique, ou gazeux destiné à provoquer une perte de conscience à l'abattoir.

Événement rare : un événement de fréquence inférieure à 1 % (ou ne survenant que sporadiquement) peut être qualifié de rare (Toma, 1998).

Facteur de risque d'échec à l'étourdissement : facteur associé à l'augmentation de la probabilité de survenue d'un échec à l'étourdissement (adapté de Toma *et al.*, 1991). A titre d'exemple, ces facteurs peuvent être : les opérateurs (faible compétence, manque d'expérience, fatigue), les équipements (caractéristiques, maintenance, enregistrements), l'organisation de l'abattoir, la catégorie des animaux, le type d'étourdissement...

Fin d'étourdissement : dernière application de la procédure d'étourdissement avant incision des vaisseaux.

Gestionnaire : membre des services de l'État en charge de la réglementation sur la protection animale en abattoir.

Stabilité de l'outil d'étourdissement (du fonctionnement de l'outil d'étourdissement) : capacité de l'outil d'étourdissement à fonctionner de manière identique sur une période donnée (même réglage, opérateur de technicité équivalente, même cadence d'abattage, etc.).

Indépendance physiologique des indicateurs : indépendance, au moins partielle, des structures et circuits neuronaux impliqués dans l'expression des indicateurs concernés.

Indicateur de conscience : mesure associée à l'état de conscience de l'animal.

Inconscience : à l'abattoir, un animal est inconscient lorsqu'il ne présente aucun des indicateurs de conscience, ce qui le rend incapable de ressentir « douleur, détresse, peur et d'autres formes de souffrance » (cf. règlement 1099/2009/CE).

Méthode Sheffield : méthode d'élicitation préconisant que les experts puissent échanger librement leurs arguments au cours d'une réunion collective (EFSA, 2014). Elle permet d'aboutir à une distribution de valeurs consensuelles dans le groupe, qui reflète l'opinion du groupe et non des opinions individuelles.

Mort : arrêt des fonctions vitales.

Opérateur : dans le contexte de ce rapport, personne qui intervient directement sur les animaux vivants. En ne considérant pas les chauffeurs de camion, sont opérateurs tous ceux qui interviennent sur les animaux entre leur sortie du camion et jusqu'au poste de saignée. Les contrôles de premier niveau sont assurés par les opérateurs et portent sur tous les animaux.

Performances d'un test : valeurs de sensibilité et de spécificité d'un test dans un contexte donné.

Population cible : population d'animaux à laquelle les résultats d'une étude doivent être applicables.

Population d'échantillonnage : population d'animaux au sein de laquelle s'effectue la sélection de l'échantillon. La population d'échantillonnage peut, par exemple, correspondre à l'ensemble des bovins abattus sur une journée ou sur une semaine.

Précision absolue : mesure de la dispersion des valeurs possibles d'une variable (dans ce rapport, la variable est le taux de prévalence d'échecs à l'étourdissement) autour de sa moyenne.

Précision relative : rapport de la précision absolue d'une estimation sur la valeur estimée. Exemple : estimation : 10 % +/- 2 % ; précision absolue = 2 % ; précision relative : 2 % / 10 % = 20 %.

Réflexe : un réflexe est une activité produite par un arc nerveux réflexe en réponse à une stimulation. C'est le mécanisme de réponse intégrée du système nerveux sans intervention des structures corticales impliquées dans la conscience.

Représentativité : qualité d'un échantillon à ressembler, fidèlement, sur un ou plusieurs critères choisis, à la population dont il est issu.

Saignée : acte conduisant à la perte du sang corporel.

Sensibilité d'un indicateur de conscience : probabilité de présence de l'indicateur sachant que l'animal est conscient.

Sensibilité de l'individu : dans le cadre de l'abattoir, capacité à ressentir la douleur.

Seuil : taux de prévalence limite choisi par le gestionnaire et/ou l'abattoir.

Spécificité d'un indicateur de conscience : probabilité d'absence de l'indicateur sachant que l'animal est effectivement inconscient.

Taux de prévalence apparente : valeur approchée en pourcentage de la prévalence réelle des échecs à l'étourdissement dont la mesure résulte de la seule utilisation des moyens mis en œuvre pour les identifier dans une population déterminée, au cours d'une période donnée.

Taux de prévalence limite : c'est le taux de prévalence le plus faible que la taille de l'échantillon permet de détecter avec un niveau de confiance de 95 %.

Taux de prévalence réelle d'échec à l'étourdissement : pourcentage total véritable d'échecs à l'étourdissement, dans le cadre de ce rapport, dans une population déterminée, au cours d'une période donnée.

Tir : application du procédé d'étourdissement par percussion à l'aide d'un pistolet à tige perforante. Dans le contexte de l'abattage des bovins adultes, le procédé d'étourdissement par percussion est le plus utilisé, et le seul qui sera considéré dans ce rapport. Plusieurs tirs peuvent être nécessaires pour obtenir l'inconscience.

2 Contexte, attendus et objectifs de l'autosaisine

2.1 Contexte

Le groupe de travail (GT) « Bien-être animal » (BEA) de l'Anses a conduit depuis sa création en 2012 trois expertises de projets de guides de bonnes pratiques (GBP) « de protection animale en abattoir »¹ pour les filières bovine, ovine et porcine (Anses, 2012 ; Anses, 2013a ; Anses, 2013b). L'Anses s'est par ailleurs autosaisie afin d'émettre des « Recommandations pour l'élaboration d'un Guide de bonnes pratiques pour assurer le bien-être des animaux » (2014-SA-0252²). Dans ce dernier avis, l'Agence insiste sur l'importance des contrôles de la mise en œuvre des bonnes pratiques et de l'échantillonnage nécessaire pour les faire : « *Pour évaluer la mise en œuvre et l'efficacité des bonnes pratiques décrites dans le guide par rapport aux objectifs fixés, des indicateurs d'évaluation sont à prévoir et des contrôles sont à réaliser par les opérateurs. Ces contrôles servent de point de départ à une démarche de progrès. Ils peuvent résulter d'obligations réglementaires (règlement (CE) N° 1099/2009 sur l'abattage ; (...)). Deux types de contrôles peuvent être mis en œuvre dans la structure : (i) des contrôles systématiques (contrôles de premier niveau ou contrôles opérateur (...)) ; (ii) des contrôles réguliers par échantillonnage (contrôles de second niveau (...)) dont la méthode d'échantillonnage doit être décrite* ».

Les auteurs des GBP pour la protection animale en abattoir ont la responsabilité de proposer des procédures de contrôles dans leurs documents. Ainsi le règlement 1099/2009/CE précise dans son article 5, point 1, « Contrôle de l'étourdissement » que : « *Les exploitants veillent à ce que les personnes chargées de l'étourdissement ou d'autres membres désignés du personnel procèdent à des contrôles réguliers pour s'assurer que les animaux ne présentent aucun signe de conscience ou de sensibilité pendant la période comprise entre la fin de l'étourdissement et la mort. Ces contrôles sont effectués sur un échantillon d'animaux suffisamment représentatif et leur fréquence est déterminée en fonction du résultat des contrôles précédents et de tout facteur susceptible d'influer sur l'efficacité du processus d'étourdissement* ».

Les avis et rapports émis par l'Anses sur les trois premiers projets de GBP pour la protection animale en abattoir font apparaître que les procédures d'échantillonnage lors des contrôles sont un élément essentiel pour garantir la mise en œuvre des bonnes pratiques au sein de l'abattoir (Anses, 2012 ; Anses, 2013a ; Anses, 2013b). Cependant, ces procédures ont été jusqu'alors peu ou insuffisamment formalisées dans les différents documents produits par les professionnels. Les rapports de l'Anses précisent à ce sujet : « *Il est nécessaire qu'une technique d'échantillonnage soit définie à l'avance. Elle doit recevoir l'aval des autorités compétentes. En ce qui concerne l'étourdissement et la mise à mort, un texte de l'EFSA³ présente un outil de calcul de l'échantillon en fonction du pourcentage minimal d'animaux mal étourdis que l'on souhaite pouvoir détecter s'ils sont présents. Un rapport complémentaire de l'Anses devrait proposer une démarche d'échantillonnage pour les guides de bonnes pratiques de protection animale en abattoir.* » (Anses, 2013b : 2013-SA-0222⁴).

¹ 2012-SA-0231 : « évaluation du Guide de Bonnes Pratiques d'abattage des bovins en matière de protection animale » ; 2013-SA-0166 : « évaluation du projet de Guide de Bonnes Pratiques d'abattage des ovins en matière de protection animale » ;

2013-SA-0222 : « évaluation du projet de Guide de bonnes pratiques de la protection des porcs en abattoir ».

² <https://www.anses.fr/fr/system/files/SANT2014sa0252.pdf>.

³ EFSA (2013) Scientific Opinion on monitoring procedures at slaughterhouses for pigs EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW), EFSA Journal 2013;11(12):3523.

⁴ <https://www.anses.fr/fr/system/files/SANT2013sa0222Ra.pdf>

Dans ce cadre, l'Anses s'est autosaisie le 3 juin 2015 pour mener une réflexion méthodologique sur l'échantillonnage à l'abattoir pour le contrôle de la mise en œuvre des bonnes pratiques pour la protection animale au moment de leur mise à mort en approfondissant l'expertise relative aux méthodes d'échantillonnage existant dans d'autres domaines. Ce travail, nécessaire pour toutes les catégories d'animaux, a été réalisé dans un premier temps pour la production porcine (2015-SA-0087⁵). La filière bovine, objet du présent rapport, lui fait suite.

L'autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA) a publié en 2013 un avis scientifique sur les modalités de surveillance de la protection animale dans les abattoirs de bovins⁶ (EFSA, 2013a). Un protocole d'échantillonnage⁷ pour le contrôle du respect des bonnes pratiques de protection animale a été établi (Efsa, 2013b). Il doit permettre de déterminer le plan d'échantillonnage pour le contrôle de second niveau effectué par le RPA de l'abattoir par l'observation des indicateurs de conscience sur les animaux, le contrôle de premier niveau étant réalisé par les opérateurs, de manière systématique. Même si la méthode statistique définie par ce rapport est transposable à la situation des abattoirs français, les valeurs de sensibilité et spécificité ainsi que les indicateurs de conscience pris en considération ont nécessité une adaptation à la situation française. La formule de base délivrée dans le rapport de l'EFSA est celle qui a été reprise ci-après par les experts pour proposer un protocole d'échantillonnage. En revanche, le choix des indicateurs retenus ainsi que l'évaluation de leurs performances en situation à l'abattoir ont fait l'objet d'un travail spécifique pour le contexte français en complément du travail réalisé par l'EFSA. Même si le règlement 1099/2009/CE précise dans son article 5 que « *Les exploitants veillent à ce que les personnes chargées de l'étourdissement (...) procèdent à des contrôles réguliers pour s'assurer que les animaux ne présentent aucun signe de conscience ou de sensibilité pendant la période comprise entre la fin de l'étourdissement et la mort* », il existe, en situation, des animaux conscients qui peuvent ne pas être détectés. Il est donc nécessaire, dans le cadre d'autocontrôles, que soit fixée une limite d'échecs à l'étourdissement à ne pas dépasser. Cette limite sera fixée par le gestionnaire.

Par ailleurs, en référence à ce seuil fixé par le gestionnaire, la démarche d'amélioration des performances mise en place par les abattoirs eux-mêmes, a pour objectifs :

- si le taux d'échecs est situé au-dessus du seuil, de passer rapidement en dessous de ce seuil ;
- si le taux d'échecs est situé en dessous du seuil, de s'améliorer encore pour tendre vers 0, tel que voulu par le règlement 1099/2009/CE.

Lorsque le gestionnaire a fixé une limite maximale d'échecs, la démarche d'autocontrôle s'effectue en deux périodes successives :

- la première période de la démarche consiste à déterminer le taux initial d'échecs à l'étourdissement de l'abattoir, dit T_0 , et à le comparer au seuil fixé par le gestionnaire ;
- la seconde période de la démarche consiste à fixer un taux de prévalence limite, dit T_1 , comme limite ou objectif à atteindre. Cette valeur peut être fixée par le gestionnaire comme valeur maximale d'échecs à l'étourdissement ou être une valeur encore inférieure déterminée par l'abattoir dans un but d'amélioration continue.

2.2 Rappels réglementaires

Le travail réalisé pour le présent rapport est basé sur plusieurs articles du règlement 1099/2009/CE et notamment :

⁵ <https://www.anses.fr/fr/system/files/SABA2015SA0087Ra.pdf>

⁶ <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2013.3460>.

⁷ <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/sp.efsa.2013.EN-541>

« Art 4 : Les animaux sont mis à mort uniquement après étourdissement selon les méthodes et les prescriptions spécifiques relatives à leur application, exposées à l'annexe I. L'animal est maintenu dans un état d'inconscience et d'insensibilité jusqu'à sa mort.⁸

Art 5 : Ces contrôles sont effectués sur un échantillon d'animaux suffisamment représentatif et leur fréquence est déterminée en fonction du résultat des contrôles précédents et de tout facteur susceptible d'influer sur l'efficacité du processus d'étourdissement ;

Art 15 : Les méthodes d'immobilisation ci-après sont interdites : a) suspendre ou hisser des animaux conscients ».

L'article 16 demande de préciser le nombre d'animaux à inclure dans l'échantillon. La population cible, ainsi que le pas de temps pour réaliser cet échantillonnage, doivent être définis. L'article 16 précise que les protocoles d'échantillonnage sont à cibler en fonction de facteurs de risque : « Art 16, 2. Les procédures de contrôle visées au paragraphe 1 du présent article décrivent la manière dont les contrôles visés à l'article 5 doivent être effectués et comprennent au moins : ... b) les indicateurs servant à déceler les signes d'inconscience et de conscience ou de sensibilité chez les animaux; les indicateurs servant à déceler l'absence de signes de vie chez tous les animaux abattus conformément à l'article 4, paragraphe 4 ; c) les critères servant à déterminer si les résultats des indicateurs visés au point b) sont satisfaisants ; d) les cas dans lesquels et/ou le moment auquel le contrôle doit être effectué ; e) le nombre d'animaux dans chaque échantillon qui doit faire l'objet de vérifications lors du contrôle ».

Conformément aux considérants du règlement 1099/2009 CE :

(20) : « Beaucoup de méthodes de mise à mort sont douloureuses pour les animaux. L'étourdissement est donc nécessaire pour provoquer un état d'inconscience et une perte de sensibilité avant la mise à mort ou au moment de celle-ci. Mesurer la perte de conscience et de sensibilité d'un animal est une opération complexe pour laquelle il est nécessaire de suivre une méthode scientifiquement approuvée. Il conviendrait néanmoins de réaliser un suivi au moyen d'indicateurs afin d'évaluer l'efficacité de la procédure en conditions réelles. »

(21) : « Le contrôle de l'efficacité de l'étourdissement est principalement fondé sur l'évaluation de l'état de conscience et de la sensibilité des animaux ».

2.3 Situation européenne quant aux contrôles par échantillonnage dans les abattoirs

L'interprétation des articles du règlement 1099/2009/CE diffère selon les pays et les auteurs, professionnels ou experts.

Afin d'avoir les détails de la réflexion sur le sujet dans les différents pays de l'Union européenne, un parangonnage a été réalisé. Les points focaux de l'Autorité européenne pour la sécurité sanitaire (EFSA) des États membres ont donc été sollicités par l'Anses en janvier 2017. Il leur a été demandé si des plans de contrôle par échantillonnage étaient mis en œuvre au sein des abattoirs de leur pays.

Les experts de l'Anses souhaitaient avoir accès à :

- o la méthode de réalisation des plans d'échantillonnage,
- o les personnes/ la structure qui ont/a réalisé ces plans,

⁸ Règlement 1099/2009/CE, Article 4, paragraphe 4 « Pour les animaux faisant l'objet de méthodes particulières d'abattage prescrites par des rites religieux, les prescriptions visées au paragraphe 1 ne sont pas d'application pour autant que l'abattage ait lieu dans un abattoir. » et Article 5, paragraphe 2 : « Lorsque, aux fins de l'article 4, paragraphe 4, les animaux sont mis à mort sans étourdissement préalable, les personnes chargées de l'abattage procèdent à des contrôles systématiques pour s'assurer que les animaux ne présentent aucun signe de conscience ou de sensibilité avant de mettre fin à leur immobilisation et ne présentent aucun signe de vie avant l'habillage ou l'échouage ».

- les personnes/ la structure qui ont/a validé ces plans.

Dix-huit États membres sur les 27 sollicités ont répondu. Cependant, lorsque des plans d'échantillonnage existent, comme en ont fait part cinq États membres, leur élaboration n'a pas été précisément décrite dans leur réponse. Les experts ont noté l'hétérogénéité des éléments reçus. Les pratiques dans les États membres sont effectivement propres à chacun d'entre eux. De plus, lorsque la pratique du contrôle des bonnes pratiques par échantillonnage existe, les abattoirs de cet Etat n'appliquent pas forcément une seule et même méthode (cf. Annexe 8).

2.4 Enjeux

L'abattage des animaux est une nécessité qui sous-tend l'élevage des animaux de rente. L'abattage est en général admis par la société à condition que cet acte n'entraîne pas de douleur évitable à l'animal comme l'exige le règlement 1099/2009/CE. C'est dans ce contexte que les filières ont pris des mesures pour mettre en œuvre des techniques d'étourdissement avant la saignée afin que l'animal soit inconscient au moment de l'incision des vaisseaux et ce jusqu'à sa mort, comme l'exige le règlement 1099/2009/CE.

Les professionnels français ont pris l'initiative de rédiger des GBP pour assurer la protection des animaux au moment de leur mise à mort. Les agents chargés de leur mise en application sont formés pour pouvoir répondre au mieux aux situations critiques pour la protection animale de l'arrivée jusqu'à la mort des animaux à l'abattoir. Ces guides ont été validés ou sont en cours de validation par les services du ministère chargé de l'agriculture. Ils supposent que des procédures sont mises en place pour permettre un suivi de l'efficacité des opérations d'abattage et de la possibilité d'améliorer ces opérations. Ce suivi doit permettre également aux abattoirs de produire, sur demande de l'autorité compétente, des éléments chiffrés de la mise en œuvre des mesures annoncées dans les GBP.

La question posée a trait exclusivement aux processus d'abattage incluant une étape d'étourdissement, en vue de faire progresser l'efficacité de cette étape, selon la réglementation en vigueur. Le déroulement de l'expertise a conduit l'unanimité du CES à souligner les difficultés inhérentes à la coexistence de processus avec et sans étourdissement, ainsi que le permet la dérogation prévue dans le règlement 1099/2009/CE. Ces difficultés sont éprouvées tant par les opérateurs chargés de la mise à mort que par les acteurs du contrôle et sont d'ordre éthique et de morale personnelle. Bien que l'abattage sans étourdissement soit en dehors de la question de l'auto-saisine, un expert a considéré, malgré son accord sur les travaux scientifiques menés, la conclusion et les recommandations qui en sont issues, qu'il s'abstenait d'en adopter les termes.

2.5 Attendus, périmètre et objectifs du travail d'expertise

La méthode d'échantillonnage qui peut être utilisée dans le cadre de la surveillance de la mise en œuvre des bonnes pratiques de protection des animaux au moment de leur mise à mort passe par la détermination du nombre d'animaux à sélectionner dans la population d'animaux abattus pour constituer un échantillon. La taille de cet échantillon dépend :

- (1) soit du taux de prévalence attendue des échecs à l'étourdissement, assortie d'une certaine précision, dans le cas de l'estimation de la proportion d'échecs à l'étourdissement dans une population d'animaux abattus ;
- (2) soit du taux de prévalence limite à ne pas dépasser, qui doit être fixé *a priori*, dans le cas de la détection des échecs à l'étourdissement dans une population d'animaux abattus.

Ces contrôles nécessitent des ressources en temps et en personnel. Le champ de ce rapport va donc au-delà de la simple prise en compte de règles statistiques et considère l'organisation de l'abattoir.

En préalable à l'expertise, les experts ont fixé le périmètre de travail suivant : la présente expertise concerne la protection des bovins au moment de leur mise à mort. L'étape du processus d'abattage concernée se situe donc **entre le tir pour étourdir et le début de l'habillage**. La méthode

d'échantillonnage et la surveillance des bonnes pratiques de protection animale par échantillonnage s'adressent au RPA. La méthode d'échantillonnage proposée *in fine* par cette expertise s'appuie sur l'évaluation de l'état de conscience des animaux entre le tir pour étourdir et le début de l'habillage. Il conviendra de noter que d'autres protocoles d'échantillonnage devront être mis en place pour le contrôle d'autres étapes de l'activité de l'abattoir puisque, selon le règlement 1099/2009/CE, les règles de bonne protection des animaux en abattoir doivent être suivies **de l'arrivée des animaux jusqu'à leur mort**.

Afin d'atteindre cet objectif plusieurs étapes ont été nécessaires, elles sont résumées dans la

Figure 1 ci-après. Ainsi, il a fallu caractériser, dans un premier temps, les abattoirs concernés, en particulier le nombre d'animaux abattus par période de temps (cadence) pour caractériser les populations des animaux abattus. La DGAL a fourni aux experts les données d'abattage de bovins en France en 2017. Il fut également nécessaire d'obtenir des estimations du taux de prévalence d'échecs à l'étourdissement en abattoir de bovins en France car peu de données étaient accessibles. Des données sur lesquelles s'appuie ce rapport ont été recueillies en abattoir par des observateurs spécifiquement mandatés. En outre, les estimations des valeurs de sensibilité et spécificité des indicateurs de conscience, utilisés dans les conditions d'abattage en France étaient indispensables. Ces données n'étant pas disponibles dans la littérature, il a été décidé de mener des travaux d'élicitation des connaissances d'experts. Enfin, en prenant appui sur tous ces résultats, pour les abattoirs dont la taille de la population permet un contrôle de second niveau par échantillonnage, des tailles d'échantillons ont été estimées en fonction des objectifs à atteindre pour chaque point d'observation du RPA sur la chaîne d'abattage⁹. Les points d'observation du RPA sont les suivants : au box d'abattage¹⁰, à l'affalage, juste avant l'incision des vaisseaux et pendant la saignée.

A la suite de l'expertise de trois projets de GBP pour la protection animale en abattoir, l'Anses s'est autosaisie dans le but d'être en accord avec le règlement européen (1099/2009) sur les contrôles de second niveau à réaliser par le RPA pour s'assurer de l'absence de conscience des animaux au moment de leur mise à mort. Ce rapport propose une méthode d'échantillonnage pour la réalisation de ces contrôles de second niveau. Il ne décrit pas de méthode de contrôle de second niveau lorsque l'échantillonnage ne peut pas être mis en place (cf. 7.1 « Taille limite de l'échantillon »).

L'objectif de ce travail est de déterminer une méthode d'échantillonnage permettant de s'assurer que les populations des bovins abattus ne présentent pas une proportion d'animaux conscients, après application du procédé d'étourdissement, supérieure à un seuil retenu (appelé taux de prévalence limite, TPL).

Dans ce contexte, le suivi de l'efficacité de l'étourdissement des animaux doit être :

- systématique, sur chaque bovin, pour les opérateurs qui interviennent sur les animaux (contrôle de 1^{er} niveau) ;
- par échantillonnage, pour les RPA, lorsque la population d'échantillonnage est suffisante pour permettre sa réalisation. Le RPA doit assurer une traçabilité des contrôles (contrôle de 2nd niveau) ;
- par une procédure décrite lorsque la population est insuffisante pour pouvoir échantillonner, pour les RPA. Le RPA doit assurer une traçabilité du contrôle.

⁹ Pour les abattoirs dont la taille de la population ne permet pas un contrôle de second niveau par échantillonnage, cf. paragraphe 7.3.3 « *Situations de non applicabilité du protocole d'échantillonnage* ».

¹⁰ Le box d'abattage est le système de contention dans lequel les animaux sont maintenus pour être étourdis. Le box d'abattage sera dénommé box dans la suite du document.

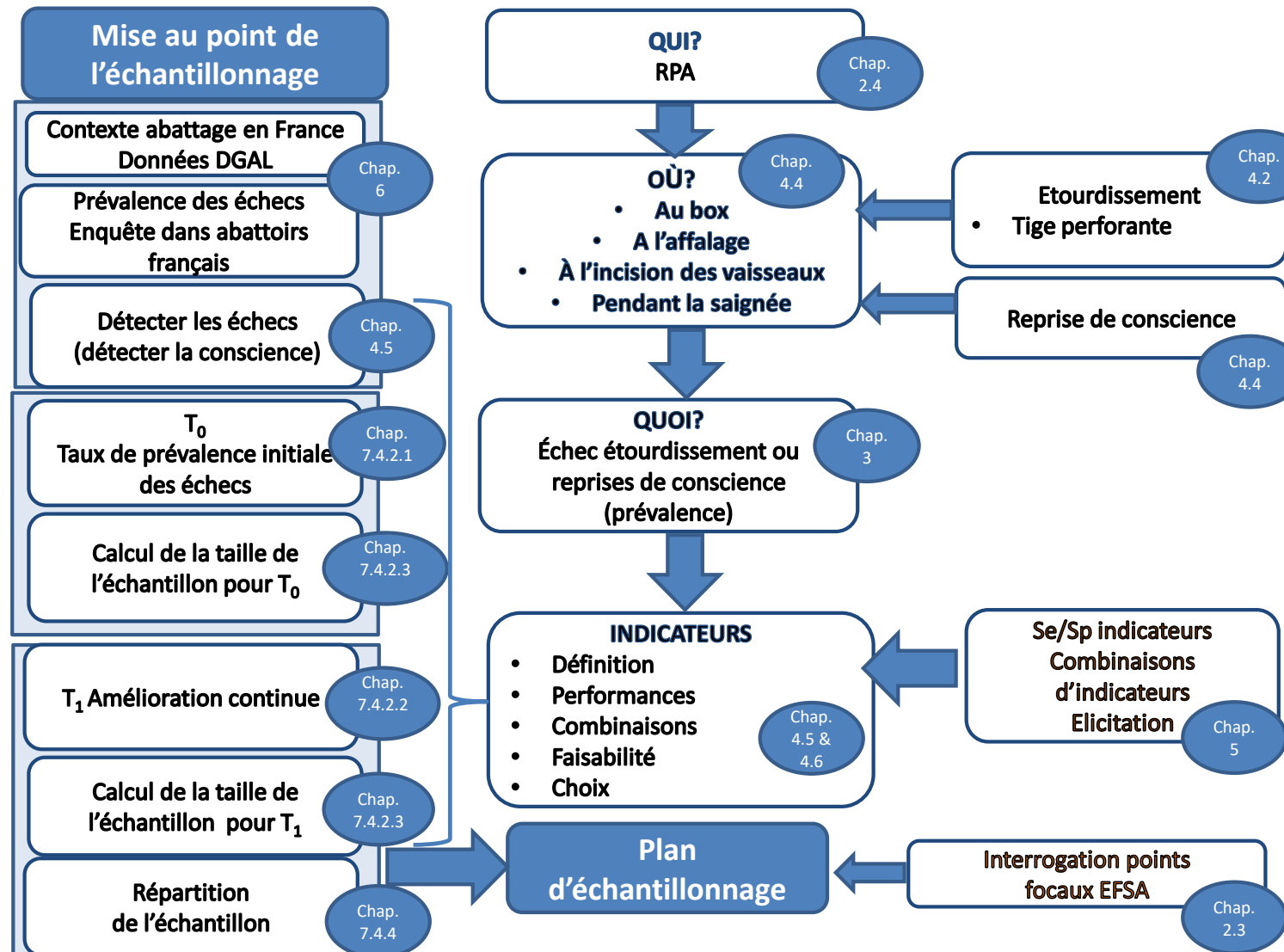


Figure 1 : Schéma conceptuel du travail d'expertise (les numéros dans les bulles se réfèrent aux chapitres du rapport)

3 Considérations sur les techniques d'échantillonnage

3.1 Structure de la population d'échantillonnage

3.1.1 Définition de la population d'échantillonnage

La définition de la **population cible**, population ou groupe d'animaux, à laquelle les résultats d'une étude doivent être applicables, est cruciale. La population cible à échantillonner doit être définie quant à sa nature, son exposition au risque, sa position dans l'espace et son effectif dans le temps (Toma *et al.*, 2001).

Pour une même espèce, selon différents facteurs de variation, la proportion d'échecs à l'étourdissement et la sensibilité des indicateurs sont variables. Par conséquent, il est indispensable d'adapter un plan d'échantillonnage au type particulier d'animaux, c'est-à-dire à sa population cible. De plus, l'EFSA recommande de prendre en compte la notion de facteurs de risque d'échec à l'étourdissement dans l'élaboration des plans d'échantillonnage en abattoirs. Dans la filière bovine, les animaux, à l'abattoir, sont considérés individuellement car la notion de « lot d'animaux », comme prise en compte pour la filière porcine, n'est pas applicable.

Tableau 1 : Facteurs de risque d'échec de l'étourdissement des bovins par pistolet à tige perforante (adapté de EFSA 2013a p.51, cf. Table 10)

	Facteur de risque	Risque de mauvais étourdissement (*)	Risque de mauvaise évaluation de l'efficacité de l'étourdissement (*)
Opérateurs	Compétence, Expérience, Fatigue	x	x
Equipements	Caractéristiques, Maintenance, Enregistrements de l'entretien	x	
Enregistrements des vérifications	Conformité avec les enregistrements passés	x	x
Animaux	Catégorie/ Type génétique/ Tempérament ¹¹ / Poids vif	x	x
Abattoirs	Cadence d'abattage	x	x

(*) le choix de cette catégorie de risque est issu uniquement d'avis d'experts.

¹¹ *There are many definitions of "temperament" or "personality", the one proposed by Pervin and John (1997; cited by (Gosling, 2001)), "consistent patterns of feeling, thinking, and behaving", incorporates three different elements, namely emotion, cognition and behaviour. To qualify for the label "temperament" or "personality", individual differences have to be consistent over time and across situations (Erhard and Schouten, 2001), which are typically social isolation, novelty, suddenness, response to predator or human (Boissy et Erhard, 2014).*

3.1.2 Variabilité des individus de la population d'échantillonnage

La constitution d'un échantillon adapté pour estimer la prévalence d'animaux conscients à chacun des quatre points d'observation (au box, à l'affalage, juste avant l'incision des vaisseaux, pendant la saignée) sur la chaîne d'abattage suppose certaines conditions.

La composition de la population dans laquelle sera constitué l'échantillon doit être stable dans le temps et l'échantillon doit être représentatif de la population concernée (la représentativité est assurée par un tirage aléatoire des individus constituant l'échantillon). Les paramètres de l'abattage doivent être constants.

Des facteurs de variation peuvent avoir une influence *in fine* sur l'efficacité du processus d'étourdissement et sont donc à prendre en compte. Ce sont, notamment, la race, le sexe, l'âge des animaux, le mode d'élevage, la conduite avant l'arrivée dans le box :

- Les races des bovins sont très variées. Elles sont de type laitier, allaitant ou rustique¹². Elles se caractérisent par des modes de production distincts. Ces animaux se différencient en particulier par leur format, leur comportement et leur cornage.
- Les animaux peuvent être des mâles entiers, des femelles ou des bœufs¹³. Leur taille, cornage et comportement varient.
- Des animaux d'âges très différents peuvent être abattus¹⁴. Des animaux jeunes peuvent avoir de huit mois, pour les veaux de Lyon et de Saint-Etienne, à 20 mois pour les jeunes bovins. Les femelles peuvent être abattues entre deux ans et plus de dix ans en fonction du mode de production. Ces animaux nécessitent une attention individualisée en raison de leur taille, de leur comportement, de leur cornage et de leur stade physiologique (cf. GBP professionnels¹⁵). Les taureaux de reproduction sont une catégorie à caractéristiques spécifiques et ne sont pas considérés dans le présent rapport car ils sont en général hors gabarit.
- Certaines filières cherchent à abattre des animaux finis à l'herbe et donc plutôt de façon saisonnière en fin de pâturage.
- Le mode d'élevage est également variable¹⁶. Les vaches laitières ont en général des contacts répétés avec les humains depuis la naissance alors que les animaux du troupeau allaitant ont, en particulier pendant la phase estivale, peu de contacts avec les humains. Diverses pratiques, telles que l'écornage et la castration, peuvent également modifier leurs comportements ultérieurs. Tous ces facteurs ont un impact sur le comportement des animaux lors des manipulations à l'abattoir.
- La conduite d'un animal avant l'entrée dans le box d'abattage a un impact important sur son état émotionnel au moment de l'étourdissement et a de ce fait un impact sur l'efficacité de l'étourdissement (Bourguet, *et al.*, 2011).

D'autres facteurs de variation peuvent découler des stratégies des abattoirs et des professionnels qui commercialisent les animaux :

- Il existe des professionnels¹⁷ spécialisés qui commercialisent les animaux : maquignons, marchands de bestiaux et chevillards. Ces professionnels prospectent les animaux dans les

¹² <http://fr.france-genetique-elevage.org/Diversite-des-races-bovines.html>

¹³ <https://www.la-viande.fr/economie-metiers/economie/chiffres-cles-viande-bovine/cheptel-bovin-production-viande-bovine>

¹⁴ https://www.coordinationrurale.fr/images/viande/Rapport_2014_v17_viande.pdf

¹⁵ http://www.interbev.fr/wp-content/uploads/2014/04/gbp_maitrise-protection-bovins-abattoir.pdf

¹⁶ http://www.journees3r.fr/IMG/pdf/2007_07_comportement_06_Mounaix.pdf

¹⁷ <http://interbev-bretagne.fr/metiers/commercant-en-animaux-vivants/>

exploitations et les marchés où ils sont rassemblés. Ils peuvent ensuite les mettre à la vente à proximité ou dans des abattoirs distants ou même les remettre à la vente sur d'autres marchés¹⁸.

- Chaque abattoir peut abattre certains types d'animaux en fonction, par exemple de clients ciblés. Ainsi, certains abattoirs peuvent abattre uniquement des vaches de réforme, d'autres peuvent abattre des génisses, pour alimenter différents marchés. Chaque abattoir peut également structurer ses abattages dans le temps, en fonction des stratégies des chevillards qui l'approvisionnent. Il peut, par exemple, abattre plus spécifiquement des vaches de réforme un jour et des jeunes bovins un autre jour.
- Enfin, l'approvisionnement en bovin est saisonnier¹⁹. Les jeunes bovins sont en général abattus à la fin de la période hivernale. Les vaches allaitantes, de réforme et les génisses sont en grande partie abattues à la « sortie de l'herbe », c'est-à-dire à la fin de la période de la pousse de l'herbe ou après la fin de la lactation qui est souvent fonction de la disponibilité de l'herbe au pâturage.

Enfin, des facteurs de variation sont liés à l'abattoir proprement dit et sont susceptibles de moduler les résultats de l'étourdissement :

- La conception des zones de repos et les couloirs d'amenée au box peuvent être variables.
- Différents types de box sont disponibles (avec ou sans contention, avec des parois amovibles ou non, etc.),
- Une mentonnière pour le maintien de la tête de l'animal peut être présente ou non,
- Des dispositifs d'étourdissement variés sont utilisés. Les deux types principaux de matériel sont :
 - o *Le pistolet à tige perforante appliqué manuellement sur la tête du bovin.* La pièce de fer est propulsée dans la boîte crânienne à l'aide d'une cartouche à blanc. Les cartouches utilisées sont de puissance variable choisie en fonction du type d'animal concerné. Les cartouches de forte puissance ont un coût supérieur à celui des autres (ordre de grandeur : deux euros pour les plus puissantes, un euro pour les autres).
 - o *Le pistolet à tige perforante pneumatique.* Le coût initial de cet équipement est plus élevé que dans le cas de l'abattage par pistolet manuel. Il nécessite des formations et des précautions d'utilisation spécifiques, pour limiter les risques d'accident pour les opérateurs. Néanmoins, la tête du bovin étant maintenue par une mentonnière et l'application du pistolet pneumatique étant plus standardisée, la trajectoire du tir est moins aléatoire que celle obtenue avec le matériel précédent (cf. protocole de T. Grandin²⁰).

Tous ces facteurs de variation doivent être pris en compte car ils conditionnent la stratégie d'échantillonnage.

3.2 Rappels sur les notions de prévalence attendue et de taux de prévalence limite (TPL)

En l'absence de facteur de risque identifié, le taux de prévalence d'échecs à l'étourdissement dont il sera question par la suite est valable pour l'ensemble des bovins de la population cible.

¹⁸ <https://www.la-viande.fr/webtv/marche-bestiaux>

¹⁹ <http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/articles00031A5.pdf>

²⁰ https://animalhandling.org/producers/guidelines_audits

Le taux de prévalence des échecs à l'étourdissement observé dans les abattoirs de bovins est un taux de prévalence apparente. L'écart entre le taux de prévalence apparente et le taux de prévalence réelle dépend des performances du système de détection des échecs, dans le cas présent, de la sensibilité globale de la combinaison d'indicateurs utilisée pour détecter les animaux conscients. Cet écart est calculé en utilisant la formule de Rogan et Gladen (1978) (cf. Annexe 3). Dans la suite de ces travaux, ce sont donc des taux de prévalence d'échecs apparents dont il sera question, pour simplifier la lecture, ces termes seront simplifiés en « taux de prévalence d'échecs ».

La sensibilité de la combinaison des indicateurs de conscience choisis est prise en compte pour le calcul de la prévalence réelle d'échecs car des résultats faussement négatifs reviendraient à sous-estimer le taux d'animaux présentant réellement un échec à l'étourdissement. La spécificité de la combinaison des indicateurs (Sp_g) reflète le taux d'animaux faux-positifs, c'est-à-dire les animaux correctement étourdis et inconscients mais qui ont été notés conscients par l'observateur. A l'abattoir, les faux-positifs ne représentent pas un risque d'atteinte à la protection animale. L'évaluation des valeurs de Se et Sp qui a été faite par élicitation (cf. chapitre 5) a démontré que les indicateurs retenus présentent des spécificités supérieures à 97 % (sauf un à 85 %), ce qui limitait la proportion d'animaux faux-positifs. Une attention particulière a toutefois été portée sur la spécificité des combinaisons d'indicateurs puisque, si la sensibilité augmente lorsqu'on ajoute des indicateurs dans une combinaison, à l'inverse la spécificité, elle, diminue. Une baisse de spécificité conduit à une surestimation de la prévalence d'échecs à l'étourdissement. Ceci peut avoir des conséquences techniques et organisationnelles pour l'abattoir (ré-étourdissements d'animaux faux-positifs, éventuellement perte de confiance dans l'interprétation des indicateurs, et impact sur l'objectif de certains cahiers des charges). Du fait de ces différents éléments, bien que la spécificité de la combinaison des indicateurs (Sp_g) ne soit pas prise en compte dans le calcul de la taille des échantillons, le choix du RPA parmi les combinaisons d'indicateurs les plus sensibles se portera sur celles dont la spécificité est la plus élevée.

3.3 Objectifs d'un plan de contrôle par échantillonnage

L'objectif général est d'estimer les taux d'échecs à l'étourdissement d'un abattoir donné puis de s'assurer que le taux de prévalence des échecs à l'étourdissement se situe, tout au long de la période d'activité, en deçà d'un seuil fixé.

Les rapports de l'Anses sur les projets de GBP de protection animale en abattoir conformément au règlement 1099/2009/CE, précisent que tous les animaux doivent être contrôlés par les opérateurs et que le RPA vérifie, à un second niveau, l'efficacité de l'étourdissement selon le protocole d'échantillonnage prévu. Les résultats obtenus à partir d'un échantillon aléatoire sont extrapolés à la population cible avec une précision définie. En effet, à condition de respecter certains principes de sélection de l'échantillon, l'échantillonnage permet d'estimer le taux de prévalence (dont l'exactitude et la précision dépendent du mode de sélection et de la taille de l'échantillon) sans examiner toute la population.

Le plan de contrôle par échantillonnage proposé comprend deux séquences :

- (1) L'estimation initiale du taux de prévalence des échecs à l'étourdissement (ci-après dénommé T_0) à chaque point d'observation de la chaîne d'abattage : au box (1), à l'affalage (2), à l'incision des vaisseaux (3), pendant la saignée (4) avec une précision donnée (cf. 3.3.1). Ce T_0 servira de référence pour fixer les objectifs à atteindre selon un processus d'amélioration continue faisant l'objet de l'étape suivante ;
- (2) Une fois le T_0 établi, un seuil T_1 (inférieur ou égal à T_0) pourra être défini comme objectif de taux de prévalence d'échecs à ne pas dépasser. Ce T_1 correspond donc à un taux de prévalence limite (TPL) à ne pas dépasser à chaque point d'observation. Ce taux T_1 pourra être revu à la baisse au cours du temps, toujours dans l'objectif d'un processus d'amélioration continue (cf. 3.3.2). Si ce seuil est dépassé, des mesures correctrices doivent être mises en œuvre rapidement et suivies d'une vérification de leur efficacité.

Théoriquement, les échecs à l'étourdissement que l'on cherche à détecter sont rares (le taux de prévalence d'échecs est donc faible, par exemple inférieur à 1 %). Il est donc souhaitable de fonder l'échantillonnage sur une analyse des risques, afin de maximiser les chances de détection de l'événement s'il devait survenir. Il est donc nécessaire de connaître les facteurs de risque qu'un animal reste conscient suite à son étourdissement (exemple : type de production, hétérogénéité animaux abattus sur la période, défaillance du matériel... cf. Tableau 1). Le protocole d'échantillonnage est donc à définir pour chaque catégorie d'animaux et type d'abattoir (notamment capacité journalière d'abattage), d'où la difficulté pour définir un cadre général à ce type de contrôle. L'échantillon doit être de caractéristiques semblables à la population dont il est issu. La population d'échantillonnage correspond aux animaux abattus pendant une période au cours de laquelle la population considérée doit être constituée d'animaux dont les caractéristiques sont les plus similaires possible.

3.3.1 Estimation des taux de prévalence initiale d'échecs à l'étourdissement (T₀)

Dans ce rapport, le T₀ de chaque point d'observation correspond au taux de prévalence initiale d'animaux présentant des indicateurs de conscience. Il est déterminé à chacun des quatre points de contrôle du RPA (au box, à l'affalage, à l'incision des vaisseaux, pendant la saignée, définis au paragraphe 4.4). Ce T₀ est assorti d'une certaine précision, directement dépendante du nombre d'animaux contenus dans l'échantillon. Le nombre d'animaux à observer est donc fonction de la précision souhaitée : meilleure sera la précision souhaitée, plus grande devra être la taille de l'échantillon.

Le T₀ doit être estimé sur une période suffisante pour s'assurer de la représentativité de l'activité de l'abattoir sans aller au-delà d'une période d'un mois d'observation. Au-delà de cette période, les experts ont estimé qu'un nouvel échantillonnage pour établir un nouveau T₀ devait être effectué.

3.3.2 Suivi du taux de prévalence d'échecs à l'étourdissement en vue de son amélioration (T₁)

Pour chacun des quatre points d'observation, l'objectif, une fois le T₀ déterminé, consiste à vérifier, par un échantillonnage adapté, que le taux de prévalence d'échecs de l'abattoir ne dépasse pas un seuil T₁ d'échecs à l'étourdissement. Les modalités de fixation de ce seuil devraient être définies par l'autorité compétente.

D'une manière générale, le contrôle de second niveau par échantillonnage pour le suivi d'un T₁ doit tenir compte de plusieurs facteurs :

- le respect de l'objectif de protection animale tel que défini dans le règlement CE/1099/2009²¹ (article 5) ;
- l'activité de l'abattoir : la probabilité d'observer un animal considéré conscient dans la population étant faible (cf. ci-après chapitre 3.3.3), la période d'observation doit être suffisamment longue pour atteindre une population de taille suffisante pour permettre un échantillonnage.
- la représentativité de la période au regard de la stabilité de l'efficacité du procédé d'étourdissement (maintenance, arrêt de chaîne, changements d'équipes...).

²¹ Art 5 : Ces contrôles sont effectués sur un échantillon d'animaux suffisamment représentatif et leur fréquence est déterminée en fonction du résultat des contrôles précédents et de tout facteur susceptible d'influer sur l'efficacité du processus d'étourdissement.

Les experts proposent deux temps successifs pour le contrôle de second niveau, à chaque point d'observation du RPA, au box (1), à l'affalage (2), à l'incision des vaisseaux (3), pendant la saignée (4).

Chacun de ces temps nécessite la réalisation d'un échantillonnage :

- la première étape correspond à l'estimation initiale du taux de prévalence d'échecs à l'étourdissement de l'abattoir (T_0) ;
- la seconde étape qui fait suite au T_0 , correspond à un processus d'amélioration continue, en surveillant que le taux de prévalence d'échecs ne dépasse pas le seuil préétabli T_1 .

3.3.3 Situations dans lesquelles un échantillonnage n'est pas possible

Dans certains cas, la population d'échantillonnage ne contient pas assez d'individus pour appliquer le contrôle par échantillonnage. Le nombre d'individus à inclure dans l'échantillon est plus important que le nombre d'individus constituant la population d'échantillonnage ou correspond à plus de 90 % de cette population. Ces situations sont évoquées dans le chapitre 7, au paragraphe 7.3.3 « Situations de non applicabilité du protocole d'échantillonnage ».

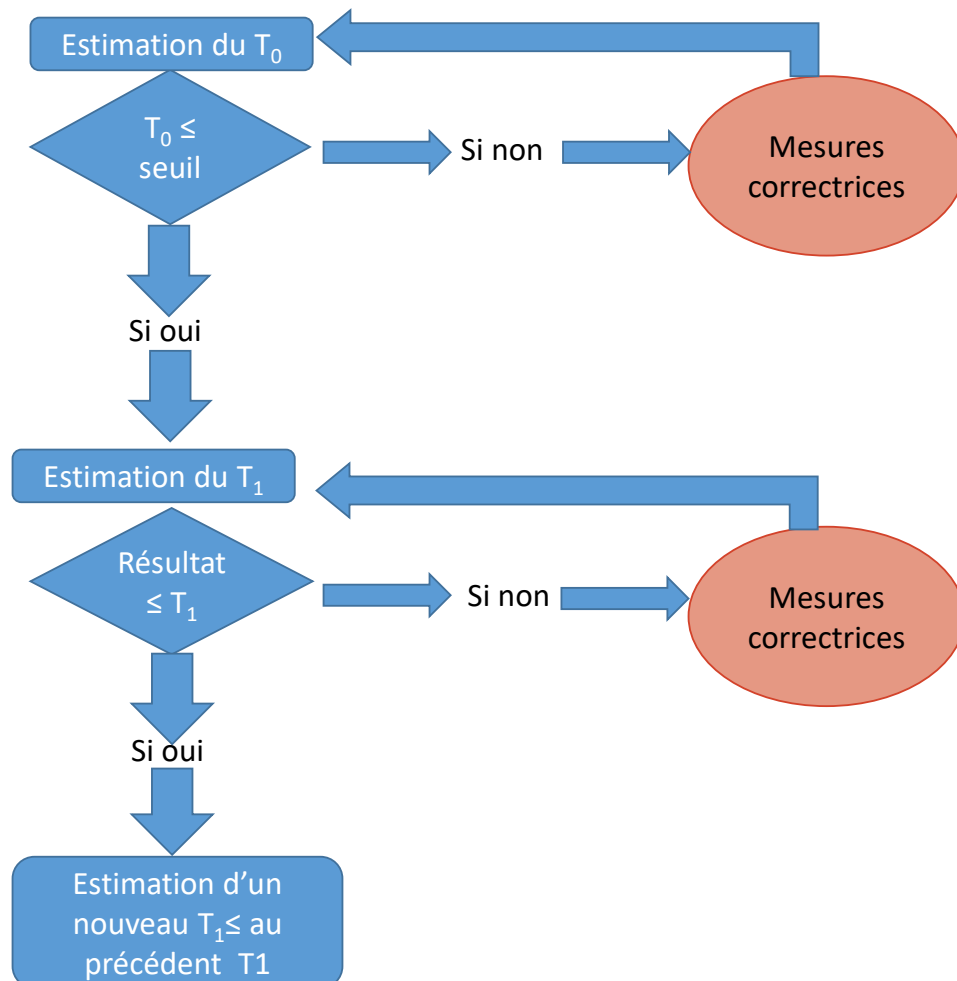


Figure 2 : Règles de décision du suivi par échantillonnage pour chaque point d'observation de la chaîne d'abattage

4 Détection de la conscience en abattoir

Pour évaluer l'état de conscience de l'animal en abattoir, le rapport d'expertise de l'Anses sur le projet de GBP de protection animale en abattoir de bovins a notamment été pris en référence (Anses, 2013a). L'Anses y proposait des listes d'indicateurs de conscience à utiliser selon la fonction de la personne visée, opérateur ou RPA. Le rapport publié par l'EFSA en 2013 sur les modalités de surveillance de la protection animale dans les abattoirs de bovins (EFSA, 2013a) a également été pris en considération. Enfin, les experts se sont également basés sur des « Protocoles d'échantillonnage pour la surveillance des bonnes pratiques d'étourdissement des porcs en abattoir » issus d'un rapport de l'Anses (Anses 2017)²².

4.1 Conscience : concept et structures cérébrales impliquées

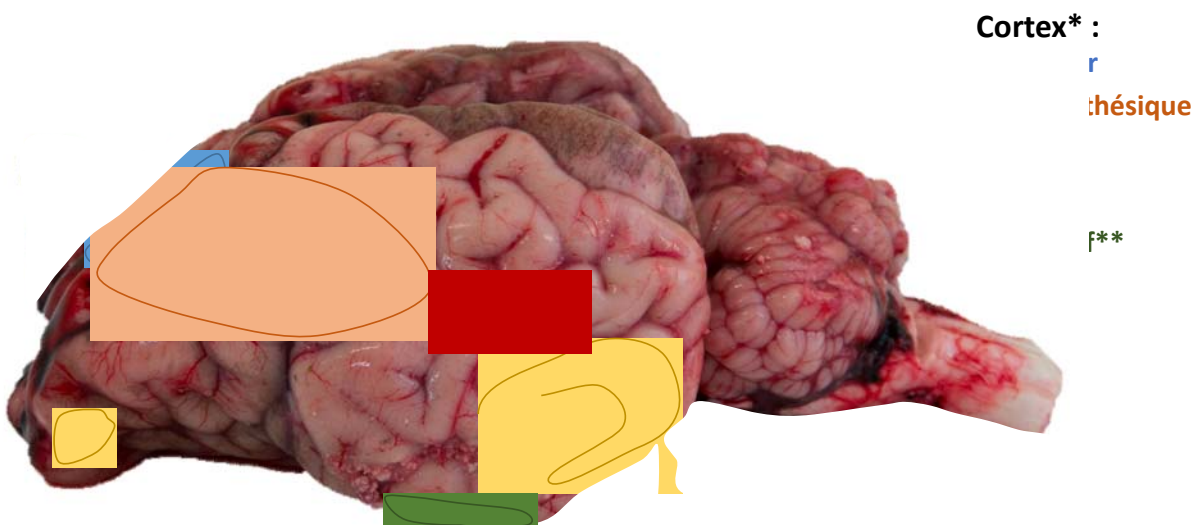
La conscience est un concept complexe où deux composantes peuvent être distinguées (Zeman, 2005) : le niveau d'éveil (niveau de conscience) et la conscience de l'environnement et de ses états intérieurs (contenu de la conscience). Chez les humains et les autres vertébrés, le niveau d'éveil peut varier d'extrêmement bas (coma, sommeil profond, anesthésie médicamenteuse, ...) à très élevé (vigilance extrême, par exemple en cas de danger). Le contenu de la conscience fait référence à l'ensemble des informations venant du corps et de l'environnement et leur traitement de manière complexe faisant appel aux émotions à la cognition et/ou la mémoire. Ce traitement complexe permet à l'animal de faire des choix et de planifier ses actions. Ces processus complexes peuvent uniquement avoir lieu s'il y a un certain niveau d'éveil. Le « niveau d'éveil » d'un animal est l'élément principal que l'on cherche à évaluer par des indicateurs de conscience à l'abattoir.

4.1.1 Structures cérébrales impliquées dans le contenu de la conscience

Le cortex cérébral est au centre des fonctions neurologiques élaborées, y compris la conscience des stimulus externes (perception de l'environnement à l'aide des sens) et ceux relatifs à l'état corporel interne (Zeman, 2005). Les différentes parties du cortex cérébral se distinguent selon les types de signaux qu'elles traitent (ayant pour origine par exemple la vision, l'audition ou la sensibilité du corps) et selon leurs fonctions. Les cortex primaires (cf. Figure 3) sont impliqués dans le premier traitement, c'est à dire le déchiffrement du signal sensoriel (visuel, auditif...) et l'exécution des mouvements. Les cortex associatifs (cf. Figure 4) sont quant à eux nécessaires à la conceptualisation de l'information et à leur intégration dans un contexte plus large (Crick et Koch, 1995 ; Laureys, 2005a). Ils permettent d'intégrer et d'interpréter les informations des cortex primaires et de planifier en retour des réponses appropriées. Ainsi, la perception consciente de l'environnement nécessite le bon fonctionnement des cortex primaires et associatifs. L'ensemble permet de savoir, de comprendre et de donner un sens pour l'individu à ce qu'il perçoit (Crick et Koch, 1995 ; Laureys, 2005a). Le rôle du cortex primaire dans la perception consciente est illustré par le phénomène de la « vision aveugle », où la cécité résulte d'une lésion dans le cortex visuel primaire. Lorsqu'on demande à une personne souffrant d'une telle lésion si elle voit un objet elle répond négativement. Mais si on lui demande de « deviner » si l'objet qu'on lui montre est plutôt rond, carré ou triangulaire, elle « devine » juste la plupart du temps. Ces personnes ont en fait une certaine capacité de vision mais elles n'en sont pas conscientes. Hormis le cortex visuel primaire, leur système visuel (rétine, nerf optique, etc.) fonctionne, mais elles n'ont pas conscience que leurs

²² <https://www.anses.fr/fr/system/files/SABA2015SA0087Ra.pdf>

yeux perçoivent l'image (Danckert et Goodale, 2000). Ce phénomène a également été décrit pour d'autres sens comme l'audition ou le toucher (Stoerig, 2007)



*Les localisations sont basées sur des données obtenues sur ovin et porcin (parfois des données imprécises ou contradictoires). Pas d'étude neurofonctionnelle chez le bovin.

**En réalité le cortex olfactif n'est pas visible ici mais seulement en vue ventrale,

Sheep brain dissection guide, Michigan State University Neuroscience Program, 2012; John et al., 2017; Sauleau et al., 2009; Simpson et King, 1911

Crédit photo: C. Mallet et C. Terlouw, 2019, Inra

Figure 3 : Cortex primaire chez les ruminants (Communication personnelle C. Terlouw)

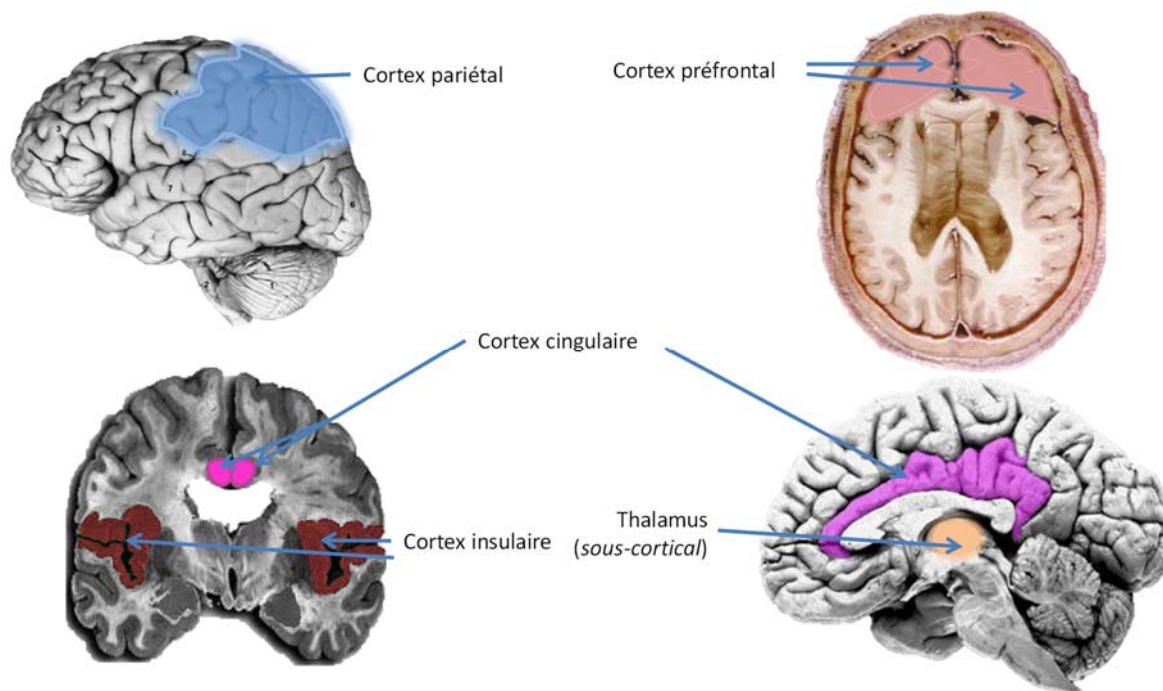
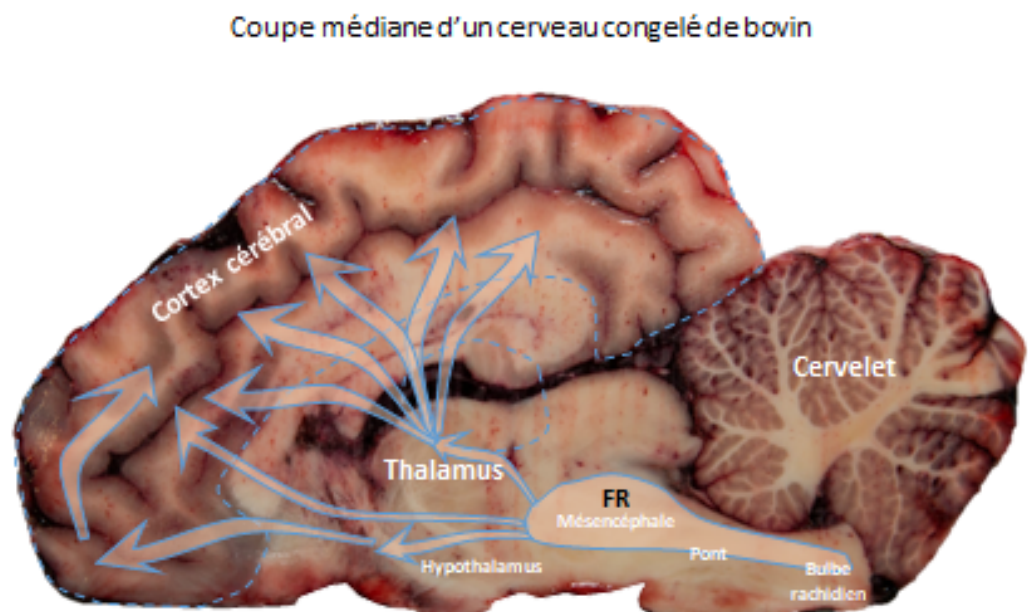


Figure 4 : Cortex associatifs chez l'humain. Chez les autres mammifères, les emplacements de ces régions sont similaires (Communication personnelle C. Terlouw)

4.1.2 Structures cérébrales impliquées dans le niveau de la conscience

La formation réticulée joue un rôle essentiel dans le niveau d'éveil. Elle est située dans le tronc cérébral, à la base du cerveau, et consiste en une multitude de réseaux neuronaux (cf. Figure 5). La formation réticulée et certaines structures du pont dorsal se projettent sur le cortex et l'activent, permettant le fonctionnement correct de celui-ci. L'ensemble de ces projections s'appelle le système réticulo-activateur ascendant. Ce système consiste en deux voies majeures. L'une, la voie dorsale, passe par le thalamus, situé juste au-dessus du tronc cérébral, qui à son tour se projette massivement sur le cortex. L'autre voie ventrale, passe par l'hypothalamus entre autres, avant de se projeter sur le cortex (Munk *et al.*, 1996 ; Parvizi et Damasio, 2001 ; Brown *et al.*, 2012). Ainsi, lorsqu'une lésion perturbe le fonctionnement du système réticulo-activateur ascendant (thalamus, hypothalamus, mésencéphale et pont rostral), le cortex ne fonctionne pas ou insuffisamment et le sujet est inconscient. Aujourd'hui, on connaît de façon imprécise les contributions respectives des voies dorsales et ventrales du système réticulo-activateur ascendant dans le niveau d'éveil (Brown *et al.*, 2012). Par ailleurs, la formation réticulée est impliquée dans le cycle du sommeil, pendant lequel, la formation réticulée diminue son effet stimulant sur le cortex cérébral provoquant une baisse du niveau de l'éveil (Brown *et al.*, 2012).



Crédit photo: C. Terlouw et C. Mallet, Inra, 2018

FR= formation réticulée

Figure 5 : Coupe médiane de cerveau de bovin permettant de localiser les principales structures intervenant dans la description fonctionnelle des indicateurs de conscience (Communication personnelle C. Terlouw)

4.2 Étourdissement mécanique par pistolet à tige perforante

À l'abattoir, l'étourdissement avant la saignée doit induire un état d'inconscience pour rendre l'animal incapable de ressentir « douleur, détresse, peur et d'autres formes de souffrance » (cf. règlement 1099/2009/CE). Cet état peut être obtenu par un dysfonctionnement qui touche i) les hémisphères cérébraux de façon large, ii) la formation réticulée ou iii) le système réticulo-activateur ascendant (Bateman, 2001 ; Blumenfeld et Taylor, 2003 ; Brown et al., 2012).

Pour l'espèce bovine, l'étourdissement est pratiqué en utilisant un pistolet à tige perforante. Un pistolet tubulaire équipé d'une tige perforante est utilisé par tir frontal. Il vise à endommager, pour les rendre non opérationnelles, les structures cérébrales impliquées dans l'éveil. Plus précisément, l'objectif est d'endommager la formation réticulée et/ou le système d'activation réticulaire ascendant décrit précédemment (Blackmore, 1979 ; Daly et al., 1986 ; Daly & Whittington, 1989 ; Finnie, 2001 ; Finnie et al., 2002). Les effets de cette technique sont dus à la percussion quand la tige impacte le crâne et au passage de la tige dans le cerveau (destruction des tissus). Les conséquences en sont multiples. Tout d'abord, l'impact provoque une onde de choc créant des gradients de pression qui conduit à des déchirures et à des lésions du tissu cérébral et à des perturbations dans le flux sanguin (Carey et al., 1989; Helfand, 1941; Ommaya & Gennarelli, 1974; Posner et al., 2008). La percussion induit également un efflux immédiat de potassium provoquant la dépolarisation des neurones des hémisphères cérébraux et, en fonction de l'impact, du tronc cérébral (Gregory, 1998 ; Katayama et al., 1990 ; Posner et al., 2008 ; Takahashi et al., 1981). Ceci provoque la sécrétion de neurotransmetteurs excitateurs et par conséquent la libération de calcium dans les cellules perturbant le fonctionnement mitochondrial et donc, la production d'énergie (Posner et al., 2008). Ces perturbations empêchent les neurones de fonctionner normalement.

D'autres effets peuvent apparaître, liés à la tente (tentorium), qui est une structure rigide qui sépare les hémisphères cérébraux du tronc cérébral et du cervelet. L'ouverture de la tente cérébelleuse permet les connexions entre le tronc cérébral et le cervelet, et les hémisphères. L'onde de choc peut pousser le tissu cérébral à travers l'ouverture du tentorium, créant une hernie cérébrale qui entraîne une compression du tronc cérébral. Ceci peut provoquer un ralentissement ou un arrêt de la respiration et de la fonction cardiaque (Carey, 1995; Carey et al., 1989).

Suite à la percussion, la tige perforante provoque une fracture locale du crâne et écrase le tissu cérébral et les vaisseaux sanguins dans sa trajectoire (Karger, 1995; Viel et al., 2009). La rétraction de la tige laisse temporairement un vide dans le tunnel créé par son passage. Ce vide aspire le tissu cérébral environnant et provoque des déchirures supplémentaires des axones et des vaisseaux sanguins (Karger, 1995). Ce dernier effet peut être renforcé par une augmentation de la pression crânienne suite aux hémorragies (Gibson et al., 2012). En plus, l'hémorragie prive certaines structures cérébrales de l'approvisionnement en sang. Le manque de nutriments et d'oxygène perturbe l'équilibre biochimique inter- et intracellulaire (Ommaya et al., 1964). Enfin, les fragments d'os crâniens introduits dans le cerveau provoquent des dommages supplémentaires (Gibson et al., 2012; Viel et al., 2009).

Des études anatomiques de cerveaux de bovins et ovins correctement étourdis ont montré une trajectoire hémorragique causée par le passage de la tige, des lésions locales et des dommages diffus dans les hémisphères, dans le cervelet et dans le mésencéphale. Souvent, le pont et le bulbe rachidien du tronc cérébral et les portions caudales des hémisphères étaient également endommagés (Finnie et al., 2002).

Chaque animal est étourdi manuellement par un opérateur qui effectue le tir. L'emplacement recommandé du pistolet à tige perforante est au centre du front. Le site recommandé est d'environ 3 à 5 cm au-dessus de l'intersection de deux lignes imaginaires allant du milieu d'une oreille vers l'angle interne de l'œil sur le côté opposé.

Il est possible que le tronc cérébral ne soit pas atteint si la taille de la tige par rapport à celle de la tête de l'animal est insuffisante et ceci d'autant plus si l'emplacement et le positionnement du pistolet

ne sont pas optimaux et si l'animal non contenu se déplace. Néanmoins, comme décrit ci-dessus, les dommages causés par la tige sont généralement multiples et vastes. Un animal peut être correctement étourdi même si le placement ou l'orientation de la tige est sous-optimal (Shearer, 2005).

L'utilisation correcte du pistolet provoque un arrêt immédiat de la respiration. Cependant, si l'animal n'est pas saigné, l'activité cardiaque peut continuer pendant 8 à 10 min (Finnie et al., 2002; Vimini, Field, et al., 1983). L'arrêt cardiaque définitif peut être provoqué par la cessation du fonctionnement des structures cérébrales du tronc cérébral impliquées dans la fonction cardiaque ou par l'épuisement du muscle cardiaque. Les deux cas peuvent résulter d'un manque d'oxygène dû à la cessation de la respiration (Carey, 1995; Di Lisa et al., 1995; Finnie et al., 2002).

La technique d'étourdissement par le pistolet à tige perforante peut donner de bons résultats. Le pistolet est facile à entretenir et il permet une induction instantanée de l'inconscience. Cependant, les observations sur le terrain montrent des pourcentages variables d'échecs (Bourguet et al., 2011; Grandin, 2000; Gregory et al., 2007). Ces échecs proviennent souvent de la non-observance des instructions spécifiques concernant l'utilisation du pistolet. La plus grande difficulté est de contrôler l'emplacement et l'orientation du tir, en particulier lorsque l'animal, notamment sa tête, ne sont pas immobilisés (Bourguet et al., 2011). En outre, des études sur des bovins ont montré que l'emplacement précis des structures cérébrales par rapport au front peuvent varier selon les races (Shearer, 2005 ; Terlouw et al., 2015). D'autres causes d'échecs sont liées au dysfonctionnement du pistolet, lorsqu'il est mal entretenu ou mal adapté au format ou au sexe de l'animal. Par exemple, des échecs sont plus fréquents chez les taureaux en raison de l'épaisseur de leur crâne et de la taille de leur tête (Gregory et al., 2007). Les compétences techniques et l'expérience de l'opérateur jouent également un rôle important. Quelles que soient les causes, s'il s'avère que les lésions cérébrales sont limitées ou n'atteignent pas les structures pertinentes, l'animal est alors partiellement ou totalement conscient et un deuxième tir est nécessaire.

4.3 La ré- application de la procédure d'étourdissement

La réglementation demande à l'opérateur de ré-appliquer une procédure d'étourdissement si au moins un des indicateurs de conscience est détecté après le premier essai d'étourdissement et avant le début de la saignée. Cette nouvelle opération pose la question, en dehors des difficultés et de la dangerosité pour l'opérateur de sa mise en œuvre, des douleurs occasionnées à l'animal entre les deux opérations. Il est donc important que la seconde procédure d'étourdissement soit effectuée rapidement même s'il s'agit d'une opération délicate. Compte tenu de la difficulté de réalisation et des risques encourus par les opérateurs, il est donc primordial que, à la fois pour l'animal et pour les opérateurs, la première procédure d'étourdissement soit efficace.

La ré-application de la procédure d'étourdissement peut correspondre à deux situations :

- une relative inefficacité du procédé ou son utilisation déficiente ;
- la volonté des opérateurs de ré-étourdir lorsqu'ils ont des doutes.

Le double étourdissement peut donc traduire dans certains cas un souci important des opérateurs à limiter le risque que l'animal soit saigné en étant conscient. L'exigence réglementaire est que l'animal présente un état d'inconscience au moment de la saignée. Le nombre de tirs qu'il a fallu mettre en œuvre pour obtenir cet état n'est pas pris en compte dans l'établissement du T_0 et du T_1 . Toutefois, les experts considèrent que le comptage des cartouches utilisées au box et à l'affalage permet de mettre en évidence à ces postes des échecs pour induire l'étourdissement.

Alors que l'opérateur positionné sur la chaîne d'abattage a l'obligation de vérifier tous les animaux, le contrôle du RPA peut avoir lieu à plusieurs endroits entre la fin de l'étourdissement et le début de la saignée ou consister à suivre un animal sur une période donnée, comme l'illustre la Figure 6 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

4.4 Différentes étapes et points d'observation du RPA sur la chaîne d'abattage

La **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** Figure 6 permet de visualiser les points d'observation du RPA pour son contrôle de second niveau sur la chaîne d'abattage. Ce positionnement a des conséquences sur le choix des indicateurs utilisés pour détecter un animal conscient entre le poste d'étourdissement et le début de l'habillage.

Sur les chaînes d'abattage de bovins, plusieurs étapes du processus doivent faire l'objet d'un contrôle de second niveau. Au regard de la protection animale, les experts proposent quatre points de contrôle de second niveau :

- 1) Au box, après le premier tir ;
- 2) A l'affalage ;
- 3) Juste avant l'incision des vaisseaux ;
- 4) Pendant la saignée, de l'incision des vaisseaux jusqu'à la fin de la saignée.

Ces points de contrôle permettent de repérer les animaux encore conscients (point de contrôle 1 et 2) ou les animaux reprenant conscience (point de contrôle 3 et 4). Ils permettent également de s'assurer de l'absence de vie avant le début de l'habillage (point de contrôle 4).

Le box est le point initial des observations dont dépend la réussite de l'étourdissement. L'efficacité du tir effectué au box conditionne en effet le bon déroulé de tout le reste des opérations d'abattage. Alors que l'étourdissement peut être totalement automatisé en filière porcine, l'étourdissement de chaque bovin est réalisé manuellement par un opérateur, sans que sa tête soit systématiquement maintenue par une mentonnière. Même dans le cas du pistolet pneumatique permettant une standardisation plus importante, la présence d'un opérateur reste nécessaire pour placer ce pistolet sur la tête du bovin.

L'affalage correspond au deuxième point d'observation, il permet de vérifier une combinaison plus complète d'indicateurs que celle qui peut être effectuée au box, en raison des contraintes physiques du box.

La double observation de ces deux points de contrôle par le RPA devrait lui permettre de détecter les animaux encore conscients avant hissage. Il convient de rappeler qu'en aucun cas un animal ne peut être hissé s'il présente un indicateur de conscience, ainsi que prescrit par le règlement 1099/2009/CE.

Le troisième point d'observation correspond au moment juste avant l'incision des vaisseaux, compte tenu des opérations effectuées en amont de ce point, les animaux devraient, à ce stade de la chaîne, être tous inconscients, ce qui correspond également à une prescription réglementaire 1099/2009/CE.

La fin de la saignée est le dernier point des observations. Cette phase peut intervenir jusqu'à plusieurs minutes après le premier tir. Cette observation permet de s'assurer que l'animal est bien mort avant de procéder à l'habillage de la carcasse (prescription réglementaire 1099/2009/CE, article 5.1)²³.

²³ Article 5.1 : « Les exploitants veillent à ce que les personnes chargées de l'étourdissement ou d'autres membres désignés du personnel procèdent à des contrôles réguliers pour s'assurer que les animaux ne présentent aucun signe de conscience ou de sensibilité pendant la période comprise entre la fin de l'étourdissement et la mort ».

La double observation par le RPA de ces deux derniers points de contrôle devrait permettre d'identifier et d'expliquer les reprises de conscience pour mettre en œuvre des actions correctrices. Des reprises de conscience sont en effet possibles et liées à un mauvais étourdissement et/ou une mauvaise saignée. Du fait de caractéristiques anatomiques spécifiques (cf. circulation sanguine cérébrale para-vertébrale²⁴) et de l'intervalle de temps pouvant être long entre le premier tir et l'incision des vaisseaux, certains animaux peuvent reprendre conscience, après l'étourdissement et même après l'incision des vaisseaux, notamment si la saignée n'est pas efficace. Il est important de rappeler que tout au long de la chaîne d'abattage, tout animal présentant un indicateur de conscience doit faire l'objet d'une nouvelle application du procédé d'étourdissement, selon les prescriptions réglementaires.

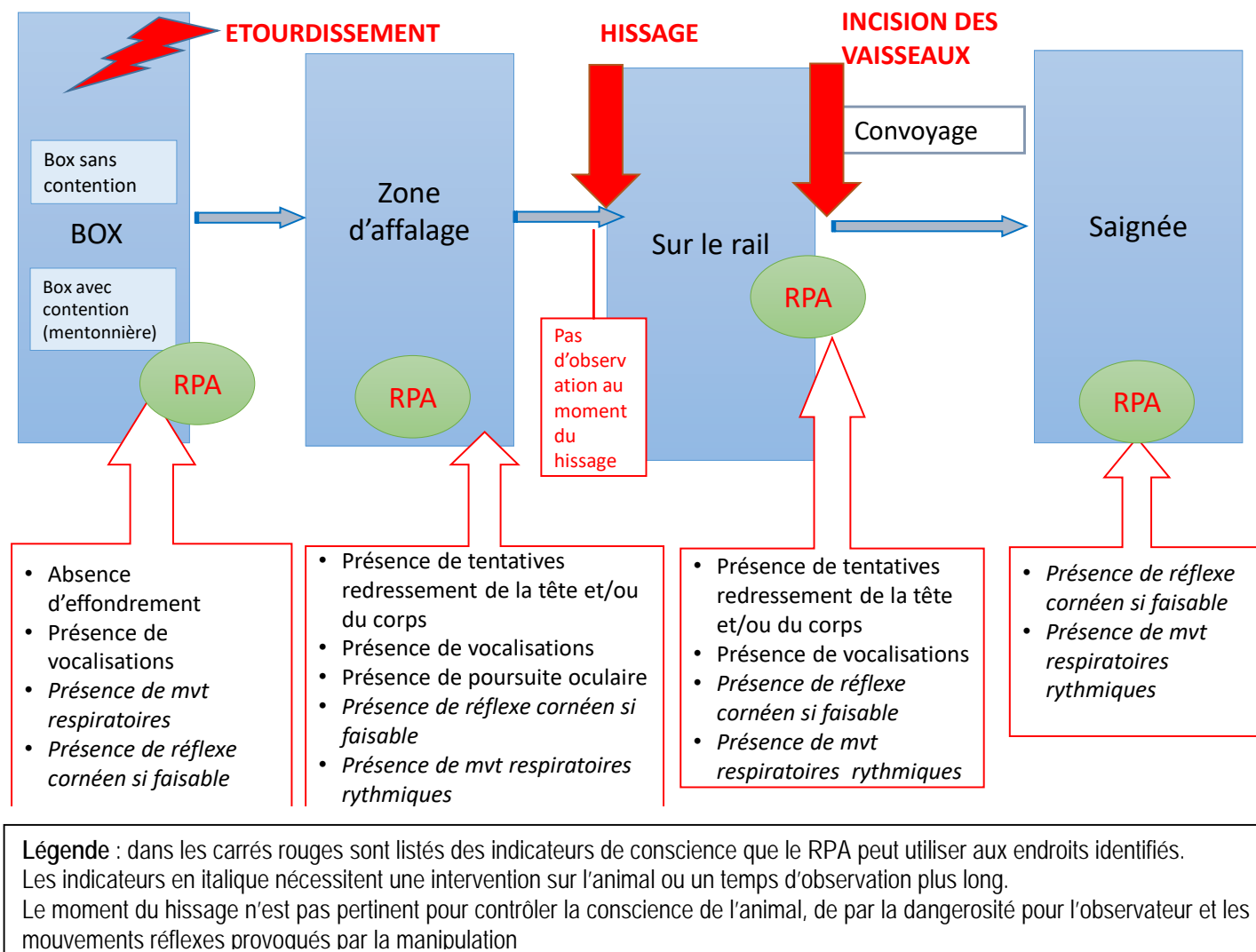


Figure 6 : Positionnement du RPA à chaque point de contrôle et indicateurs de conscience

²⁴ Une particularité anatomique de l'irrigation du cerveau des bovins fait que la section, même complète des carotides et des jugulaires au niveau du cou, laisse intacte des artères et veines, dont principalement les vertébrales, qui participent à l'alimentation partielle de la base du cerveau. De plus, des caillots peuvent se former aux extrémités des carotides sectionnées. L'ensemble de ces phénomènes a pour conséquence de maintenir partiellement la pression sanguine dans le cerveau, permettant de maintenir un certain approvisionnement en oxygène et nutriments énergétiques, ce qui retarde la survenue de la perte totale d'activité du cerveau (Anses, 2013).

Pour les bovins, en France, l'étourdissement est pratiqué majoritairement de façon manuelle en utilisant un pistolet à tige perforante.

Les opérateurs, qui doivent s'assurer de l'absence de conscience des animaux avant de pratiquer la saignée et durant la saignée (risque de reprise de conscience), doivent réappliquer la procédure en cas d'échec de l'étourdissement initial.

Le RPA effectue un contrôle de second niveau pour quatre points d'observation de la chaîne d'abattage et s'assure de l'absence d'indicateurs de conscience des animaux observés.

4.5 Indicateurs utilisés pour l'évaluation de la conscience à l'abattoir

Dans le contexte de l'abattage, un certain nombre d'indicateurs sont utilisés pour évaluer l'état de conscience de l'animal. Il s'agit d'indicateurs « cliniques » associés de manière indirecte à cet état (Terlouw et al., 2016a, 2016b). Leur présence peut indiquer que la formation réticulée ou les cortex cérébraux sont toujours en état de fonctionnement. Certains de ces indicateurs indiquent avec une quasi-certitude un état de conscience, et d'autres font soupçonner un état de conscience (cf. Tableau 2). Ces indicateurs doivent être vérifiés à chaque point d'observation par le RPA. **Les indicateurs de conscience doivent tous être absents. La présence d'un seul doit amener à considérer l'animal comme conscient** même si cet indicateur n'indique pas un état de conscience possible (cf. Tableau 2 ci-après). D'autres indicateurs ont un pouvoir discriminant plus faible et peuvent être utilisés comme des informations complémentaires (Gregory et al., 2007).

Tableau 2 : Indicateurs retenus pour l'évaluation de la conscience à l'abattoir

Indicateurs associés à l'état de conscience	Etat de conscience	Interprétation à l'abattoir
Maintien de la posture debout Mouvements de redressement de la tête et/ou du corps à l'affalage Redressement de la tête et/ou du corps au hissage ou sur le rail Présence de vocalisations Présence de poursuite oculaire	certain	animal considéré conscient
Présence de mouvements respiratoires rythmiques Présence de clignements spontanés des yeux Présence de réflexes oculaires Présence de réflexe cornéen	possible	

La réaction à la menace, le réflexe ciliaire et le réflexe pupillaire décrits ci-après (4.5.1 Indicateurs de conscience : définitions et interprétations) ne figurent pas dans ce tableau en raison de leur faible fréquence d'utilisation à l'abattoir dans le cadre de l'abattage conventionnel.

Malgré cette distinction entre états de conscience certains et possibles et, compte tenu de l'aspect opérationnel du travail du GT, il a été décidé que, quel que soit l'indicateur relevé, l'animal est considéré comme conscient.

Ainsi, lorsqu'un animal est couché il n'y a pas forcément « inconscience ». C'est la combinaison de l'absence de tous les indicateurs de conscience qui permet de conclure, toujours dans le cadre de l'abattoir, à l'inconscience de l'animal.

L'obligation réglementaire (Article 4, paragraphe 1) « *l'animal est maintenu dans un état d'inconscience et d'insensibilité jusqu'à sa mort* » conduit à rechercher les preuves de l'inconscience. Actuellement, l'inconscience ne pouvant pas être prouvée en pratique sur la chaîne,

elle ne peut être qu'inférée par l'absence d'indicateurs positifs de la conscience. Afin de pallier ces difficultés structurelles, il est en général proposé de s'appuyer sur les résultats agrégés d'un nombre « suffisant » d'indicateurs. Chacun de ces indicateurs, s'il est observé, indique l'état conscient de l'animal. Si aucun de ces indicateurs n'est observé, il est possible de conclure que l'état d'inconscience est très probable. Cependant, cette preuve reste toujours non absolue car elle dépend en particulier de choix humains sur les critères retenus.

4.5.1 Indicateurs utilisés pour évaluer la conscience en abattoir : définitions et interprétations

4.5.1.1 Absence d'effondrement

La posture debout est un indicateur de conscience (cf. Tableau 2). Par conséquent, la perte immédiate et définitive de la posture debout est utilisée comme indicateur de la perte potentielle de conscience. L'effondrement est l'indicateur observé en premier chez tous les animaux étourdis en posture debout car il est le plus visible. L'effondrement doit être interprété avec précaution. Ainsi, il peut être provoqué par une incapacité à se tenir debout, par exemple, lorsque le pistolet est placé dans la nuque, ce qui n'est pas autorisé réglementairement, et que la tige sectionne la moelle épinière. Cette action paralyse l'animal mais sans atteindre les structures impliquées dans la conscience. De plus, l'effondrement ne peut pas être évalué chez des animaux maintenus dans un piège avec contention de la tête ou du corps.

Suite à un étourdissement mécanique efficace, l'animal s'effondre immédiatement. Cet effondrement peut s'expliquer par l'endommagement de la formation réticulée, impliquée dans le contrôle de la posture debout (Purves et al., 2001 ; Schepens et Drew, 2004).

4.5.1.2 Présence de tentatives de redressement de la tête et/ou du corps

Un animal conscient qui se trouve allongé sur le sol suite à une tentative d'étourdissement peut tenter de se lever ou au moins de s'orienter dans le sens de sa position debout. Après un étourdissement efficace, l'animal ne tente pas de se redresser. Il faut noter que les mouvements de redressement orientés sont parfois difficiles à distinguer d'autres mouvements qui sont des automatismes ou des mouvements réflexes.

4.5.1.3 Présence de vocalisations

La vocalisation fait référence à des sons spécifiques à chaque espèce. Une vocalisation consécutive à l'étourdissement peut être une vocalisation réflexe, exprimant une douleur ou une peur et n'impliquant que le mésencéphale, ou elle peut être une communication volontaire vers des congénères, impliquant le mésencéphale et le cortex (Grandin, 1998 ; Warriss et al., 1994). Dans les deux cas, la vocalisation spécifique à une espèce est un indicateur de la conscience (tableau 2). De plus, si la vocalisation exprime une douleur, c'est que l'animal est conscient.

En abattoir, les vocalisations expriment le plus souvent de la douleur ou de la peur. Ainsi, par exemple, 99 % des vocalisations des porcs en abattoir sont provoquées par des situations d'aversion, comme l'utilisation de l'aiguillon qui consiste à appliquer une stimulation électrique douloureuse sur l'animal, une chute, un étourdissement raté ou une pression excessive des pièges de contention (Grandin, 1998 ; Dunn, 1990 ; Warriss et al., 1994 ; White et al., 1995 ; Watts and Stookey, 2000 ; Prunier et al., 2013).

4.5.1.4 Présence de clignements spontanés des yeux

Le clignement spontané, en raison de la réduction de l'épaisseur du film lacrymal, implique des circuits dans le tronc cérébral. Le clignement volontaire implique en outre des circuits dans le cortex (Xiao et al., 2015). Le signe est pertinent pour toutes les méthodes d'étourdissement, mais son absence n'indique pas nécessairement une perte de conscience et sa présence n'est pas

nécessairement un indicateur de conscience. Des clignements spontanés surviennent chez les humains en stade végétatif. Ils peuvent également être observés chez les taureaux après application d'un tir de pistolet à tige perforante (Blumenfeld, 2008 ; Terlouw et al., 2015). Leur présence chez un animal inconscient assommé peut indiquer que le thalamus et les projections du mésencéphale sont endommagés alors que les structures plus profondes du tronc cérébral sont toujours fonctionnelles. Les clignements spontanés doivent être considérés comme des indicateurs de risque de conscience.

4.5.1.5 Présence de poursuite oculaire (les yeux suivent les mouvements apparaissant dans le champ de vision)

La poursuite oculaire permet à l'animal de suivre les stimulus en mouvement dans le champ visuel. Elle implique différentes structures du tronc cérébral et du cortex (Tehovnik et al., 2000 ; Enderle, 2000). Après un tir efficace, les yeux sont ouverts, les paupières et les globes oculaires sont immobiles (Grandin, 2013). La poursuite oculaire n'est pas observée chez les humains au stade végétatif et le retour de poursuite ou de fixation oculaire soutenu et cohérent dans le contexte est l'un des premiers signes d'un retour de conscience chez ces patients (Blumenfeld, 2008). Cependant, dans l'état inconscient, des réflexes primitifs d'orientation peuvent se produire : yeux et tête se tournant vers un stimulus visuel ou auditif, vraisemblablement médiés par des circuits intacts du tronc cérébral (Majerus et al., 2005; Blumenfeld, 2008). Dans le contexte de l'abattage, la poursuite oculaire répétée indique une conscience ou un risque de reprise de conscience, mais leur absence n'indique pas nécessairement une perte de conscience.

4.5.1.6 Présence de réflexes oculaires

Un animal qui présente un réflexe oculaire peut être conscient, faiblement conscient ou inconscient, mais un animal qui n'en présente pas est supposé inconscient. La présence de réflexes oculaires après l'étourdissement est une indication pour procéder à un deuxième tir (Grandin, 2013).

- Réflexe cornéen

Le réflexe cornéen est testé en touchant légèrement la cornée. Si l'animal est conscient, le globe oculaire se rétracte légèrement et la paupière se ferme. L'information sensorielle passe par le nerf trijumeau pour atteindre le noyau trijumeau situé à côté de la formation réticulée (Cruccu et Deuschl, 2000). Celui-ci stimule le nerf moteur facial permettant la fermeture de la paupière. Les connections entre les nerfs trijumeau et facial traversent la formation réticulée (Aramideh et Ongerboer de Visser, 2002 ; Dauvergne *et al.*, 2004). On peut également tester le réflexe palpébral (léger toucher de la paupière) dont le circuit neuronal est pour une grande partie similaire à celui du réflexe cornéen.

- Réflexe ciliaire

L'effleurement des extrémités des cils provoque également une fermeture des paupières. Pour l'évaluation des effets de certaines anesthésies pharmacologiques, le réflexe ciliaire est considéré peu fiable, chez l'humain (Vuyk *et al.*, 1992). Lors de l'abattage sans étourdissement chez les bovins, le réflexe ciliaire semble généralement perdurer après la perte du réflexe cornéen ; il serait donc plus résistant aux effets de l'anoxie (observations personnelles de C. Terlouw).

- Réflexe pupillaire

Le réflexe pupillaire, qui correspond au rétrécissement de la pupille (myosis) exposée à la lumière, est un outil important dans le pronostic du coma chez des patients humains (Thomas, 2000). Il dépend de l'état fonctionnel de la rétine. Le circuit neurologique implique le nerf optique (sensoriel) et le nerf oculomoteur (moteur) dont le centre d'intégration est localisé dans le mésencéphale, proche de la formation réticulée (cf. Figure 5).

L'absence des réflexes oculaires s'explique par une interruption du circuit neuronal. Tenant compte de la proximité ou de l'entrecroisement des circuits des réflexes oculaires et de la formation réticulée,

l'absence de ces réflexes est très souvent corrélée avec un dysfonctionnement plus large, englobant une partie de la formation réticulée, et donc à un état d'inconscience (Kimura et Lyon, 1972 ; Cruccu *et al.*, 1997 ; Zerari-Mailly *et al.*, 2003 ; Laureys, 2005b ; Sturges, 2005). Pour cette raison, la présence d'un réflexe oculaire doit être considérée comme un indicateur d'un certain niveau de conscience ou d'un prochain retour de conscience. Il convient toutefois de l'associer à d'autres indicateurs car il existe des exceptions. Ainsi, il a été observé chez l'humain que certaines lésions très locales peuvent abolir le réflexe cornéen, au moins de façon unilatérale, sans induire une perte de conscience (Ongerboer de Visser et Kuipers, 1978). Cette situation est peu probable dans le contexte de l'étourdissement à l'abattoir. En revanche, un dysfonctionnement de la formation réticulée à un endroit éloigné du circuit du réflexe cornéen ainsi qu'un dysfonctionnement du système réticulo-activateur ascendant peuvent induire un état d'inconscience sans pour autant abolir le réflexe cornéen. C'est pour cette raison qu'un animal inconscient peut présenter un réflexe cornéen, y compris à l'abattoir. Par exemple, en moyenne 37 s après l'étourdissement électrique, un retour du réflexe cornéen a été observé. A ce stade, dans certains abattoirs, la saignée est déjà en cours (McKinstry et Anil, 2004 ; Vogel *et al.*, 2011). Toutefois, dans ces études, ce retour du réflexe cornéen n'était pas associé à un retour d'autres indicateurs de conscience, comme la respiration, indiquant que l'animal était probablement toujours inconscient (McKinstry et Anil, 2004 ; Vogel *et al.*, 2011).

Le réflexe pupillaire n'a pas été retenu par la suite dans les indicateurs utilisables pour des raisons de sécurité et faisabilité (cf. chapitre 5).

4.5.1.7 Présence de réaction à la menace

Pour tester la réponse à un stimulus de menace, un doigt ou la main se déplace rapidement vers l'œil de l'animal (sans le toucher) et la présence d'un clignement de la paupière ou de retrait de la tête est vérifiée (Limon *et al.*, 2010 ; Verhoeven *et al.*, 2015b, 2016).

Pour effectuer le test correctement, il faut s'assurer que l'animal a une vision adéquate (par exemple pas de rotation du globe oculaire ou de nystagmus, pas de sang dans les yeux). Une réponse positive implique une fonctionnalité des mécanismes cérébraux d'ordre supérieur, y compris des fonctions corticales pour intégrer l'information provenant de l'environnement (Liu et Ronthal, 1992). Cependant, ce test peut ne pas être suffisamment spécifique. Ainsi une réponse positive pouvait être obtenue chez des humains diagnostiqués inconscients par ailleurs (Blumenfeld, 2008). En revanche, une relation entre le test de menace et la conscience a été démontrée chez les moutons et les veaux, car le réflexe a été perdu plusieurs secondes avant que l'inconscience ne soit atteinte (Verhoeven *et al.*, 2015b, 2016). De même, chez les ovins et les bovins dans le contexte de l'abattage, la présence d'une réaction au test de menace a été associée à d'autres indicateurs de conscience (Limon *et al.*, 2010 ; Verhoeven *et al.*, 2015b, 2016), mais l'absence de réaction ne prouve pas le manque de conscience (Majerus *et al.*, 2005).

4.5.1.8 Présence de mouvements respiratoires rythmiques

Les muscles respiratoires sont innervés par des centres de contrôle localisés dans le bulbe rachidien, la partie inférieure du tronc cérébral. Ces centres consistent en différents groupes de neurones contrôlant soit l'inspiration, soit l'expiration. Ces groupes de neurones sont activés de manière alternée et constituent ainsi un réseau à l'origine de la respiration rythmique. Ils sont stimulés par la formation réticulée qui reçoit des informations de la périphérie et des centres supérieurs du cerveau (Silbernagl et Despopoulos, 2003 ; Siegel et Sapru, 2006).

La présence de respiration après l'étourdissement est une indication pour procéder à un deuxième étourdissement (Grandin, 2013). Un animal qui respire peut être inconscient, mais seul un animal qui ne respire pas de manière durable (au-delà de 4,5 minutes) est inconscient ou mort (Verhoeven *et al.*, 2014). Les muscles respiratoires sont innervés par des centres de contrôle localisés dans le bulbe rachidien qui est la partie inférieure du tronc cérébral.

L'arrêt de la respiration suite à l'étourdissement mécanique est indicateur du dysfonctionnement du bulbe rachidien. Par contre, lorsque la tige traverse le bulbe rachidien ou la moelle épinière au-

dessus de la troisième vertèbre cervicale sans toucher la région du mésencéphale ou du pont, la respiration cesse, même si l'animal peut rester pleinement conscient, le temps que l'hypoxie provoque la mort.

D'une manière générale, l'absence de la respiration provoque une anoxie dans le cerveau et contribue ainsi à l'état de l'inconscience.

Le gasping ou respiration agonique correspond à des mouvements respiratoires intermittents caractérisés par une plus grande vigueur que la normale au début de l'inspiration. Ils reflètent le dysfonctionnement des neurones impliqués dans la respiration et précèdent la mort (St-John et Paton, 2000). Ils sont différents de la respiration rythmique. Ils peuvent être accompagnés de sons gutturaux différents des vocalisations.

4.5.1.9 Présence de réponse à un stimulus nociceptif

- La douleur

Un stimulus est nociceptif lorsqu'il est potentiellement capable de causer des dommages aux tissus. Certains récepteurs somatosensoriels, les nocicepteurs, sont des capteurs spécialisés sensibles aux stimulus nocifs. Les nocicepteurs peuvent être sensibles à la température (thermorécepteur), à la pression et au toucher (mécanorécepteurs), ou aux produits chimiques (chimiorécepteurs). Lorsque le stimulus nocif est suffisamment fort, il peut provoquer de la douleur. Les nocicepteurs se trouvent dans de nombreux tissus, tels que la peau, les articulations, les muscles et les viscères. Les nocicepteurs perçoivent le stimulus nocif, le transforment en message nerveux et le transfèrent jusqu'à la moelle épinière où il communique par le biais d'une synapse avec un neurone secondaire qui transmet le message au cerveau.

La douleur est un phénomène multidimensionnel impliquant différents systèmes et processus. L'Association internationale pour l'étude de la douleur (IASP) indique que la douleur est : « *une expérience sensorielle et émotionnelle désagréable associée à un dommage tissulaire réel ou potentiel, ou décrite en termes de tels dommages* » (Merskey et Bogduk, 1994). On parle donc de douleur lorsque les deux dimensions, sensorielles et émotionnelle-affective sont présentes. Le décodage du message nociceptif au niveau sensoriel se fait essentiellement dans les cortex somatosensoriels, et au niveau émotionnel-affectif dans le cortex limbique.

- L'arc réflexe nociceptif

L'arc réflexe nociceptif fait référence au circuit permettant un retrait rapide d'une partie du corps lorsque celle-ci est en contact avec un stimulus nocif, avant que le signal soit traduit en douleur par le cerveau. Ce circuit implique un nocicepteur qui présente une synapse commune avec un interneurone dans la moelle épinière. Cet interneurone présente également une communication synaptique avec un nerf moteur permettant la contraction des muscles fléchisseurs dans le membre, alors que certains neurones moteurs envoient des impulsions inhibitrices aux muscles extenseurs afin de permettre leur relaxation. Il n'y a donc pas d'intervention du cerveau dans ce mouvement, qui est par conséquent, involontaire. Par contre, le cerveau permet l'interprétation du stimulus en termes de douleur.

Il existe également des circuits neuronaux permettant le retrait de la tête en réaction à un stimulus nociceptif. Dans ce cas, le stimulus nocif est perçu par le nerf trijumeaux et transmis au noyau pédonculo-pontin et à la formation réticulée qui sont tous deux situés dans le pont du tronc cérébral (Abrahams et al., 1993). Les neurones moteurs responsables de la rétraction de la tête se situent au niveau des vertèbres cervicales. Ce circuit pourrait impliquer plusieurs neurones, mais n'implique pas le cortex du cerveau et la réponse est donc involontaire.

- Tests nociceptifs

Le principe des tests nociceptifs est d'observer les réponses d'un animal après avoir induit un stimulus nociceptif sur son corps et sa tête. En principe on choisit une partie du corps accessible et

sensible. Sur le corps, un opérateur ou le RPA peut pincer la peau entre les doigts du sabot ou ailleurs sur le corps en formant un pli de peau suffisamment fin. Sur la tête on peut piquer le museau, ou pincer une oreille ou la cloison nasale.

L'interprétation est parfois difficile car la présence d'une réponse après l'étourdissement peut être liée à un arc réflexe encore fonctionnel. Dans ce cas, la présence de la réponse n'est pas indicatrice de conscience. Dans le cas d'une stimulation sur le corps, certains bovins correctement étourdis peuvent présenter un mouvement au niveau du cou lors de la coupe pour la saignée (Terlouw et al., 2015). Cette étude indique que le circuit peut rester fonctionnel pendant trois minutes après cessation de la respiration. Toutefois, il faut noter que la section des tissus pour la saignée représente un stimulus nociceptif fort. Lorsqu'un animal présente une forte réaction à un pincement sur le corps, il est probable que l'étourdissement n'a pas été correctement effectué.

Il n'existe pas de données de terrain pour démontrer l'existence de réponses potentiellement involontaires lorsqu'un stimulus nociceptif est appliqué sur la tête d'un animal inconscient. Il est toutefois possible que le même phénomène existe pour une stimulation sur le corps, c'est-à-dire que la présence d'une réponse n'est pas nécessairement indicatrice d'un état de conscience.

4.5.2 Autres indicateurs utilisés pour évaluer la conscience en abattoir

D'autres indicateurs ont été cités dans la littérature, mais peu de références les concernant sont disponibles. Ils sont en fait plus difficilement interprétables que ceux listés précédemment.

4.5.2.1 Présence de rotation du globe oculaire

Les mouvements des globes oculaires dépendent de 6 muscles extra-oculaires qui reçoivent des informations de centres localisés dans le pont et le mésencéphale du tronc cérébral. Ils sont contrôlés par le cerveau supérieur (Tehovnik et al., 2000 ; Enderle, 2000). La rotation du globe oculaire persistante est révélatrice de dommages du tronc cérébral. Par exemple, suite à une lésion de nerfs spécifiques dans le mésencéphale ou dans le pont inférieur, l'œil se tourne vers l'intérieur ou l'extérieur et vers le bas, respectivement. La rotation du globe oculaire peut être observée après l'étourdissement par tige perforante ; elle peut être complète (iris à peine visible) ou partielle (la moitié de l'iris est toujours visible ; Atkinson et al., 2013). La distinction entre une rotation partielle ou complète peut permettre d'affiner son pouvoir discriminant. Une étude a montré que la présence d'une rotation complète nécessite un deuxième étourdissement, puisque 50 % des bovins présentant une rotation complète ont également montré d'autres signes de conscience potentielle, alors qu'une rotation partielle nécessite une surveillance accrue de l'animal (Gouveia et al., 2009; Atkinson et al., 2013). Cet indicateur semble pertinent pour l'étourdissement par tige perforante, cependant sa faisabilité dans le contexte de l'abattoir paraît limitée et l'EFSA ne l'a pas considéré dans ses travaux.

4.5.2.2 Présence de nystagmus

Le nystagmus est une oscillation rapide verticale ou horizontale du globe oculaire liée à des contractions des muscles impliqués dans les mouvements de celui-ci. Plusieurs noyaux (oculomoteur, trochléaire et abducens) localisés dans le cervelet, le mésencéphale et le pont, y compris la formation réticulée, soumis à des contrôles centraux, sont impliqués dans la coordination des mouvements des yeux (Tehovnik et al., 2000 ; Enderle, 2000). Les dommages causés à un ou plusieurs de ces circuits peuvent créer un déséquilibre dans leur fonctionnement et conduire à un nystagmus (Hüfner et al., 2007). La direction du nystagmus dépend de la localisation de la dégradation des circuits. Le nystagmus avec la composante rapide de l'oscillation dirigée vers le bas est généralement causé par des lésions au cervelet ou au pont inférieur (Hüfner et al., 2007). Dans le contexte de l'étourdissement par tige perforante, le nystagmus est un indicateur de faible pouvoir discriminant : lorsqu'il est présent, le tronc cérébral est endommagé mais peut-être pas suffisamment pour atteindre un état d'inconscience profond et durable (Gregory et al., 2009; Terlouw et al., 2009).

Dans le cadre de l'abattage, il est indispensable d'utiliser une approche multi-indicateurs pour exclure la présence de conscience.

La posture debout et les vocalisations sont des indicateurs de conscience attestant d'un fort niveau de conscience. La présence de réflexes et de mouvements oculaires, et la présence de mouvements respiratoires rythmiques sont des indicateurs signant la possibilité d'un certain niveau de conscience ou d'un prochain retour de conscience qui doit être évalué et amener au ré-étourdissement de l'animal. Le réflexe cornéen est en général considéré comme le réflexe oculaire de référence mais ce n'est pas un critère direct d'évaluation de conscience. S'il est aboli et que l'on constate la perte définitive de la station debout et l'absence de respiration, on considère que l'animal est efficacement étourdi.

Certains indicateurs ont un pouvoir discriminant faible et leur présence nécessite une vérification à l'aide d'autres indicateurs ainsi qu'une surveillance accrue de l'animal.

En pratique, dans le cadre de l'abattoir, il suffit qu'un seul indicateur soit détecté positif pour que l'animal soit considéré conscient.

4.5.3 Contexte et conditions d'observation des indicateurs de conscience

Il n'est parfois pas possible d'observer certains indicateurs pour des raisons de contexte ou de conditions techniques. Par exemple, lorsqu'un animal est suspendu ou contenu, la posture debout n'est pas évaluable. En cas de rotation du globe, on ne peut pas toucher la cornée. Le Tableau 3 reprend pour chaque indicateur les conditions nécessaires à son observation.

Tableau 3 : Contexte et conditions d'observation des indicateurs de conscience sous condition que l'animal ne soit pas paralysé par section de la moelle épinière ou électro immobilisation

Indicateurs	Contextes et conditions d'observation liés à l'abattoir ou à l'animal
Absence d'effondrement	Animal non contenu
Présence de tentatives de redressement de la tête et/ou du corps	Animal non contenu et effondré
Présence de vocalisations	Contexte permettant d'entendre les vocalisations de l'animal
Présence de poursuite oculaire	Yeux libres et ouverts (pas de sang ou d'autres substances occultant l'œil ou paupières fermées) Absence de rotation des globes Présence d'objets ou d'humains qui se déplacent dans le champ visuel Temps d'observation
Présence de clignements spontanés des yeux	Paupières libres (pas de blocage mécanique lié à un système de contention) Yeux ouverts
Présence de réaction à la menace	Yeux libres et ouverts (pas de sang ou autres substances sur les yeux) Accès aux yeux Absence de rotation des globes Temps d'observation
Présence de réflexe cornéen	Accès aux yeux Yeux libres et ouverts (pas de sang ou autres substances sur les yeux)

Indicateurs	Contextes et conditions d'observation liés à l'abattoir ou à l'animal
	Besoin de matériel Pas de rotation des globes Pas de nystagmus Temps d'observation
Présence de réflexe pupillaire	Accès aux yeux Besoin de matériel Temps d'observation
Présence de mouvements respiratoires rythmiques	Observation pendant au moins un cycle Accès visuel aux flancs Hors phase tonique ou clonique Temps d'observation
Présence de réponse à un stimulus nociceptif	Accès aux zones corporelles d'intervention Temps d'observation

4.5.4 Sensibilité et spécificité des indicateurs de conscience

Chaque indicateur est caractérisé par sa sensibilité et sa spécificité qui peuvent influencer la taille de l'échantillon à observer. Ces données de sensibilité et spécificité (ci-après également dénommées « performances ») n'étaient pas disponibles pour les abattoirs français. Pour en obtenir une estimation, l'Anses a organisé une élicitation de connaissances d'experts selon la méthode Sheffield décrite en Annexe 7.

4.6 Choix des indicateurs de conscience

Les indicateurs choisis sont ceux qui sont susceptibles d'être utilisés par le RPA, qui doit mettre en œuvre le plan d'échantillonnage. Ce protocole n'est pas directement contraint par la cadence de la chaîne d'abattage. En plus des indicateurs observés visuellement sans contact avec l'animal, d'autres indicateurs nécessitant une intervention du RPA auprès de l'animal peuvent compléter le dispositif de détection d'un animal considéré conscient. Les indicateurs pris en considération sont ceux listés au sein des rapports de l'EFSA de 2013 et de l'Anses de 2013 sur le projet de GBP de protection animale en abattoirs de bovins :

« En conditions d'abattoir, peu de signaux fiables sont utilisables et faciles à observer rapidement, du fait de l'accès visuel limité au corps de l'animal, et en particulier à sa tête. Les différents signes moteurs observables sont les suivants (EFSA 2004; Von Holleben et al. 2010) :

- *La posture debout,*
- *Les mouvements pouvant être considérés comme intentionnels (clignement des paupières, vocalisation, redressement de la tête, tentative de redressement du corps),*
- *La poursuite coordonnée des deux yeux, face à un objet en déplacement dans le champ visuel (suivi du regard),*
- *La fermeture des paupières à l'approche rapide d'un objet visuel potentiellement menaçant (réaction à la menace),*
- *Le réflexe cornéen,*
- *Une respiration régulière,*
- *Le tonus musculaire de la langue.*

Les experts ne disposent pas actuellement de critère en abattoir permettant d'affirmer de façon certaine l'état d'inconscience et d'insensibilité de l'animal. La présence d'un des

indicateurs mentionnés ci-dessus témoigne d'un état de conscience, leur absence ne permet pas toujours d'affirmer avec certitude l'état d'inconscience de l'animal. » (Anses, 2013a).

Après analyse, certains des indicateurs proposés dans les deux rapports pris comme références (Anses, 2013a ; EFSA, 2013) n'ont pas été retenus pour les raisons explicitées ci-dessous et notamment en raison de la dangerosité de leur mise en œuvre pour la sécurité des opérateurs. Une description des indicateurs et des choix pratiques en termes de faisabilité en lien avec la dangerosité qui ont été faits est disponible en Annexe 7.

La **réaction à la menace** n'est pas un indicateur retenu. Si l'animal est conscient, il n'est pas certain qu'il réagisse au test de détection, notamment en cas d'obstruction oculaire par du sang ou de blessure de la rétine. En outre, la réalisation de ce réflexe nécessite un haut niveau de conscience de l'animal pour lequel d'autres indicateurs de conscience plus faisables sont détectables visuellement et sans intervention sur l'animal, donc moins dangereux pour l'opérateur. En pratique, à la suite d'une phase test en abattoir pour son utilisation de façon systématique, il a été conclu que cet indicateur était peu probant. Il est donc peu pratiqué sur le terrain.

Le **réflexe pupillaire** n'est pas utilisé sur le terrain en abattoirs de bovins. S'agissant de l'utilisation des réflexes oculaires pour la filière bovine, le GT « Élicitation » a opté pour ne garder que le réflexe cornéen. Le réflexe cornéen est pertinent car il est plus faisable si l'on considère qu'il est fait à distance (pinceau) ce qui permet de garantir la sécurité de l'opérateur. En effet, la paupière qui se referme est plus visible et plus facilement détectable que la constriction de la pupille, nécessitant de s'approcher au plus près de l'animal.

Le **tonus musculaire de la langue** est mis en évidence, en pratique, en France, par une traction de la langue effectuée par l'opérateur. Suite à l'analyse des experts (cf. argumentaire des experts élicités sur l'indicateur « tonus musculaire de la langue » en Annexe 7), cet indicateur n'est pas retenu compte tenu du nombre d'indicateurs déjà disponibles et évalués, de la dangerosité liée à la mise en œuvre de celui-ci et du peu d'informations disponibles sur son interprétation.

Rotation des globes oculaires : Cet indicateur semble pertinent pour l'étourdissement par tige perforante, cependant sa faisabilité dans le contexte de l'abattoir paraît limitée. Ni l'EFSA ni l'Anses ne l'ont considéré dans leurs travaux. Les experts mobilisés pour l'élicitation ne l'ont pas cité comme un indicateur utilisé sur le terrain.

Les indicateurs pris en compte ont fait l'objet d'une réflexion sur les structures neuro-anatomiques qu'ils mettent en jeu afin de s'assurer de leur indépendance physiologique les uns avec les autres (cf. Tableau 4). Ce caractère d'indépendance physiologique permet, par la suite, d'utiliser la formule de Cannon (2001) pour l'établissement d'un plan d'échantillonnage. En effet, celle-ci tient compte de la sensibilité globale de tous les indicateurs et nécessite une indépendance statistique entre ces indicateurs.

Tableau 4 : Indicateurs de conscience en abattoir de bovins pour le protocole d'échantillonnage proposés par les experts

	Indicateurs associés à l'état de conscience	Définition	Structures neuro-anatomiques impliquées. Intégration nerveuse
1	Absence d'effondrement	L'animal ne s'affaisse pas, il ne perd pas sa posture debout. L'effondrement peut être progressif en étourdissement gazeux	Intégration centrale ; noyaux gris centraux ; noyau pédonculopontin (pont rostral) et formation réticulaire (tronc cérébral)
2	Présence de tentative de redressement de la tête ou du corps	Mouvement orienté de l'encolure ou de la tête, ou tentative de reprise d'une posture naturelle du corps, à ne pas confondre avec les mouvements toniques-cloniques (mouvements involontaires, désorientés, pédalages)	Niveau cortical (aires sensorielles activant les aires motrices = noyaux gris centraux ;) noyau rouge (pont rostral), formation réticulaire (tronc cérébral)
3	Présence de vocalisations	Emission d'un ou de plusieurs cris de haute intensité (vocalises) par l'animal, à ne pas confondre avec les éventuels râles ou sons émis par une colonne d'air passant dans la gorge (expulsion d'air)	Niveau cortical (aires sensorielles activant les aires motrices et prémotrices), noyau gris centraux ; tronc cérébral
4	Présence de mouvements respiratoires rythmiques	Présence de mouvements respiratoires qui se répètent régulièrement (plusieurs mouvements respiratoires observés d'affilée, au moins 2, à fréquence normale de respiration soit 13 à 15 mouvements respiratoires par minute), signes de respiration avec mouvements associés des flancs pouvant aussi être accompagnés de mouvements du groin ou de la gueule. Les mouvements du groin ou de la gueule peuvent être imperceptibles et peuvent donc aussi être détectés au niveau des nasaux avec la main (souffle régulier).	Centres pontins et bulbaires respiratoires
5	Présence du réflexe cornéen	Fermeture instantanée de la paupière provoquée par un léger contact sur la cornée	Niveau du tronc cérébral (pont rostral et bulbe rachidien), avec réponse réflexe (relai synaptique court sans nécessité de conscience)
6	Présence de clignement spontané des yeux	Fermeture de la paupière liée à une sécheresse cornéenne et non provoquée par une stimulation comme un contact sur la cornée ou un déplacement d'air	Tronc cérébral : noyau facial (pont), noyau oculomoteur (mésencéphale) ; noyau gris centraux ; nerfs trijumeaux
7	Présence de mouvements des globes oculaires	Animal présentant un mouvement du globe oculaire allant de la poursuite oculaire jusqu'à la rotation du globe	Niveau cortical pour la poursuite oculaire + tronc cérébral (mésencéphale, pont, bulbe rachidien) Rotation du globe = réflexe lié à différentes structures éparpillées entre mésencéphale/pont/bulbe rachidien. Déséquilibre de l'information circulant entre ces structures. Une partie de ces structures fonctionne encore et provoque une rotation du globe oculaire.
8	Présence de nystagmus	Mouvements d'oscillation des globes oculaires	Flocculus (partie du cervelet très proche du tronc cérébral) ou des connexions du système oculo-vestibulaire dans le tronc cérébral et pont et bulbe rachidien

5 Évaluation quantitative de la sensibilité et de la spécificité des indicateurs de conscience et de leur combinaison

En l'absence de données chiffrées propres aux abattoirs français pour les valeurs de sensibilité et de spécificité des indicateurs de conscience, ainsi que de faisabilité de leurs combinaisons, l'Anses a conduit une élicitation des connaissances d'experts selon la méthode Sheffield (EFSA, 2014). La description du choix de la méthode d'élicitation en fonction des objectifs fixés est disponible en Annexe 7.

La mise en œuvre de cette élicitation a permis :

- d'obtenir des données quantitatives de sensibilité et de spécificité des indicateurs de conscience utilisés en abattoir de bovins en France,
- de déterminer la faisabilité de combinaisons d'indicateurs entre eux en fonction d'éléments contextuels (emplacement du RPA, cadence d'abattage, etc.).

Les performances des combinaisons d'indicateurs ont été calculées *a posteriori* à partir des performances individuelles des indicateurs inclus dans chacune des combinaisons considérées comme faisables sur le terrain.

5.1 Performances des indicateurs pris individuellement

Les valeurs chiffrées obtenues pour la sensibilité et la spécificité des indicateurs dans le cas de l'étourdissement mécanique sont présentées dans le Tableau 5. Les quartiles²⁵ obtenus après élicitation collective sont indiqués dans les colonnes correspondantes (quartile 25 % : Q25, quartile 50 % : Q50, quartile 75 % : Q75).

Les caractéristiques de la loi bêta de distribution des valeurs de sensibilité et de spécificité obtenues lors de l'élicitation, les moyennes et intervalles de confiance à 95 % et 99 %, figurent en Annexe 7. Lorsque les performances des indicateurs sont considérées comme presque parfaites (99 %), comme par exemple pour la spécificité de l'absence d'effondrement, l'ajustement n'est ni possible ni pertinent, car il n'y a pas d'incertitude associée.

²⁵ Rappel du 5.3.2.2 :

- le quartile 25 % : la valeur recherchée a 25 % de chances d'être plus basse que ce quartile et 75 % de chances d'être plus élevée ;
- le quartile 50 % (médiane) : la valeur recherchée a 50 % de chances d'être au-dessus de la médiane et 50 % d'être en dessous de la médiane ;
- Le quartile 75 % : la valeur recherchée a 25 % de chances d'être au-dessus de ce quartile et 75 % d'être en dessous.

Tableau 5 : Distributions (quartiles) des valeurs de sensibilité et spécificité retenus pour chaque indicateur après élicitation collective

INDICATEUR	Quartile 25 (%)	Quartile 50 (%)	Quartile 75 (%)
SENSIBILITÉ			
absence effondrement	20	40	50
présence de redressement à l'affalage	10	20	30
présence de redressement au hissage	10	30	50
présence de vocalisation	5	7	10
présence de poursuite oculaire	10	25	30
présence de nystagmus	10	20	25
présence de réflexe cornéen	90	93	96
présence de mouvements respiratoires	90	95	98
présence de clignements spontanés des yeux	10	40	60
SPECIFICITÉ			
absence effondrement	97	98	99
présence de redressement à l'affalage	60	70	85
présence de redressement au hissage	90	95	98
présence de vocalisation	97,5	98,5	99,7
présence de poursuite oculaire	96	97	99
présence de nystagmus	95	97	99
présence de réflexe cornéen	95	96	98
présence de mouvements respiratoires	90	95	97
présence de clignements spontanés des yeux	92	96	98

Les valeurs de paramètres d'ajustement de la loi bêta ainsi que les résultats de l'ajustement pour les valeurs de l'élicitation collective sont consultables pour chacun des indicateurs dans l'Annexe 7 consacrée à l'élicitation. Les explications pour chacune des valeurs estimées, indicateur par indicateur, sont consultables en Annexe 7.

La fonction de répartition de chacune des distributions de valeurs suivant une loi bêta permet de visualiser et de comparer les résultats de performances obtenus pour chacun des indicateurs (cf. Figure 7). La fonction de répartition a en effet deux axes informatifs : sur l'axe des ordonnées figurent les quantiles et sur l'axe des abscisses, les valeurs possibles du paramètre élicité (de 0 à 1 correspondant à 0 % à 100 %). La valeur 0,5 sur l'axe des ordonnées correspond à la médiane. La valeur recherchée (ou vraie valeur) a 50 % de chances d'être au-dessus ou en dessous de cette médiane. Plus la fonction de répartition est verticale vers la droite, plus toutes les valeurs possibles sont proches de 1, et donc meilleure est la performance de l'indicateur. La meilleure sensibilité est obtenue par l'indicateur « présence de mouvements respiratoires rythmiques » (cf. Figure 7).

La sensibilité de certains indicateurs comme « la présence de vocalisation » ou « l'absence d'effondrement » présente une forte incertitude, tandis que les estimations de spécificité présentent une incertitude plus faible quel que soit l'indicateur (cf. Figure 7).

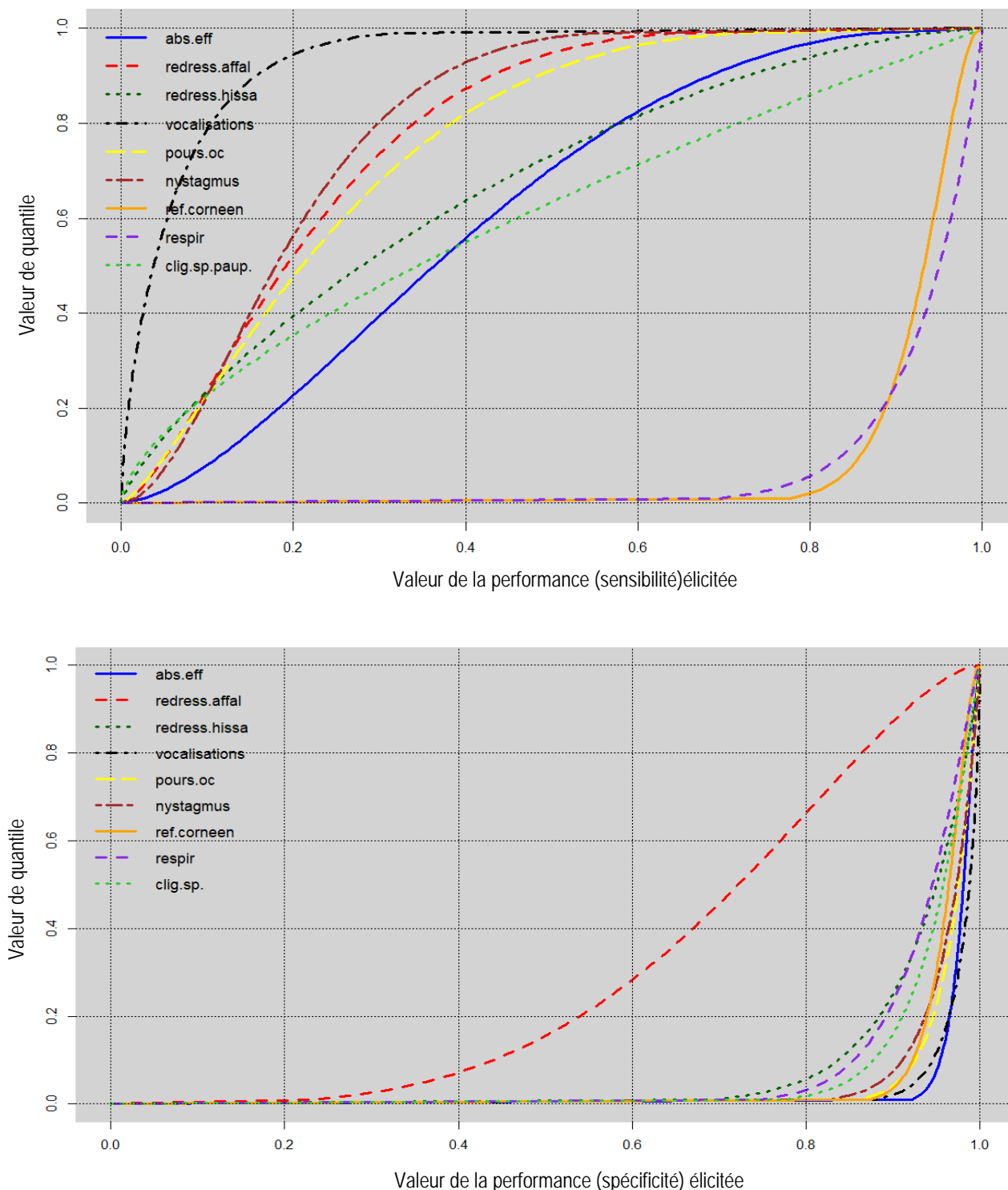


Figure 7 : Distributions des valeurs selon une loi bêta des sensibilités [A] graphique supérieur et spécificités [B] graphique inférieur, des différents indicateurs de conscience

Légende : abs. eff = absence d'effondrement ; redress.affal = présence redressement à l'affalage ; redress.hissa = présence redressement au hissage ; vocalisations = présence de vocalisation, pours.oc = poursuite oculaire ; nystagmus

= présence de nystagmus ; ref.corneen = présence de reflexe cornéen ; respir = présence de mouvements respiratoires ; cli.sp = présence de clignements spontanés des yeux.

5.2 Performances des combinaisons des indicateurs

5.2.1 Choix des combinaisons d'indicateurs

Chaque abattoir doit pouvoir déterminer, pour chaque point d'observation, la combinaison d'indicateurs la plus faisable, la plus sensible et la plus spécifique. Les experts élicités ont été interrogés par courriel pour déterminer la combinaison d'indicateurs la plus faisable (en toutes circonstances) à chaque point d'observation considéré.

Il sera nécessaire d'observer trois indicateurs pour le point d'observation n°1 (au box) en raison de la sensibilité trop faible (0,409) de la combinaison des deux indicateurs « absence d'effondrement + présence de vocalisation » (cf. Annexe 5, Tableau 20). Les combinaisons de trois indicateurs proposées dépendent de la présence ou non d'une mentonnière pour le maintien de la tête de l'animal dans le box. Si elle est présente, l'indicateur « présence de réflexe cornéen » est ajouté aux deux précédents « absence d'effondrement + présence de vocalisation ». En l'absence de mentonnière, c'est l'indicateur « présence de mouvements respiratoires rythmiques » qui est ajouté aux deux précédents.

Les experts de l'Anses ont choisi de prendre en compte un point d'observation « pendant la saignée » (temps d'écoulement du sang) pour trois éléments susceptibles de générer des reprises de conscience :

- les lésions du cerveau dues à l'étourdissement peuvent ne pas être suffisantes ;
- l'incision des vaisseaux peut ne pas être efficace et ne pas être à l'origine d'un écoulement sanguin profus ;
- il peut y avoir une persistance d'approvisionnement sanguin du cerveau.

Les réponses des experts élicités ne proposaient pas une seule combinaison d'indicateurs à utiliser pour ce dernier point de contrôle. Les experts de l'Anses ont proposé que les indicateurs retenus pendant la saignée soient : « respiration » et « réflexe cornéen », puisqu'il s'agit de s'assurer de la mort de l'animal avant les opérations d'habillage (cf. règlement 1099/2009).

5.2.2 Sensibilités des combinaisons d'indicateurs

L'incertitude sur la valeur de la sensibilité globale de la combinaison d'indicateurs diminue avec l'ajout d'indicateurs à la combinaison. Cet effet est observable si l'on compare l'incertitude de la sensibilité d'un indicateur isolé par rapport à la sensibilité globale de la combinaison d'indicateurs utilisable à chaque point d'observation de la chaîne d'abattage.

Tableau 6 : Distributions (quartiles) des valeurs de sensibilité globale des combinaisons d'indicateurs²⁶

	Moyenne (%)	Q 25 (%)	Q50 (%) médiane	Q75 (%)
Point d'observation n°1 « au box » : combinaison de 3 indicateurs :				
Absence d'effondrement + présence de vocalisation + respiration	95,97	94,5	97,4	98,98
OU				
Absence d'effondrement + présence de vocalisation + réflexe cornéen (si mentionné dans le box)	95,49	93,93	96,3	97,96
Point d'observation n°2 « à l'affalage » : combinaison de 5 indicateurs :				
Présence de tentative de redressement + présence de vocalisation + poursuite oculaire + réflexe cornéen + présence de mouvements respiratoires rythmiques	99,7	99,6	99,85	99,9
Point d'observation n°3 « juste avant l'incision » : combinaison de 3 indicateurs, par exemple :				
Tentatives de redressement + respiration + vocalisations	95,58	93,86	97,22	98,98
Point d'observation n°4 « pendant la saignée » : combinaison de 2 indicateurs :				
Réflexe cornéen + respiration	99,46	99,3	99,69	99,89

Le calcul des performances de la combinaison du point d'observation n°4 a été réalisé en utilisant les valeurs de sensibilités les plus faibles des intervalles de valeurs obtenus lors de l'élicitation pour chaque indicateur. Dans un but de protection des animaux, une marge de sécurité minorant de 10 % la valeur de sensibilité obtenue pour cette combinaison a été appliquée. En effet, les valeurs de performances des indicateurs dont disposent les experts ont été estimées pour une observation sur la chaîne d'abattage, avant l'incision des vaisseaux.

²⁶ La sensibilité globale Se_G d'une combinaison comportant N indicateurs indépendants, de sensibilité respective Se_1, Se_2, \dots, Se_N , est donnée par la formule suivante :

$$Se_G = 1 - (1 - Se_1) \times (1 - Se_2) \times \dots \times (1 - Se_N)$$

Ces résultats ont été obtenus par simulation avec 100 000 itérations et convergence à la 3^{ème} décimale.

6 Recueil de données en abattoirs de bovins pour estimer la prévalence d'échecs à l'étourdissement

6.1 Contexte de l'abattage des bovins en France

Un panorama général de l'abattage en France a été dressé afin d'aider à établir des protocoles d'échantillonnage en lien avec les pratiques de terrain. En effet, la taille et l'homogénéité de la population cible sont les deux paramètres déterminants pour pouvoir mettre en œuvre un échantillonnage. Le nombre d'animaux abattus par jour et le type de production sont des données indispensables à prendre en considération pour choisir un scénario d'échantillonnage.

Dans leur rapport sur « Abattage et bien-être animal », F. Hochereau et F. Jourdan proposent une typologie des abattoirs pour les bovins, ovins et porcins. Ils distinguent trois grandes catégories d'abattoirs :

- « Les abattoirs industriels privés intégrés dans des groupes industriels de la viande qui produisent chacun plus de 30 000 tonnes par an. Ces établissements ne possèdent pas d'ancrage territorial avec les acteurs.
- Les abattoirs semi-industriels privés qui produisent chacun entre 10 000 et 20 000 tonnes par an. Ces sites intermédiaires possèdent un fonctionnement industriel et sont entièrement privés, mais sont souvent d'anciens outils municipaux. Ils alimentent le marché national, l'export, mais aussi quelques clients locaux.
- Les abattoirs « de proximité » prestataires de services en majorité municipaux, qui produisent au maximum 9 000 tonnes par an. A la différence des abattoirs privés, les établissements municipaux n'ont pas de service commercial. Ils sont des « outils » à disposition des clients locaux, nécessaires au développement et à la valorisation du territoire dans lequel ils s'inscrivent. ».

Les grosses unités d'abattage, de type abattoirs industriels, possèdent des chaînes dont la cadence peut atteindre jusqu'à 60 voire 70 bovins abattus par heure.

Les données d'abattage de bovins en France pour l'année 2017 proviennent de 213 établissements pour 4 640 082 animaux abattus (DGAL, 2017).

Tableau 7 : Données 2017 des abattages de bovins en France (Source : DGAL)

Types d'animaux abattus	Nombre d'abattoirs	Nombre d'animaux abattus
Abattages totaux	259	32 426 348
Autres bovins	40	14 473
Bisons, buffles, yacks, zébus	18	317
Bovins mâles (12 à 24 mois)	206	834 546
Bovins mâles de plus de 2 ans	205	240 816
Génisses (12 à 24 mois)	206	77 116
Génisses (plus de 24 mois)	207	493 057
Jeunes bovins femelles (de 8 à 12 mois)	203	30 418
Jeunes bovins mâles (de 8 à 12 mois)	205	52 318
Total Bovins	213	4 640 082

Total Bovins de 12 mois et moins	210	1 321 381
Total Bovins (>8 mois)	213	3 401 437
Total Génisses	209	570 173
Total gros bovins	211	3 304 228
Total Jeunes bovins (8 à 12 mois)	208	82 736
Total Vaches	206	1 658 693
Vaches allaitantes	205	761 834
Vaches laitières	199	896 859
Veaux (8 mois ou moins)	203	1 238 645

Les éléments en police gras correspondent aux catégories de bovins prises en compte dans cette expertise.

Les bovins de moins de huit mois (correspondant à 1 238 645 animaux abattus en 2017) n'ont pas été pris en compte dans la suite de l'expertise, ils forment une autre catégorie qui nécessite son propre protocole d'échantillonnage (méthodes d'étourdissement, contention et indicateurs différents des bovins de plus de huit mois). Lorsque la population cible pour le protocole d'échantillonnage a été définie, le GT « Echantillonnage » s'est accordé sur le fait de considérer une catégorie de bovins « standard » comprenant tous les bovins sauf les veaux, les taureaux, les bovidés dangereux et ceux hors gabarit. Les animaux inhabituels par leur comportement, leur gabarit, leurs cornes etc. suivent une procédure particulière, propre à chaque abattoir.

La classification par taille des abattoirs traitant des bovins de plus de huit mois proposée par le GT porte sur 213 établissements (3 401 437 animaux abattus en 2017). Parmi ces 213 établissements, pour des abattages mensuels variant de 0 à 16 000 animaux par abattoir, sont distingués :

- 48 abattoirs abattant en moyenne moins de 100 bovins par mois (correspondant à 20 724 animaux abattus par an). Dans ces abattoirs le nombre maximum d'animaux abattus par mois est de 150.
- 104 abattoirs abattant en moyenne entre 101 et 1 000 bovins par mois (correspondant à 408 821 animaux abattus par an). Dans ces abattoirs le nombre maximum d'animaux abattus par mois est de 1 400.
- 56 abattoirs abattant en moyenne entre 1 001 et 9 000 bovins par mois (correspondant à 2 307 623 animaux abattus par an). Dans ces abattoirs le nombre maximum d'animaux abattus par mois est de 9 000.
- 5 abattoirs abattant en moyenne plus de 10 000 bovins par mois (correspondant à 664 269 animaux abattus par an). Dans ces abattoirs le nombre maximum d'animaux abattus par mois est de 16 000.

Pour ces quatre catégories d'abattoirs, pour 22 jours d'activité maximum par mois, le nombre maximum d'animaux abattus par jour correspond en moyenne à :

- 7 pour les petits abattoirs,
- 64 pour les abattoirs moyens,
- 409 pour les gros abattoirs,
- 727 pour les très gros abattoirs.

Les experts soulignent la grande diversité dans les capacités des établissements d'abattage de bovins qui impacte la réalisation des contrôles de second niveau par échantillonnage.

6.2 Objectif du recueil de données

Aucune donnée de terrain française sur les taux de prévalence d'échecs à l'étourdissement n'était disponible au début de ce travail. Le GT Échantillonnage a donc proposé un protocole de recueil de

données visant à déterminer un ordre de grandeur de ce taux de prévalence, en se basant sur des observations dans quelques abattoirs.

L'objectif de ce recueil de données était d'estimer le taux de prévalence des échecs à l'étourdissement dans des conditions de terrain d'abattage. Ces données ont servi aux experts pour établir des protocoles applicables dans les abattoirs français. Il faut noter qu'au moment de la rédaction du rapport, il n'existe pas de seuil réglementaire de taux de prévalence limite.

6.3 Résultats

La description du protocole de recueil de données mis en œuvre en 2015, les données obtenues et leur analyse descriptive sont consultables en Annexe 4. Il faut noter que quatre abattoirs ont participé à cette enquête. Ils abattaient entre six et plus de 800 bovins par jour. Les résultats obtenus tiennent compte d'une diversité de situations mais ne sont pas représentatifs de l'ensemble des abattoirs français.

Il est important de noter également que les données relevées lors de cette enquête correspondent à la prévalence d'échecs à l'étourdissement à la suite du premier tir. La « position de l'observateur » correspondait aux deux premiers points d'observation de la chaîne, c'est-à-dire au box ou à l'affalage. Aucun relevé de donnée n'a été effectué au niveau des autres points d'observation de la chaîne. Dans ce recueil de données, la population d'échantillonnage (population au sein de laquelle les animaux constituant l'échantillon sont tirés au sort) prise en compte correspondait aux animaux abattus au cours d'une journée d'abattage.

La recherche d'indicateurs de conscience a été conduite sur un total de 361 bovins. Sur l'échantillon observé, le taux de prévalence moyen des échecs à l'étourdissement après le premier tir a été de 8,03 % (29/361 bovins ; IC 95 % : 5,45-11,33 %). Les experts soulignent la valeur élevée de la prévalence d'échecs obtenue lors de cette enquête conduite sur un nombre restreint d'abattoirs.

Ce recueil de données a permis de donner un ordre de grandeur du taux de prévalence des échecs à l'étourdissement **après le premier tir** en abattoir de bovins, dans des conditions françaises d'abattage. Ces résultats permettent de définir des scénarios plausibles pour établir le protocole d'échantillonnage en fonction du taux de prévalence d'échecs à l'étourdissement qu'il est souhaitable de détecter et la taille de la population abattue.

7 Proposition d'une stratégie d'échantillonnage

Dans un souci de simplification du rapport et pour en améliorer la lisibilité, la plupart des équations justifiant les éléments statistiques abordés ci-après figurent seulement en Annexe 3 et non dans le corps du texte.

7.1 Taille limite de l'échantillon

7.1.1 Taille de la population d'échantillonnage et de l'échantillon

Le nombre d'individus à échantillonner pour estimer un taux de prévalence (T_0) dépend²⁷ :

- du taux de prévalence apparente attendue des échecs à l'étourdissement dans la population ;
- de la précision du résultat souhaitée ;
- du niveau de confiance correspondant à la probabilité que la vraie valeur se situe dans l'intervalle de confiance.

Dans le cadre de ce rapport, les valeurs suivantes ont été retenues :

- taux de prévalence apparente attendue : ici plusieurs valeurs illustratives inférieures ou égales à 4 % seront proposées ;
- précision souhaitée : à titre d'indication, la précision relative ne devrait pas dépasser 50 %. Idéalement, elle devrait être fixée à 30 % ou moins. Par exemple, si le taux de prévalence apparente attendue est de 5 % plus ou moins 2,5 % (soit 5 % [2,5 %-7,5 %]), la précision absolue est de 2,5 % et la précision relative est de 2,5 / 5 soit 50 %.
- niveau de confiance : la valeur retenue est de 95 %.

Lors de l'établissement du T_0 par échantillonnage, si aucun animal de l'échantillon n'a été détecté conscient, cela signifie que le taux de prévalence attendu utilisé pour le calcul de la taille d'échantillon a été surestimé. **Il faut alors renouveler les observations sur un échantillon de taille plus grande, c'est-à-dire correspondant à une valeur plus faible de taux de prévalence d'échecs attendue.** Si l'on souhaite réaliser cette estimation par échantillonnage, il faudra adapter la taille de la population d'échantillonnage en tenant compte des recommandations exprimées ci-après.

Que le T_0 soit établi par échantillonnage ou en observant tous les animaux, **les experts recommandent que 100 animaux soient observés au minimum et sur une période d'un mois maximum.** Ainsi, dans ces conditions, si aucun animal n'est détecté conscient, le T_0 est inférieur à 1 %, sous réserve que l'échantillon soit représentatif de la population abattue. Dans le cas où la population abattue durant une période d'un mois est inférieure à 100 animaux, les experts recommandent d'augmenter la période d'observation pour atteindre 100 animaux.

Dans le cadre du T_1 (suivi du taux de prévalence d'échecs à l'étourdissement initial), la population d'échantillonnage doit être de taille suffisante pour qu'elle contienne au moins en moyenne un individu conscient que l'on cherchera à détecter dans l'échantillon. **Si aucun animal de**

²⁷ La formule mathématique permettant de calculer la taille de l'échantillon dans le cas d'une estimation de taux de prévalence est consultable en Annexe 3 du rapport.

l'échantillon n'est considéré conscient il est alors possible d'affirmer avec 95 % de certitude que le taux de prévalence des échecs à l'étourdissement dans la population est inférieur au T_1 fixé pour le plan d'échantillonnage.

En pratique, si le T_1 est faible ($\leq 1\%$), la taille de l'échantillon nécessaire pour détecter un échec est grande. La population d'échantillonnage peut alors être augmentée pour correspondre à la population abattue sur une ou plusieurs semaines successives d'activité de l'abattoir, afin que l'échantillonnage nécessaire puisse être réalisé. Dans ce cas, il conviendra de tenir compte des recommandations que les experts formulent ci-après.

Les données recueillies dans les abattoirs français ont été utilisées pour avoir une première estimation des taux de prévalence d'échecs à l'étourdissement pour les deux premiers points d'observation (au box et à l'affalage), dans quelques abattoirs.

Les experts recommandent que :

- la taille de l'échantillon ne dépasse pas 90 % de la population d'échantillonnage. Au-delà de cette fraction d'échantillonnage, un protocole par échantillonnage ne présente pas d'intérêt, toute la population doit être observée ;
- la taille de l'échantillon soit toujours supérieure à 5 % de la population d'échantillonnage pour assurer une surveillance minimale et continue. En outre, la population d'échantillonnage ne devra pas dépasser le nombre d'animaux abattus sur une période d'un mois quelles que soient les situations considérées et toujours sous la **condition que le procédé d'étourdissement soit constant sur la période considérée.**

Dans le cas où la population d'échantillonnage correspondrait au nombre d'animaux abattus durant plus d'une journée, les experts recommandent des périodes d'observation quotidiennes devant être réparties aléatoirement sur deux périodes par jour.

7.1.2 Effets de différents paramètres sur la taille de l'échantillon dans le cas de l'évaluation du T_1

7.1.2.1 Combinaisons d'indicateurs

Si la situation le permet, l'abattoir peut ajouter des indicateurs à chaque combinaison proposée en vue d'améliorer la sensibilité globale du système tout en veillant à ne pas trop diminuer la spécificité de la combinaison. Une application en ligne²⁸ RShiny® (<https://shiny-public.anses.fr/Echbovins/>) permet d'obtenir le résultat de sensibilité globale de toute combinaison d'indicateurs.

Dans le cas du contrôle du T_1 , l'impact de l'incertitude liée aux performances de ces combinaisons d'indicateurs (cf. chapitre 5.4.1) sur la taille de l'échantillon sera examiné ci-après.

7.1.2.2 Taux d'échecs maximum proposés pour chaque point d'observation

Les objectifs souhaitables définis dans le GBP des professionnels « GBP de maîtrise de la protection animale des bovins à l'abattoir »²⁹, correspondent à un taux d'échecs « *au box et à l'affalage* »

²⁸ Le nombre de connexions simultanées est limité. Nous vous recommandons de quitter l'application après utilisation. Si vous n'arrivez pas à vous connecter attendez un peu et reconnectez-vous.

²⁹ http://www.interbev.fr/wp-content/uploads/2014/04/gbp_maitrise-protection-bovins-abattoir.pdf

inférieur à 5 %. Celui proposé par T. Grandin³⁰ pour les mêmes points d'observation et largement repris aux Etats-Unis est inférieur ou égal à 4 %. Ce taux acceptable devra être fixé par les autorités compétentes. En suivant les préconisations de T. Grandin les experts préconisent un maximum de 4 % d'animaux considérés conscients au box (1) et à l'affilage (2). Toutefois, ce taux acceptable devra être fixé par les autorités compétentes.

Pour les points d'observation suivants, incision des vaisseaux (3) et saignée (4), le taux de prévalence d'échecs préconisé dans le GBP des professionnels « GBP de maîtrise de la protection animale des bovins à l'abattoir » « *entre l'affilage et la saignée* » est de 1 % et celui proposé par T. Grandin³¹ et largement repris aux Etats-Unis est de 0,1 %. Dans l'objectif d'assurer la protection des animaux, le protocole proposé ci-après vise à atteindre une prévalence d'échecs à l'étourdissement inférieure ou égale à 0,1 % au moment de l'incision des vaisseaux et pendant la saignée. La prescription réglementaire impose en effet que « *les animaux soient mis à mort uniquement après étourdissement et que l'animal soit maintenu dans un état d'inconscience et d'insensibilité jusqu'à sa mort* ».

7.1.2.3 Effet de l'incertitude de la valeur de sensibilité des combinaisons d'indicateurs de conscience sur la taille des échantillons

Pour chaque valeur de T_1 et de taille de population d'échantillonnage du Tableau 8, la taille de l'échantillon a été calculée en tenant compte de la valeur de la sensibilité de la combinaison d'indicateurs et de son incertitude associée (cf. chapitre 5 Elicitation, paragraphe 5.2.2). Ce calcul a abouti à une distribution de valeurs possibles pour la taille de l'échantillon. Il est résumé dans le Tableau 8 par la valeur médiane de cette distribution et de son intervalle de confiance à 95 % donné entre crochets. Ce Tableau 8 présente les valeurs pour la combinaison des indicateurs « absence d'effondrement, présence de vocalisation et présence de mouvements respiratoires rythmiques » observée au premier point d'observation « au box ». Les valeurs correspondant à d'autres combinaisons d'indicateurs de conscience sont données en annexe 4.

Les intervalles de confiance à 95 % observés ne sont pas très étendus autour de la valeur médiane de la taille de l'échantillon nécessaires quels que soient la combinaison d'indicateurs et le point d'observation considérés (cf. Tableau 8 ci-dessous et Tableau 19 en annexe 4). En conséquence, l'incertitude sur les valeurs de sensibilité des indicateurs a un impact relativement faible sur la taille de l'échantillon. Par conséquent, par souci de simplicité, il a été choisi de n'utiliser dans la suite du rapport que les valeurs médianes des tailles d'échantillon nécessaires à tous les points de contrôle.

³⁰ https://animalhandling.org/producers/guidelines_audits

³¹ https://animalhandling.org/producers/guidelines_audits

Tableau 8 : Taille médiane (et intervalle de confiance à 95 %) de l'échantillon nécessaire pour détecter un TPL en fonction de la taille de la population d'échantillonnage de la combinaison (au box) absence d'effondrement + présence de vocalisations + respiration

TPL (%)	Taille de la population d'échantillonnage (nombre d'animaux)														
	5-30	40	50	100	120	150	200	250	300	500	1000	2000	5000	10000	20000
0,10												1593 [1554-1829]	2312 [2254-2653]	2655 [2589-3048]	2854 [2783-3276]
0,25											716 [698-822]	924 [901-1091]	1092 [1065-1254]	1158 [1129-1329]	1192 [1163-1369]
0,5									266 [259-305]	358 [349-411]	462 [450-530]	530 [517-609]	578 [564-664]	595 [581-684]	604 [589-694]
1						133 [130-153]	159 [155-183]	179 [174-205]	194 [189-223]	230 [225-265]	264 [258-304]	284 [277-326]	297 [290-341]	301 [294-346]	304 [296-349]
2				79 [77-91]	87 [85-100]	97 [91-111]	107 [105-123]	115 [112-132]	120 [117-138]	132 [128-151]	141 [138-163]	147 [143-169]	150 [148-174]		
3			44 [43-51]	64 [63-74]	69 [67-79]	74 [72-85]	80 [78-92]	83 [81-96]	86 [84-99]	92 [89-105]	96 [94-111]	99 [96-113]	100 [98-116]		
4		34 [34-40]	39 [38-45]	53 [52-61]	56 [55-65]	60 [58-68]	63 [61-73]	65 [64-75]	67 [65-78]	70 [68-82]	73 [71-85]	74 [72-86]	75 [73-88]		

TPL : Taux de prévalence limite des échecs à l'étourdissement.

Les cases grisées correspondent à la situation où l'échantillon représente plus de 90 % de la population d'échantillonnage. Dans ce cas, l'échantillonnage n'est pas recommandé.

7.1.2.4 Effets des performances et des capacités de l'abattoir sur les tailles de la population d'échantillonnage et de l'échantillon

Dans le cas de très faibles prévalences à détecter, la taille de l'échantillon est élevée et la population au sein de laquelle l'échantillon est constitué devra augmenter également jusqu'à éventuellement dépasser le nombre d'animaux abattus durant une journée de fonctionnement de l'abattoir. C'est pourquoi il est proposé d'étendre la période de fonctionnement prise en compte pour constituer cette population d'échantillonnage. Si les performances de l'abattoir sont en cohérence avec cette possibilité (cf. ci-après paragraphe 7.3), la population d'échantillonnage pourra être augmentée et correspondra, par exemple, au nombre d'animaux abattus durant une semaine de fonctionnement de l'abattoir, voire 15 jours ou jusqu'à un mois. Des observations pour le contrôle de second niveau devront, quoi qu'il en soit, être quotidiennes.

Cette option n'est valable que sous réserve que les caractéristiques de la population échantillonnée soient comparables à celles de la population cible et que l'efficacité du procédé d'abattage soit stable dans le délai de temps choisi.

Plusieurs paramètres sont susceptibles d'influencer la taille de la population d'échantillonnage et la taille de l'échantillon :

- la capacité d'abattage de l'abattoir qui détermine le nombre d'animaux abattus par unité de temps ;
- la population abattue qui doit présenter une relative homogénéité ;
- le T_1 à détecter.

Ainsi, lorsque la capacité de l'abattoir est élevée et le T_1 faible et sous réserve que les caractéristiques des individus de la population échantillonnée et le procédé d'abattage soient relativement stables dans le temps, il peut être proposé d'augmenter la population échantillonnée à l'activité d'une semaine, de 15 jours ou d'un mois d'abattage. **Des observations quotidiennes doivent cependant être effectuées, et le caractère aléatoire de l'échantillonnage doit être préservé.**

7.2 Étude des adaptations de méthodes développées dans d'autres domaines

La taille de l'échantillon nécessaire pour estimer une prévalence d'échecs et les actions à entreprendre peut être obtenue par différentes méthodes (Millier, 1967 ; Pillet, 2005).

Les professionnels rédacteurs du guide de bonnes pratiques de protection des bovins à l'abattoir ont proposé en 2017 pour les contrôles de second niveau en abattoirs de bovins, la méthode d'analyse progressive³² et la méthode de carte de contrôle³³. De fait, ces deux méthodes sont surtout utilisées dans les cas de processus et de produits très standardisés, par exemple, lors de contrôles de fabrication de produits. L'abattage de bovins ne remplit pas les conditions spécifiques pour l'application de telles méthodes, dont les raisons sont détaillées ci-après.

Tout d'abord, dans un certain nombre de situations, notamment lorsque le nombre d'unités à observer est limité, la méthode d'analyse progressive peut induire une action corrective tardive par rapport à l'occurrence des événements indésirables, ce qui ne paraît pas souhaitable dans le domaine de la protection des animaux.

La méthode des cartes de contrôle quant à elle ne conduit à prendre des actions pour limiter les événements indésirables que lorsque le taux d'occurrence de ces événements est élevé. Habituellement l'action n'est décidée que lorsque l'estimation des taux d'échecs est supérieure à la moyenne plus trois fois l'écart-type, ce qui ne paraît pas non plus souhaitable dans le domaine de la protection des animaux.

De ce fait, ces méthodes n'ont pas été retenues par la suite car elles n'apparaissent pas appropriées à une détection rapide des échecs à l'étourdissement dans le contexte particulier de la protection animale en abattoir.

³² <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00881979/document>

³³ <http://www.demarcheiso17025.com/fiche010.html>

7.3 Protocole d'échantillonnage proposé

Une application en ligne³⁴ RShiny® a été développée pour calculer le nombre d'animaux à échantillonner pour établir le T_0 et le T_1 en fonction des indicateurs de conscience utilisés en combinaison et des caractéristiques populationnelles de l'abattoir. Lorsque le résultat de l'application donne une valeur inférieure à 100, pour assurer une meilleure représentativité, les experts recommandent qu'un minimum de 100 animaux soit observé pour l'établissement du T_0 .

Un didacticiel de cette application est donné en Annexe 6.

Dans la mesure du possible, les mêmes animaux sont à observer aux quatre points. Quand les cadences ne permettent pas ce suivi du même animal à chaque point, l'organisation optimale dépend du contexte de l'abattoir et doit être déterminée par le RPA en concertation avec le gestionnaire du risque.

7.3.1 T_0 pour chaque point d'observation

Au début de la mise en place d'un contrôle par échantillonnage, un T_0 est établi pour chacun des quatre points d'observation dans le but d'avoir une vue complète des performances de l'ensemble du processus d'abattage. Si le T_0 dépasse le seuil fixé par le gestionnaire du risque, des mesures correctrices sont à apporter immédiatement. Un nouveau T_0 doit être établi.

Les experts proposent dans les exemples ci-après un seuil de 4 % pour les points d'observation (1) au box et (2) à l'affalage et un seuil de 0,1 % pour les points d'observation (3) au moment de l'incision des vaisseaux et (4) pendant la saignée.

Dans le cas où aucun échantillonnage ne peut être réalisé pour estimer le T_0 , la prévalence est obtenue sur la population totale. Si n animaux sont observés et qu'aucun animal n'est détecté conscient, le T_0 sera inférieur à $1/n$ (si nécessaire, n peut être augmenté en allongeant la période d'observation). Si le T_0 ainsi obtenu dépasse le seuil fixé par le gestionnaire du risque, des mesures correctrices sont à apporter immédiatement et avant de réaliser un nouveau T_0 .

7.3.2 T_1 pour chaque point d'observation

Pour l'établissement du T_1 , la population d'échantillonnage doit contenir au moins un individu conscient que l'on cherchera à détecter dans l'échantillon. Si aucun animal de l'échantillon n'est conscient il est alors possible d'affirmer avec 95 % de certitude que le taux de prévalence des échecs pour chaque point d'observation dans la population est inférieur au T_1 fixé.

La mise en œuvre du protocole de contrôle de second niveau par suivi d'un T_1 n'est possible que lorsque les performances de l'abattoir le permettent :

- la prévalence des échecs est inférieure ou égale à 4 % au box et à l'affalage et 0,1 % à l'incision et la saignée.
- le protocole d'échantillonnage doit permettre la détection d'une prévalence des échecs inférieure ou égale 0,1 % au moment de l'incision des vaisseaux et pendant la saignée.

³⁴ Le nombre de connexions simultanées est limité. Nous vous recommandons de quitter l'application après utilisation. Si vous n'arrivez pas à vous connecter attendez un peu et reconnectez-vous. <https://shiny-public.anses.fr/Echbovins/>

7.3.3 Situations de non-applicabilité du protocole d'échantillonnage

Pour la filière bovine, il existe des situations qui ne permettent pas la mise en œuvre d'un échantillonnage pour réaliser le contrôle de second niveau. Deux cas ont notamment été identifiés par les experts :

1. le taux d'échecs à l'étourdissement de l'abattoir est tellement faible que même la prise en compte d'une période de fonctionnement d'un mois, considérée comme un maximum compte tenu de la variabilité possible du fonctionnement de l'abattoir, est insuffisante pour établir la population d'échantillonnage nécessaire à la détection des échecs. Théoriquement, il faudrait donc contrôler tous les animaux. L'autorité compétente pourrait prévoir un protocole adapté qui devrait suivre les recommandations décrites ci-après.
2. la faible activité de l'abattoir, quelles que soient ses performances, ne permet pas d'établir une population d'échantillonnage. Le contrôle de second niveau par échantillonnage n'est pas possible.

Lorsque la population abattue ne permet pas qu'un échantillonnage soit mis en place (Figure 8), les experts recommandent que :

- des contrôles de second niveau quotidiens et aux quatre points d'observation soient néanmoins réalisés pour assurer le respect de la protection des animaux conformément au règlement 1099/2009 ;
- ces contrôles permettent un relevé d'informations quotidien assurant une traçabilité des événements et le cas échéant des actions correctrices.
- les modalités des contrôles soient définies par l'abattoir avec le gestionnaire.

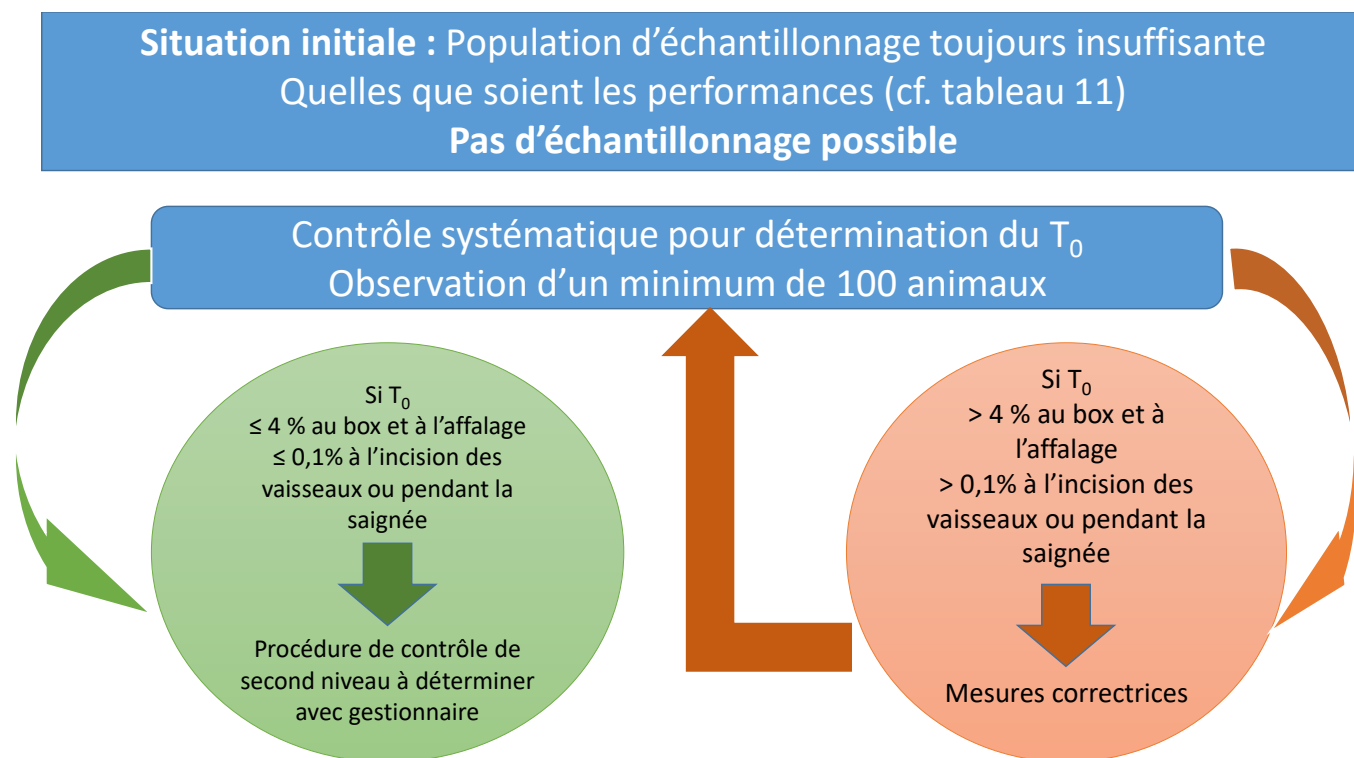


Figure 8 : Situations dans lesquelles un contrôle de second niveau par échantillonnage n'est pas possible et propositions pour les contrôles (T_0 = taux de prévalence d'échecs estimée)

7.3.4 Proposition d'échantillonnage au box et à l'affalage, premier et deuxième points d'observation de la chaîne

Ces deux premiers points d'observation devraient permettre de détecter les échecs à l'étourdissement après un ou plusieurs tirs.

L'efficacité du premier tir est primordiale dans le cadre des bonnes pratiques de protection des animaux à l'abattoir.

Ces éléments sont à renseigner par l'abattoir dans un registre dédié, lors des contrôles.

Ainsi, en plus des indicateurs de conscience observés au box (premier point d'observation), **le comptage du nombre de cartouches utilisées quotidiennement au box** est préconisé par les experts. Ce comptage permettra de confirmer le nombre d'animaux considérés conscients après le premier tir. Les experts attirent l'attention sur le fait que le taux de seconds tirs peut refléter la performance du système de deux façons : échecs des premiers tirs ou précaution de l'opérateur qui refait un tir en cas de doute. Dans les deux cas, une variation de ce taux devrait être un critère de vigilance.

7.3.4.1 Combinaisons d'indicateurs observables

Les indicateurs de conscience toujours **observables** au box sont « absence d'effondrement et vocalisation ». Mais ces deux premiers indicateurs ne suffisent pas pour faire une observation et un contrôle efficaces compte tenu de la faible sensibilité de la combinaison ainsi obtenue (cf. Tableau 9). Il convient donc, en fonction de l'abattoir et du type de box (présence de mentonnière ou non, présence de barrières amovibles ou non), d'ajouter au moins un indicateur complémentaire à ces deux premiers : soit « mouvements respiratoires » soit, en présence d'une mentonnière, le « réflexe cornéen ». L'ajout d'un indicateur dans la combinaison permet d'obtenir ainsi un niveau satisfaisant de sensibilité (cf. Tableau 9).

Tableau 9 : Valeur de sensibilité et spécificité des combinaisons qui peuvent être observées au box et à l'affalage.

Combinaisons à observer au Box	Sensibilité (%)	Spécificité (%)
absence d'effondrement + vocalisation	40,9	96,3
absence effondrement + vocalisations + respiration	97,4	90,1
absence effondrement + vocalisations + réflexe cornéen	96,3	92,3
Combinaisons à observer lors de l'affalage		
tentative de redressement à l'affalage + vocalisations + respiration + poursuite oculaire	97,45	82,9
tentative de redressement à l'affalage + vocalisations + respiration + poursuite oculaire + réflexe cornéen	99,8	79,4

Les indicateurs observables à l'affalage sont : « tentative de redressement », « vocalisations », « respiration » et « poursuite oculaire ». L'indicateur « réflexe cornéen » peut être ajouté. Dans ce cas, la combinaison a une sensibilité légèrement augmentée et une spécificité légèrement diminuée (cf. Tableau 9).

Il existe d'autres combinaisons d'indicateurs de conscience possibles à mettre en œuvre à chaque point d'observation. Grâce à l'outil en ligne RShiny®, il est possible de choisir une combinaison d'indicateurs adaptée au contexte de l'établissement d'abattage considéré. L'inclusion de plus d'indicateurs peut permettre d'augmenter la sensibilité globale de la combinaison et de réduire ainsi la taille de l'échantillon à observer mais elle en diminue la spécificité. Il ne faut cependant pas trop diminuer la spécificité de la combinaison qui conduirait à l'augmentation de faux-positifs et privilégier la combinaison d'indicateurs la plus sensible, faisable et spécifique.

7.3.4.2 Proposition de population d'échantillonnage et de taille d'échantillon en fonction de la taille et de la performance des abattoirs au box et à l'affalage

Dans le Tableau 10 ci-dessous, nous donnons l'exemple des valeurs médianes des tailles d'échantillons à observer, lorsque les observations sont faites au box avec une combinaison de trois indicateurs.

En raison des valeurs de sensibilité proches (cf. Tableau 9), les valeurs du Tableau 10 sont aussi valables pour la combinaison observée à l'affalage : « tentative de redressement à l'affalage + vocalisations + respiration + poursuite oculaire ». Les recommandations d'échantillonnage seront donc les mêmes dans ces deux cas. Pour un calcul exact, il conviendra d'utiliser l'outil RShiny® en ligne.

Tableau 10 : Taille médiane de l'échantillon nécessaire pour détecter un TPL en fonction de la taille de la population d'échantillonnage avec la combinaison d'indicateurs au box « absence d'effondrement + présence de vocalisations + respiration » et à l'affalage : « tentative de redressement à l'affalage + vocalisations + respiration + poursuite oculaire »

TPL (%)	Taille de la population abattue (par jour ; par semaine ; ou par mois)													
	40	50	100	120	150	200	250	300	500	1000	2000	5000	10000	20000
0,1											1593	2312	2655	2854
0,25										716	924	1092	1158	1192
0,5								266	358	462	530	578	595	1000
1					133	159	179	194	230	264	284	297	500	1000
2			79	87	97	107	115	120	132	141	147	250	500	1000
3		44	64	69	74	80	83	86	92	96	100	250	500	1000
4	34	39	53	56	60	63	65	67	70	73	100	250	500	1000

TPL : Taux de prévalence limite des échecs à l'étourdissement.

Les cases grisées correspondent à la situation où l'échantillon représente plus de 90 % de la population d'échantillonnage. Dans ce cas, l'échantillonnage n'est pas recommandé.

L'Annexe 4 comprend un exemple similaire mais avec d'autres combinaisons d'indicateurs de conscience observées au box et à l'affalage.

On peut voir dans ce Tableau 10, que lorsque la population d'échantillonnage atteint 2000 bovins, un échantillonnage est toujours possible pour un TPL à détecter compris entre 4 % et 0,1 %. En deçà, plus la taille de la population d'échantillonnage diminue, plus il est difficile de détecter de faibles prévalences. Lorsque les abattoirs ont un pourcentage d'échecs inférieur à 1 % lors du premier tir au box, la période d'observation peut être allongée de manière à augmenter l'effectif de la population d'échantillonnage.

Ainsi, le Tableau 11 présente des scénarios d'échantillonnage pour des périodes allant d'une semaine à un mois pour différentes catégories d'abattoirs.

Tableau 11 : Nombre d'animaux à observer par jour (et fraction d'échantillonnage) en fonction du T₁ et de la taille de la population (jour, semaine, quinzaine ou mois) pour un contrôle au box avec la combinaison « absence d'effondrement + présence de vocalisations + respiration » et à l'affalage avec la combinaison « : tentative de redressement à l'affalage + vocalisations + respiration + poursuite oculaire »

	T ₁				
	4 %	2 %	1 %	0,25 %	0,1 %
Très Petites Structures par exemple 100 par mois, soit 5 par jour					
Journée					
Semaine					
Quinzaine	4				
Mois	2 à 3	4			
Petites Structures : par exemple 600 par mois, soit 30 par jour					
Journée					
Semaine	12 (40 %)	20 (67 %)	26 (87 %)		
Quinzaine	7	12 (40 %)	19 (63 %)		
Mois	3 à 4	7	12 (40 %)		
Moyennes Structures : par exemple 2 000 par mois, soit 100 par jour					
Journée	53 (53 %)	79 (79 %)			
Semaine	14 (14 %)	26 (26 %)	46 (46 %)		
Quinzaine	7	14 (14 %)	26 (26 %)	71 (71 %)	
Mois	5	7	14 (14 %)	46 (46 %)	80 (80 %)
Grosses Structures : par exemple 10 000 par mois, soit 500 par jour					
Journée	70 (14 %)	132 (26 %)	230 (46 %)		
Semaine	25 (5 %)	36 (7 %)	56 (10 %)	192 (38 %)	
Quinzaine	25 (5 %)	25 (5 %)	25 (5 %)	109 (22 %)	231 (46 %)
Mois	25 (5 %)	25 (5 %)	25 (5 %)	58 (11 %)	133 (26 %)

Les cases grisées dans le Tableau 11 correspondent à deux situations :

- soit, il y a moins d'un animal conscient dans la population d'échantillonnage ;
- soit l'échantillon représente plus de 90 % de la population d'échantillonnage, ce qui conduit à ne pas préconiser une approche par échantillonnage.

Pour les très petites structures

Pour ces structures, théoriquement, on peut détecter un TPL de 4 % ou 2 % en observant 53 % ou 79 % respectivement des animaux abattus dans le mois. En dessous de 2 %, aucun échantillonnage n'est possible en raison de la trop petite taille de la population. Pour ces structures abattant moins de 100 animaux par mois, le contrôle de second niveau par échantillonnage n'est pas recommandé compte tenu de la variabilité probable des animaux abattus et de la diversité des approvisionnements de ces abattoirs.

Pour les petites structures

Pour un T_1 de 4 %, un plan d'échantillonnage par semaine est proposé. Ce plan nécessite d'échantillonner 40 % des animaux abattus.

Pour un T_1 inférieur à 4 % et supérieur à 2 %, un plan d'échantillonnage par quinzaine est proposé. Ce plan nécessite d'échantillonner de 23 % à 40 % des animaux abattus.

Pour un T_1 inférieur ou égal à 2 % et supérieur à 1 %, un plan d'échantillonnage au mois est proposé. Ce plan nécessite d'échantillonner de 23 % à 40 % des animaux abattus.

Pour des T_1 inférieurs à 1 %, les prévalences étant très faibles et les populations d'échantillonnage toujours restreintes dans les petites structures, l'échantillonnage ne peut pas être mis en place.

Pour les moyennes structures

- Pour un T_1 de 4 %, un plan d'échantillonnage par semaine est proposé.
- Pour un T_1 compris entre 4 % et 2 %, un plan d'échantillonnage par quinzaine est proposé.
- Pour un T_1 compris entre 2 % et 1 %, un plan d'échantillonnage au mois est proposé.
- Ces différentes propositions correspondent toutes à une fraction d'échantillonnage de 14 % de la population des animaux abattus.
- Pour des T_1 inférieurs à 1 %, l'échantillonnage correspond à une fraction de 46 % à 80 % de la population.
- Quand le TPL à détecter est bas, par exemple de 0,1 %, même en étendant la période d'observation sur le mois, il faut échantillonner 80 % des animaux abattus chaque jour.

Pour les grosses structures,

- Pour un T_1 de 4 %, un plan d'échantillonnage par jour est proposé.
- Pour un T_1 compris entre 4 % et 2 %, un plan d'échantillonnage par semaine est proposé.
- Pour un T_1 compris entre 2 % et 1 %, un plan d'échantillonnage à la quinzaine est proposé.
- Pour un T_1 inférieur à 1 %, un plan d'échantillonnage au mois est proposé.
- Ces différentes propositions correspondent toutes à une fraction d'échantillonnage entre 5 % et 14 % de la population des animaux abattus.
- Pour des T_1 inférieurs à 0,1 %, l'échantillonnage correspond à une fraction de plus de 26 % de la population.

7.3.5 Propositions d'échantillonnage au moment de l'incision des vaisseaux puis durant la saignée

Ces deux derniers points d'observation devraient permettre de détecter les éventuelles reprises de conscience (cf. Chapitre 4.4) juste avant et pendant la saignée. L'action correctrice sera ici le ré-étourdissement de l'animal avec une méthode appropriée et suivie si nécessaire de la reprise de l'incision (caillots ...).

Les reprises de conscience à ces deux points d'observation sont à renseigner par l'abattoir dans un registre dédié.

7.3.5.1 Combinaisons d'indicateurs observables

Les indicateurs de conscience toujours observables avant l'incision des vaisseaux sont « tentative de redressement », « respiration » et « vocalisations ». Il est possible dans certains cas de rajouter l'indicateur « réflexe cornéen » mais les sensibilités et spécificités de ces deux combinaisons sont équivalentes (cf. Tableau 12). Les indicateurs observables pendant la saignée sont : « respiration » et « réflexe cornéen », puisqu'il s'agit de s'assurer de la mort de l'animal (cf. Tableau 11).

Tableau 12 : Valeurs de sensibilité et spécificité des combinaisons qui peuvent être observées juste avant l'incision des vaisseaux et pendant la saignée.

Combinaisons à observer juste avant l'incision des vaisseaux	Sensibilité (%)	Spécificité (%)
tentative de redressement (hissage) + respiration + vocalisations	97,2	86,1
tentative de redressement (hissage) + respiration + vocalisations + réflexe cornéen	99,83	82,3
Combinaisons à observer pendant la saignée		
respiration + réflexe cornéen	89,3	90,2

7.3.5.2 Proposition de population d'échantillonnage et de taille d'échantillon en fonction de la taille et de la performance des abattoirs, pour les points d'observation « juste avant l'incision des vaisseaux » et « pendant la saignée »

Avant l'incision des vaisseaux, deux combinaisons d'indicateurs sont faisables dans la majorité des abattoirs (cf. Tableau 12). En revanche, lors de la saignée une seule combinaison semble faisable (cf. Tableau 12). Il existe d'autres combinaisons d'indicateurs possibles à mettre en œuvre à chaque point d'observation. Grâce à l'outil en ligne RShiny®,³⁵ il est possible de choisir une combinaison d'indicateurs adaptée au contexte de l'établissement d'abattage considéré comme pour les deux premiers postes d'observation. L'inclusion de plus d'indicateurs de conscience peut permettre d'augmenter la sensibilité globale de la combinaison et réduire ainsi la taille de l'échantillon à observer mais elle en diminue la spécificité. En conséquence de la diminution de la spécificité de la combinaison, le nombre de faux-positifs augmente.

Le Tableau 13 ci-dessous donne l'exemple des valeurs médianes des tailles d'échantillons à observer, lorsque les observations sont faites juste avant l'incision des vaisseaux et avec une combinaison de trois indicateurs. L'autre combinaison d'indicateurs utilisable à ce même point d'observation donne des valeurs similaires.

En revanche, la combinaison de deux indicateurs au point d'observation « pendant la saignée » présente une sensibilité un peu plus faible se traduisant par des tailles d'échantillons plus grandes (le détail des effectifs nécessaires figure en Annexe 4 et pour un calcul exact, l'application RShiny® en ligne peut être utilisée).

Tableau 13 : Taille médiane de l'échantillon nécessaire pour détecter un T₁ en fonction de la taille de la population d'échantillonnage avec la combinaison avant l'incision des vaisseaux : « tentative de redressement + respiration + vocalisations »

TPL (%)	40	50	100	120	150	200	250	300	500	1 000	2 000	5 000	10 000	20 000
0,001														15 971
0,025													7 182	9 271
0,05												3 591	4 635	5 324
0,1											1 597	2 317	2 661	2 860

TPL : Taux de prévalence limite des échecs à l'étourdissement

Les cases grisées correspondent à la situation où l'échantillon représente plus de 90 % de la population d'échantillonnage. Dans ce cas, l'échantillonnage n'est pas recommandé.

³⁵ . <https://shiny-public.anses.fr/Echbovins/>

Le Tableau 13 illustre le fait que lorsque la population d'échantillonnage atteint 2 000 bovins, un échantillonnage est toujours possible pour un TPL à détecter inférieur ou égal à 0,1 %. Plus la taille de la population d'échantillonnage diminue, plus il est difficile de pouvoir détecter de faibles prévalences.

Le Tableau 14 présente des scénarios d'échantillonnage pour des périodes allant d'une semaine à un mois pour différentes catégories d'abattoirs.

Tableau 14 : Nombre d'animaux à observer par jour (et fraction d'échantillonnage) en fonction du T_1 et de la taille de la population (animaux abattus par jour, semaine, quinzaine ou mois). Contrôle juste avant l'incision des vaisseaux. Combinaison « tentative de redressement + respiration + vocalisations »

	T_1			
	0,1 %	0,05 %	0,025 %	0,001 %
Très Petites Structures : par exemple 100 par mois, soit 5 par jour				
Journée				
Semaine				
Quinzaine				
Mois				
Petites Structures : par exemple 600 par mois soit 30 par jour				
Journée				
Semaine				
Quinzaine				
Mois				
Moyennes Structures : par exemple 2 000 par mois soit 100 par jour				
Journée				
Semaine				
Quinzaine				
Mois	80 (80 %)			
Grosses Structures : par exemple 10 000 par mois, soit 500 par jour				
Journée				
Semaine	340 (68 %)			
Quinzaine	232 (46 %)	359 (72 %)		
Mois	133 (26 %)	231 (46 %)	359 (72 %)	

Pour les très petites structures et pour les petites structures

Pour ces structures, le contrôle de second niveau par échantillonnage ne peut pas être mis en place avec un TPL attendu ne dépassant pas 0,1 %.

Pour les moyennes structures

Quand le TPL à détecter est inférieur ou égal à 0,1 %, en étendant la période d'observation sur le mois, il faut échantillonner 80 % des animaux abattus chaque jour.

Pour les grosses structures

Pour des T₁ de 0,1 %, l'échantillonnage correspond à une fraction de 26 % de la population en considérant le mois comme période de référence, 46 % en prenant la quinzaine et 68 % en prenant la semaine.

Pour des T₁ de 0,05 %, l'échantillonnage correspond à une fraction de 46 % de la population en considérant le mois comme période de référence, 72 % en considérant la semaine.

Pour des T₁ de 0,025 %, l'échantillonnage correspond à une fraction de 72 % de la population abattue sur le mois.

Pour des T₁ inférieurs à 0,025 %, l'échantillonnage ne peut être mis en place.

La Figure 9 présente une synthèse du protocole d'échantillonnage proposé pour les deux premiers points d'observation. Les mêmes principes sont applicables pour les deux autres points d'observation

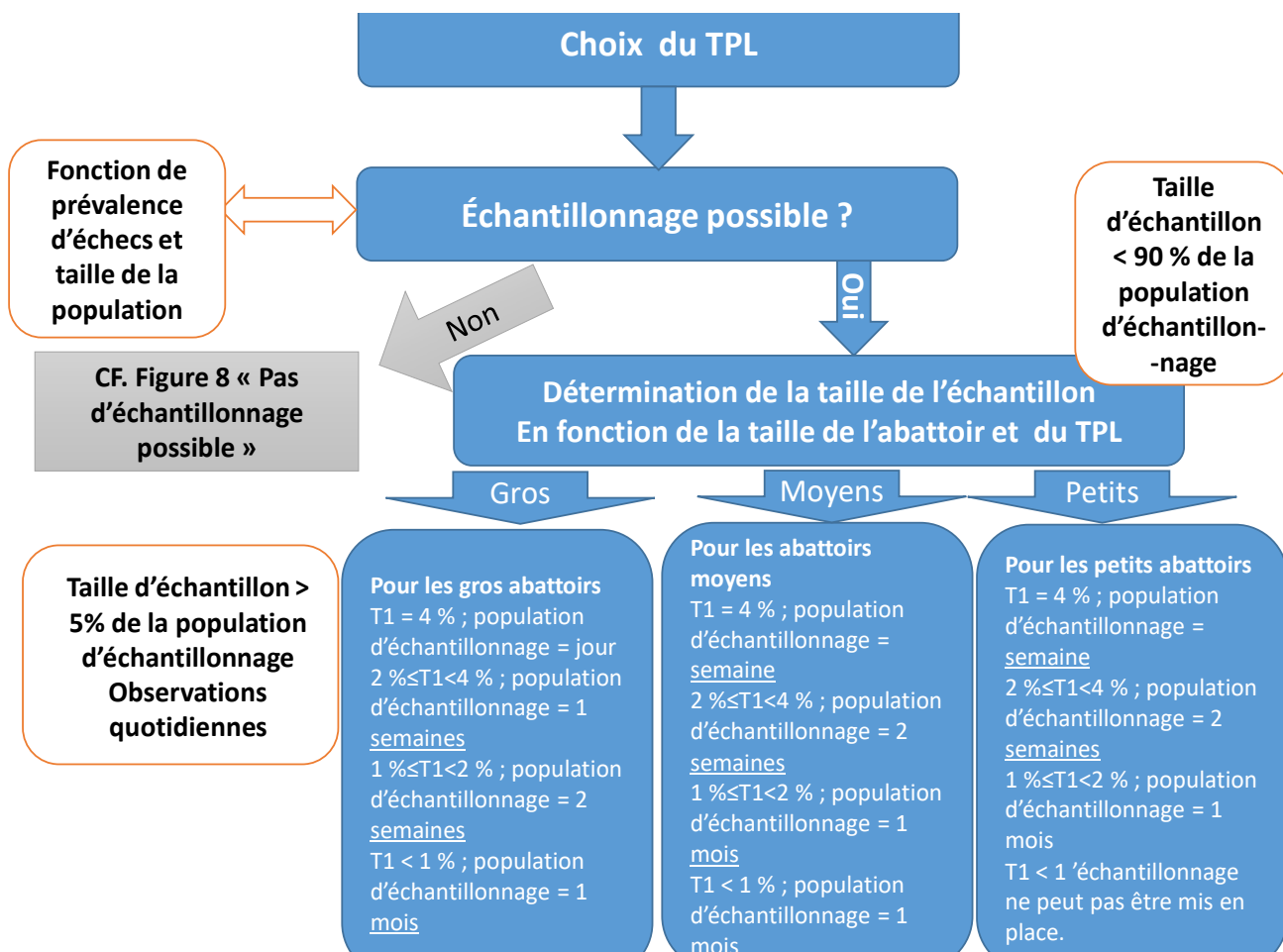


Figure 9 : Règles de décisions pour le choix de la population d'échantillonnage dans le cadre du T₁ pour les deux premiers points d'observation

8 Incertitudes

Les incertitudes identifiées durant l'élaboration du plan d'échantillonnage sont principalement associées :

- aux limites et manques de connaissances scientifiques sur les indicateurs de conscience ainsi que sur leur observation et mise en œuvre pratique dans le contexte particulier de l'abattoir ;
- aux limites sur les connaissances de la situation des abattoirs français.

De plus, même lorsque des connaissances sont disponibles, par exemple certaines données expérimentales, celles-ci ne sont pas directement extrapolables dans le cadre de l'abattoir (hétérogénéité des animaux, vitesse des chaînes d'abattage, compétences des observateurs, *etc.*).

Pour l'étape fondamentale de l'établissement des performances des indicateurs de conscience choisis (sensibilité, spécificité), ces données étant manquantes dans la littérature, il a été fait appel à l'élicitation des connaissances d'experts.

Les experts du groupe de travail ont listé les principales sources d'incertitudes dans le Tableau 15 ci-dessous en suivant les recommandations du rapport du GT MER de l'ANSES (Anses, 2016) et en suivant la logique du raisonnement conduit pour l'établissement du plan d'échantillonnage. Les incertitudes spécifiques liées à l'élicitation des connaissances d'experts pour établir les performances des indicateurs de conscience sont davantage détaillées dans le rapport « élicitation » en Annexe 7.

Tableau 15 : Typologie des sources d'incertitude, leur prise en compte, leur impact (I) et direction (D) sur les résultats de l'expertise/la taille de l'échantillon nécessaire, estimés par jugement d'experts

Typologie des sources d'incertitude	Etapes du raisonnement	Origine et sources (causes) des incertitudes identifiées par les experts	Prise en compte	Impact (I) ³⁶ et Direction (D) ³⁷ estimés sur le plan d'échantillonnage
Contexte	Responsable de la protection animale (RPA)	Le niveau de formation du RPA a été considéré pour l'élicitation comme étant celui d'un agent normalement formé à cet exercice, mais avec de possibles variations individuelles d'interprétation entre deux observateurs. L'emplacement possible du RPA sur la chaîne dans les différents abattoirs est non connu.	OUI (positionnement défini ; formation listée dans les recommandations)	I = moyen D = sous ou surestimation
Corpus de connaissance / Etat des connaissances	Procédés d'étourdissement	Manque de connaissance scientifique sur les techniques, les matériels et leur emploi sur le terrain.	OUI	I = moyen D = sous ou surestimation
Corpus de connaissance / Etat des connaissances	Echecs à l'étourdissement : 1. Définition 2. Taux de prévalence 3. Facteur de risque	1. Difficultés à définir de façon unanime et simple, dans le contexte de l'abattoir, après un échec à l'étourdissement, un animal considéré conscient et inconscient. 2. Absence d'étude scientifique permettant de mieux estimer les taux de prévalences d'échecs et les facteurs de risques associés (par ex. : taille de l'abattoir, moment de la journée, etc.) 3. L'échec à l'étourdissement est un évènement rare, de ce fait ses caractéristiques sont difficiles à estimer.	OUI : Point 1 : préparation de l'élicitation. Points 2 & 3 : Enquête menée sur un petit nombre d'abattoirs volontaires afin d'estimer un ordre de grandeur du taux de prévalence d'échecs à l'étourdissement.	I = faible D = sous ou surestimation

³⁶ Echelle qualitative de l'impact estimé de l'incertitude : faible, moyen, élevé.

³⁷ (D) : Direction de l'impact : sur estimation ou sous-estimation.

Typologie des sources d'incertitude	Etapes du raisonnement	Origine et sources (causes) des incertitudes identifiées par les experts	Prise en compte	Impact (I) ³⁶ et Direction (D) ³⁷ estimés sur le plan d'échantillonnage
Corpus de connaissance / Etat des connaissances	Indicateurs de conscience			
	• Définition	Absence de définition claire et consensuelle (EFSA, ANSES, Guide de bonnes pratiques, publications scientifique, <i>etc.</i>)	OUI (définition établies par les experts des GT concernés)	I = faible D = sous ou surestimation
	• Choix	Peu de bibliographie disponible. Certains indicateurs sont peu utilisés et donc l'information les concernant est encore plus limitée que pour les autres.	OUI : dires d'experts aux regards des connaissances actuelles et des pratiques de terrain	I = faible D = sous ou surestimation
	• Performances	Absence d'étude scientifique sur un échantillon de taille suffisante afin de mieux estimer les performances individuelles des indicateurs. Les performances ne sont pas forcément les mêmes aux différents moments. Par exemple, juste après l'étourdissement et juste avant la saignée Un ré-application de la procédure d'étourdissement peut intervenir entre temps (.	OUI (Elicitation : distribution de valeurs estimées de Se et Sp) Les valeurs de Se et Sp ont été décrites par des distributions de probabilités pour utiliser l'ensemble des valeurs possibles qu'elles peuvent prendre.	I = faible (plusieurs indicateurs combinés) D = sous ou surestimation
	• Corrélation	L'hypothèse d'indépendance repose sur une analyse conduite sur le plan physiologique et non statistique au regard du faible nombre d'animaux de l'enquête ayant présenté plusieurs indicateurs de conscience (4 porcs sur 21)	NON : (indicateurs considérés comme indépendants sur le plan physiologique (basée sur la littérature)	I = faible D = sous-estimation
	• Combinaison	L'absence d'étude sur les combinaisons des indicateurs	OUI (scénarios)	I = faible D = sous-estimation
Méthodologie d'évaluation/ Données sélectionnées	• Faisabilité des observations et des	Connaissance bibliographique & expertise collective	OUI (Elicitation)	I = faible D = sous ou surestimation

Typologie des sources d'incertitude	Etapes du raisonnement	Origine et sources (causes) des incertitudes identifiées par les experts	Prise en compte	Impact (I) ³⁶ et Direction (D) ³⁷ estimés sur le plan d'échantillonnage
Méthode d'intégration des données	combinaisons d'indicateurs observables			
Méthodologie d'évaluation / Méthode d'intégration des données	Elicitation d'experts	Liées au processus d'élicitation	OUI (tous les états de conscience du plus faible au plus élevé sont pris en compte ; incertitudes prises en compte à travers l'incertitude sur l'estimation des performances des indicateurs ; méthode standardisée d'élicitation)	I = faible D = sous ou surestimation
Méthodologie d'évaluation / Méthode d'intégration des données	Elicitation d'experts	Liées au choix des experts	OUI (plusieurs experts ; formation initiale ; processus itératif)	I = faible D = sous ou surestimation
Méthodologie d'évaluation / Méthode d'intégration des données	Calcul de la taille de l'échantillon	Homogénéité de la population d'échantillonnage ne peut pas être garantie	OUI	I = élevé si lots non homogènes D = sous-estimation
Communication des résultats de l'évaluation/ expression des résultats	Tailles calculées à observer	La taille de l'échantillon résulte d'un calcul qui dépend de la performance (valeurs de sensibilité) des combinaisons d'indicateurs de conscience, dont la valeur est elle-même incertaine	OUI (dans le corpus du rapport seule la médiane de la taille d'échantillon est présentée mais l'intervalle de confiance à 95 % est disponible dans les annexes)	I = faible D = sous ou surestimation

9 Conclusion

Ce rapport propose aux gestionnaires et aux responsables d'un outil de suivi des bonnes pratiques de protection des animaux abattoirs une stratégie d'échantillonnage pour le contrôle de second niveau qui est réalisé par le RPA. Elle doit garantir une évaluation précise et en temps réel du taux d'échecs à l'étourdissement des animaux.

Il conviendra de noter que d'autres protocoles d'échantillonnage devront être mis en place pour le contrôle d'autres étapes de l'activité de l'abattoir puisque, selon le règlement 1099/2009/CE, les règles de bonne protection des animaux en abattoir doivent être respectées **de l'arrivée des animaux à l'abattoir jusqu'à leur mort**.

La stratégie proposée permet aux abattoirs de situer leurs performances en termes d'échecs à l'étourdissement par rapport à leurs objectifs et de mettre en place une stratégie d'amélioration continue.

Il est rappelé que selon la réglementation, les opérateurs sont en charge de l'étourdissement et du suivi de cet étourdissement pour tous les animaux. Ces derniers doivent rester inconscients tout au long du processus d'abattage et jusqu'à leur mort qui doit être confirmée avant le début des opérations d'habillage. Le RPA est chargé du contrôle de second niveau et de l'enregistrement et de la traçabilité des contrôles. Une même personne ne peut pas assurer au même moment, lors de ces procédures de contrôle, les rôles d'opérateur et de RPA.

Les principaux concepts à prendre en compte ont déjà été présentés dans le rapport « Protocoles d'échantillonnage pour la surveillance des bonnes pratiques d'étourdissement des porcs en abattoir » et sont repris dans ce document. Il est rappelé que, dans le contexte de l'abattoir :

- La conscience est caractérisée par la présence d'indicateurs de conscience. Ceux-ci ont été retenus en fonction du contexte et en particulier des postes d'observation sur la chaîne d'abattage. Chacun de ces indicateurs est caractérisé par ses performances de sensibilité et de spécificité. A chaque poste d'observation, plusieurs indicateurs sont utilisés en combinaison à un même moment (en parallèle) pour détecter la conscience.
- La formule qui permet de calculer la taille des échantillons à contrôler par le RPA est celle de l'EFSA et ne tient compte que de la sensibilité des indicateurs mis en œuvre pour détecter la conscience d'un animal sans prendre en compte leur spécificité. La sensibilité et la spécificité de chaque indicateur ont été évaluées grâce à une élicitation d'experts selon la méthode Sheffield, conduite spécifiquement pour ce rapport. Le GT propose qu'à sensibilité égale, chaque combinaison d'indicateurs choisie à un point d'observation de la chaîne présente la meilleure spécificité possible.
- Le choix des indicateurs et des combinaisons les plus pertinentes a été adapté au contexte de l'abattoir, en considérant leur faisabilité, la sensibilité, la spécificité, le niveau de confiance³⁸.

Le rapport insiste sur les particularités de l'abattage des bovins qui ont une influence sur la réalisation de l'échantillonnage pour le contrôle de la conscience des animaux.

³⁸ Le niveau de confiance est usuellement fixé à 95 %, les experts de l'Anses recommandent de ne pas descendre en dessous de cette valeur.

Son champ d'application est restreint aux bovins âgés de plus de 8 mois. Il ne prend pas en compte les abattages de veaux et d'animaux particuliers³⁹, tels que les taureaux de reproduction.

Pour les animaux considérés ici, la technique d'étourdissement mécanique par tir frontal à l'aide d'un pistolet à tige perforante, qu'il soit pneumatique ou non, est la seule opérationnelle en France. Cet étourdissement est réalisé manuellement par un opérateur sur chaque animal dans un box de contention. Ceci conduit à considérer comme importants tout particulièrement l'opérationnalité de ce box et la compétence de l'opérateur qui est en charge de ce travail.

Les bovins abattus en France sont caractérisés par l'hétérogénéité de leurs origines en particulier du fait de leurs âges, races et systèmes d'élevage. Il n'est donc pas possible comme dans le cas des porcs charcutiers de baser l'échantillonnage sur la notion de lots homogènes qui proviendraient d'une seule exploitation. Ces spécificités de l'abattage des bovins ont amené le GT à proposer des stratégies d'échantillonnage basées sur une période de fonctionnement de l'abattoir allant de la journée au mois, en fonction de l'objectif poursuivi en termes de niveau de prévalence d'échecs à l'étourdissement à détecter et de l'activité de l'établissement.

Les abattoirs français ont une répartition très régionalisée et ont des tailles variées, allant de très grosses implantations spécialisées dans l'abattage des bovins à des établissements de petite taille ; ces petites structures sont généralement pluri-espèces. Leurs activités sont très variables d'un jour à l'autre, voire saisonnières.

Tout animal présentant un indicateur de conscience ou plus sur la chaîne d'abattage doit être ré-étourdi au plus vite sans attendre la mort consécutive à la saignée. Du fait de caractéristiques anatomiques spécifiques (cf. circulation sanguine cérébrale para-vertébrale) et de l'intervalle de temps pouvant être long entre le premier étourdissement et l'incision des vaisseaux, certains animaux peuvent reprendre conscience, tardivement après l'étourdissement et même après l'incision des vaisseaux, notamment lorsque la saignée n'est pas efficace.

Au regard des intervalles de temps entre le premier tir pour étourdir et l'incision des vaisseaux, il a été décidé de définir quatre points d'observation, décrits ci-après, pour détecter l'état de conscience d'un animal.

Sur la base de ces éléments et avec l'objectif de renforcer la protection animale et de préserver la sécurité des opérateurs, le GT propose la stratégie d'échantillonnage suivante :

- Le gestionnaire en liaison avec l'abattoir définit des objectifs pour la détermination du taux de prévalence d'animaux détectés conscients après l'étourdissement. Le plan prévoit deux phases :
 - Pendant la première phase du protocole d'échantillonnage, le taux initial de prévalence d'échecs à l'étourdissement (T_0) de l'abattoir est estimé, avec une précision relative prédéfinie (toujours inférieure à 50 %, idéalement 30 %) Il est recommandé que cette phase soit mise en œuvre de nouveau lors de changements significatifs de la chaîne d'abattage. Si ce T_0 est supérieur à 4 % au box et/ou à l'affilage et supérieur à 0,1 % lors de l'incision des vaisseaux et pendant la saignée, l'abattoir met en place des mesures correctrices immédiates et vérifie qu'elles permettent d'atteindre ces objectifs en ré-estimant son T_0 .

³⁹ Le guide de bonnes pratiques des professionnels définit ainsi les animaux particuliers : « *Au sens du règlement, nous avons considéré les cas particuliers suivant : les animaux hors gabarit ; les animaux dangereux ; les animaux laitiers en lactation ; les animaux non sevrés ; les femelles ayant mis bas et leur nouveau-né* ».

Le guide de bonnes pratiques des professionnels définit un animal dangereux (AM 18/12/2009) comme : « *Tout bovin qui, par son comportement fait courir un risque pour la sécurité des personnes l'approchant ou le manipulant* ».

- Pendant la deuxième phase du protocole d'échantillonnage, des contrôles quotidiens doivent permettre de vérifier que les objectifs T_1 de taux de prévalence d'échecs à l'étourdissement sont atteints. Ces objectifs visent à une amélioration des performances pour atteindre des valeurs de taux de prévalence d'échecs à l'étourdissement inférieures ou égales à T_0 .

Pour les abattoirs avec un taux d'échecs inférieur à 0,025 % au box et à l'affalage, le pourcentage d'animaux à échantillonner nécessaire pour estimer le T_1 n'est pas réalisable pratiquement. Dans ce cas, le suivi du taux d'échecs peut être remplacé par la réalisation d'une évaluation de la prévalence (T_0) à intervalles réguliers, et en tout état de cause plusieurs fois par an.

- Quatre points d'observation de la perte de conscience ont été identifiés, pour l'estimation de T_0 et de T_1 :
 - Le premier : au box, après le premier tir,
 - le second : à l'affalage, c'est-à-dire après l'ouverture du box (animal « libre »),
 - le troisième : avant l'incision des vaisseaux,
 - le quatrième : pendant la saignée.

Dans la mesure du possible, les mêmes animaux sont à observer aux quatre points. Quand les cadences ne permettent pas un suivi du même animal à chaque point, l'organisation optimale dépend du contexte de l'abattoir et doit être déterminée par le RPA en concertation avec le gestionnaire du risque.

- Des précautions concernant la périodicité et/ou l'échantillon observé doivent être prises pour favoriser la représentativité des animaux retenus.
- Dans certains cas la combinaison entre le volume d'abattage et la performance de l'étourdissement ne permet pas d'échantillonner la population. Dans ces cas particuliers, la surveillance pour calculer la prévalence d'échecs devra être réalisée sur au moins 100 animaux. Il faut garder une surveillance de la population totale par des contrôles systématiques de second niveau.
- Une application RShiny® en ligne⁴⁰ permet à tout abattoir de déterminer la taille de l'échantillon nécessaire pour estimer T_0 ou T_1 . Elle permet d'adapter la réalisation particulière du protocole à chaque contexte d'abattoir. Dans ce rapport, les exemples cités ne sont donnés qu'à titre pédagogique.

⁴⁰ <https://shiny-public.anses.fr/Echbovins/>

10 Recommandations

10.1 Recommandations générales et techniques pour la stratégie d'échantillonnage

Au regard de la stratégie d'échantillonnage à mettre en place :

Les experts recommandent que la stratégie développée dans ce rapport soit mise en place dans tous les abattoirs de bovins en France pour lesquels un échantillonnage est possible, afin d' :

- Aider les établissements à respecter le règlement 1099/2009 ;
- Contrôler la fréquence d'animaux conscients après l'étourdissement et avant la saignée ;
- Préciser le protocole du second niveau de contrôle, par échantillonnage, qui devrait figurer dans le projet de guide de bonnes pratiques.

Les experts de l'Anses préconisent l'adoption du plan d'échantillonnage suivant les recommandations proposées dans ce rapport. Sa pertinence devrait être réévaluée régulièrement, et lors de tout changement significatif de la chaîne d'abattage. Comme indiqué dans le corps du rapport, il est nécessaire de s'assurer :

- De l'inclusion de la fraction d'échantillonnage dans l'intervalle compris entre 5 et 90 % de la population d'échantillonnage.
- De l'homogénéité dans le temps des caractéristiques de la population d'échantillonnage ;
- De l'homogénéité dans le temps de l'efficacité de l'outil d'étourdissement ;
- Du caractère aléatoire de la sélection des individus de l'échantillon et de la période d'observation en cas de répartition de l'échantillon sur une semaine ou plus ;
- Du choix optimal de la combinaison d'indicateurs tenant compte du contexte de l'abattoir, de la stratégie d'échantillonnage et du souhait de maximiser sa sensibilité tout en n'affectant pas trop sa spécificité.

L'abattoir et/ou le gestionnaire pourraient déterminer les actions correctrices à mettre en place immédiatement et le délai imposé pour que le taux de prévalence d'échecs à l'étourdissement soit conforme au seuil fixé.

Afin de promouvoir une démarche de progrès, il est recommandé de dynamiser le réseau existant d'échanges entre les RPA (réseau de RPA) sur les concepts, méthodes, outils et résultats, en favorisant les parangonnages. Ce réseau devrait permettre d'identifier des pistes de progrès dans un objectif d'amélioration continue.

Au niveau des opérateurs, ce travail d'échantillonnage doit s'inscrire dans la démarche HACCP⁴¹ globale de l'établissement.

⁴¹ Hazard Analysis Critical Control Point = Analyse des dangers - points critiques pour leur maîtrise.

Afin de valoriser les résultats, il est recommandé de mettre en place un outil de centralisation des données géré par les abattoirs et les gestionnaires. Cette préoccupation devrait être prise en charge par les réseaux de RPA.

Au regard de la protection animale, les experts de l'Anses recommandent les aspects techniques complémentaires suivants :

- Assurer la formation de tous les acteurs est une condition *sine qua non* de la bonne application des règles de protection animale et du bon déroulé des opérations d'abattage. A titre d'exemple, l'étourdissement des bovins étant réalisé manuellement, l'opérateur responsable du geste d'étourdissement doit avoir été formé à la bonne application du pistolet et à l'orientation du tir qui déterminent l'efficacité de l'étourdissement.
- Limiter tous les facteurs qui augmentent la réactivité émotionnelle des animaux. Celle-ci est en effet susceptible d'impacter l'efficacité de l'étourdissement. Une attention particulière doit être apportée aux conditions de transport, au chargement et déchargement des animaux, à la conception des locaux et aux circuits d'amenée au box d'abattage.
- Considérer et mettre en place les aménagements du box, sa modularité et son adaptabilité afin de réduire la variabilité des résultats. La présence d'une mentonnière est souhaitable car elle devrait en particulier permettre des tirs plus précis et assurer une meilleure sécurité des opérateurs.
- Vérifier que les types de cartouche et de pistolet sont bien adaptés et en bon état de fonctionnement. Utiliser des cartouches de puissances adaptées au gabarit de l'animal. En cas de doute, choisir la puissance au-dessus de celle supposée suffisante afin de limiter les risques d'échec à l'étourdissement.
- Compter le nombre de cartouches utilisées au box et à l'affalage afin de détecter le plus tôt possible les problèmes éventuels.

10.2 Recommandation de recherche

Les experts, au terme de ce travail, recommandent :

- Que soient centralisées en vue de leur analyse, les données standardisées concernant l'efficacité de la méthode d'étourdissement de façon à mettre en évidence les différents facteurs de risque d'échec à l'étourdissement,
- Que soient déterminées, expérimentalement, les caractéristiques de sensibilité, spécificité, reproductibilité, répétabilité des indicateurs de conscience,
- Que puissent être étudiés les liens entre les caractéristiques neurologiques et les indicateurs de conscience et certaines expressions physiques (par exemple, pédalage des membres),
- Que soit améliorée l'efficacité des systèmes d'étourdissement existants et que de nouveaux systèmes d'étourdissement, notamment automatisés, soient développés,
- Que soient conduits des travaux pour permettre la détection automatique des indicateurs de conscience dans le cadre de l'abattoir, grâce au développement des nouvelles technologies comme l'analyse d'image.

La mise au point d'un système d'évaluation des performances des abattoirs, comme OASIS pour les réseaux d'épidémiologie, serait souhaitable. D'autres méthodes sont mobilisables, comme une enquête nationale en ligne auprès des RPA sur leurs pratiques d'évaluation ou l'usage d'une grille d'évaluation de l'observance des pratiques recommandées dans le cadre de ce rapport (Humblet *et al.*, 2017).

11 Bibliographie

11.1 Publications

- Abrahams, V.C., Kori, A.A., Loeb, G.E., Richmond, F.J., Rose, P.K. et Keirstead, S.A. (1993). Facial input to neck motoneurons: trigemino-cervical reflexes in the conscious and anaesthetised cat. *Experimental Brain Research* 97, 23-30.
- Albert, I., Grenier, E., Denis, J.B., Rousseau, J. (2008). Quantitative risk assessment from farm to fork and beyond: a global Bayesian approach concerning food-borne diseases. *Risk Anal.* Apr;28(2):557-71.
- Anses (2012). Rapport d'étude de l'Anses relatif à l'évaluation du Guide de bonnes pratiques d'abattage des bovins en matière de protection animale (saisine 2012-SA-0231). Maisons-Alfort : Anses, 120 p.
- Anses (2013a). Rapport d'étude de l'Anses relatif à l'évaluation du projet de Guide de bonnes pratiques de la protection des porcs en abattoir. (saisine 2013-SA-0222). Maisons-Alfort : Anses, 106 p.
- Anses (2013b). Rapport d'étude de l'Anses relatif à l'évaluation du projet de Guide de bonnes pratiques d'abattage des ovins en matière de protection animale. (saisine 2013-SA-0166). Maisons-Alfort : Anses, 108 p.
- Anses (2016). Prise en compte de l'incertitude en évaluation des risques : revue de la littérature et recommandations pour l'Anses. Avis de l'Anses Rapport d'expertise collective. Novembre 2016; Edition scientifique. 90 p.
- Aramideh, M., et Ongerboer de Visser, B.W. (2002). Brainstem reflexes: electrodiagnostic techniques, physiology, normative data, and clinical applications. *Muscle & Nerve*, 26(1), 14-30.
- Atkinson, S., et Algers, B. (2007). The development of a stun quality audit for cattle and pigs at slaughter. Proceedings of the XIII International Congress in Animal Hygiene (ISAH), Tartu, Estonia;
- Atkinson, S., Velarde, A., Llonch, P., et Algers, B. (2012). Assessing pig welfare at stunning in Swedish commercial abattoirs using CO2 group-stun methods. *Animal Welfare*, 21(4), 487-495.
- Bateman, D. (2001). Neurological assessment of coma. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry* 71, i13-i7.
- Blackmore, D.K. (1979). Non-penetrative percussion stunning of sheep and calves. *The Veterinary Record*, 105(16), 372-375.
- Blumenfeld, H. (2005). Cellular and network mechanisms of spike-wave seizures. *Epilepsia*, 46 Suppl 9, 21-33.
- Blumenfeld, H., Westerveld, M., Ostroff, R.B., Vanderhill, S.D., Freeman, J., Necochea, A., Uranga, P., Tanhehco, T., Smith, A., Seibyl, J.P., Stokking, R., Studholme, C., Spencer, S.S. et Zubal, I.G. (2003). Selective frontal, parietal, and temporal networks in generalized seizures. *Neuroimage*, 19(4), 1556-1566.
- Blumenfeld, H., et Taylor, J. (2003). Why do seizures cause loss of consciousness? *Neuroscientist*, 9(5), 301-310.
- Boissy, A., et Erhard, H.W. (2014). How studying interactions between animal emotions, cognition, and personality can contribute to improve farm animal welfare. In: T. Grandin, M.J.

- Deesing (Eds.). *Genetics and the Behavior of Domestic Animals* (2nd edition), Academic Press, New York, pp. 81-113.
- Bour, L., Ongerboer de Visser, B., Aramideh, M., et Speelman, J. (2002). Origin of eye and eyelid movements during blinking. *Movement Disorders*, 17 Supplement 2, 30-32.
- Bourguet, C., Deiss, V., Cohen-Tannugi, C., et Terlouw, C. (2011). Behavioural and physiological reactions of cattle in a commercial abattoir: Relationships with organisational aspects of the abattoir and animal characteristics. *Meat Science*, 88 158–168
- Brannan, S., Liotti, M., Egan, G., Shade, R., Madden, L., Robillard R., Abplanalp B., Stofer K., Denton, D., et Fox, P.T., (2001). Neuroimaging of cerebral activations and deactivations associated with hypercapnia and hunger for air. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, U S A, 98(4), 2029-2034.
- Brevard, M.E., Duong, T.Q., King, J.A., et Ferris, C.F. (2003). Changes in MRI signal intensity during hypercapnic challenge under conscious and anesthetized conditions. *Magnetic Resonance Imaging*, 21(9), 995-1001.
- Brown, R.E., Basheer, R., McKenna, J.T., Strecker, R.E., et McCarley, R.W. (2012). Control of sleep and wakefulness. *Physiological Reviews*, 92(3), 1087-1187.
- Butler, A.J., Thomas, M.K., Pintar, K.D. (2015) Systematic review of expert elicitation methods as a tool for source attribution of enteric illness. *Foodborne Pathog Dis. May*, 12(5):367-82.
- Cannon, R.M. (2001). Sense and sensitivity – designing surveys based on imperfect test. *Preventive veterinary medicine*, 49, 141-163.
- Carey, M.E. (1995). Experimental missile wounding of the brain. *Neurosurgery Clinics of North America*, 6, 629-642.
- Conger, K.A., Halsey, J.H., Luo, K.L., Tan, M.J., Pohost, G.M., et Hetherington, H.P. (1995). Concomitant EEG, lactate, and phosphorus changes by ¹H and ³¹P NMR spectroscopy during repeated brief cerebral ischemia. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism*, 15(1), 26-32.
- Conlee, K.M., Stephens, M.L., Rowan, A.N., et King, L.A. (2005). Carbon dioxide for euthanasia: concerns regarding pain and distress, with special reference to mice and rats. *Laboratory Animals*, 39(2), 137-161.
- Crick, F., et Koch, C. (1995). Are we aware of neural activity in primary visual cortex? *Nature*, 375(6527), 121-123.
- Cruccu, G., et Deuschl, G. (2000). The clinical use of brainstem reflexes and hand-muscle reflexes. *Clinical Neurophysiology*, 111(3), 371-387.
- Cruccu, G., Leardi, M.G., Ferracuti, S., et Manfredi, M. (1997). Corneal reflex responses to mechanical and electrical stimuli in coma and narcotic analgesia in humans. *Neuroscience Letters*, 222(1), 33-36.
- Daly, C.C., Gregory, N.G., Wotton, S.B., et Whittington, P.E. (1986). Concussive methods of pre-slaughter stunning in sheep: assessment of brain function using cortical evoked responses. *Research in Veterinary Science*, 41(3), 349-352.
- Daly, C.C., et Whittington, P.E. (1989). Investigation into the principal determinants of effective captive bolt stunning of sheep. *Research in Veterinary Science*, 46(3), 406-408.
- Danckert, J., et Goodale, M.A. (2000). A conscious route to unconscious vision. *Current Biology*, 10(2), 64-67.

- Dauvergne, C., Ndiaye, A., Buisseret-Delmas, C., Buisseret, P., Vanderwerf, F., et Pinganaud, G. (2004). Projections from the superior colliculus to the trigeminal system and facial nucleus in the rat. *The Journal of Comparative Neurology*, 478(3), 233-247.
- Devinsky, O. (2004). Effects of Seizures on Autonomic and Cardiovascular Function. *Epilepsy Currents*, 4(2), 43-46.
- Di Lisa, F., Blank, P.S., Colonna, R., Gambassi, G., Silverman, H. S., Stern, M. D., et Hansford, R.G. (1995). Mitochondrial-Membrane Potential in Single Living Adult-Rat Cardiac Myocytes Exposed to Anoxia or Metabolic Inhibition. *Journal of Physiology-London*, 486(1), 1-13.
- Dohoo, I., Martin, W., Stryhn, H. (2009). Screening and diagnostic tests, In: McPike, S.M. (Ed.) *Veterinary epidemiologic research*. VER Inc, Canada, Prince Edward Island, Charlottetown, 427-444.
- Dufour, B. (1997). Contribution à l'évaluation du fonctionnement des réseaux de surveillance épidémiologique des maladies infectieuses animales. Thèse de Doctorat en Sciences de la vie et de la santé. Université Paris Est Créteil.
- EFSA AHAW Panel (EFSA Panel on Animal Health and Welfare) (2013). Scientific Opinion on monitoring procedures at slaughterhouses for bovines. *EFSA Journal* 2013;11(12):3460, 65 pp. doi:10.2903/j.efsa.2013.3523..
- EFSA (European Food Safety Authority) (2014). Guidance on Expert Knowledge Elicitation in Food and Feed Safety Risk Assessment. *EFSA Journal* 2014; 12(6):3734. [278 pp.] doi:10.2903/j.efsa.2014.3734
- Eisele, J.H., Eger, E.I., et Muallem, M. (1967). Narcotic properties of carbon dioxide in the dog. *Anesthesiology*, 28(5), 856-865.
- Enderle, J.D. (2000). The Fast Eye Movement Control System. *The Biomedical Engineering Handbook: Second Edition*. Ed. Joseph D. Bronzino Boca Raton: CRC Press LLC.
- Erhard, H.W., et Schouten, W.G.P. (2001). Individual differences and personality. In "Social Behaviour in Farm Animals" (L.J. Keeling, and H.W. Gonyou, Eds.). pp. 333–352. CABI Publishing, Wallingford.
- Finnie, J.W. (2001). Animal models of traumatic brain injury: a review. *Australian Veterinary Journal*, 79(9), 628-633.
- Finnie, J.W., Manavis, J., Blumbergs, P.C., et Summersides, G.E. (2002). Brain damage in sheep from penetrating captive bolt stunning. *Australian Veterinary Journal*, 80(1-2), 67-69.
- Fries, R., Schrohe, K., Lotz, F., et Arndt, G. (2012), Application of captive bolt to cattle stunning — A survey of stunner placement under practical conditions, *Animal*, 6 (7), pp. 1124-1128.
- Gerritzen, M.A., Lambooi, E., Reimert, H.G.M., Spruijt, B.M., et Stegeman, J.A. (2006). Susceptibility of duck and turkey to severe hypercapnic hypoxia. *Poultry Science*, 85(6), 1055-1061.
- Gosling, S.D. (2001). From mice to men: what can we learn about personality from animal research? *Psychol. Bull.* 127, 45–86.
- Grandin, T. (1992) Effect of genetics on handling and CO2 stunning of pigs. *Meat focus international*, 124-6.
- Grandin, T. (1998). Objective scoring of animal handling and stunning practices at slaughter plants. *JAVMA*, 212, 36-9.

- Grandin, T. (2014). Recommended animal handling guidelines and Audit guide: A systematic approach to animal welfare. AMI Foundation.
- Gregory, N.G., Wilkins, L.J., et Wotton, S.B. (1991). Effect of electrical stunning frequency on ventricular fibrillation, downgrading and broken bones in broilers, hens and quails. *British Veterinary Journal*, 147(1), 71-77.
- Gregory, N.G., Lee, C.J., et Widdicombe, J.P. (2007). Depth of concussion in cattle shot by penetrating captive bolt. *Meat Science*, 77(4), 499-503.
- Guillier, L., Kabunda, J.M., Denis, J.B., et Albert I. (2013). Elicitation for food microbial risk assessment : a probabilistic approach extending Risk Ranger proposal. *Journal de la Société Française de Statistiques*, 154(3):113-23.
- Hald, T., Aspinall, W., Devleeschauwer, B., Cooke, R., Corrigan, T., Havelaar, A.H., et al. (2016) World Health Organization Estimates of the Relative Contributions of Food to the Burden of Disease Due to Selected Foodborne Hazards: A Structured Expert Elicitation. *PLoS One*, 11(1):e0145839.
- Humblet, M.F., Vanderschueren, P., Grignet, C., Cassart, D., Korsak, N., Saegerman, C. (2017) Observations as a way to assess the compliance of veterinary students with biosecurity procedures. *Revue Scientifique et Technique*, 36(3), 767-777.
- Kaada, B.R., et Jasper, H. (1952). Respiratory responses to stimulation of temporal pole, insula, and hippocampal and limbic gyri in man. *A.M.A. Archives of Neurology & Psychiatry*, 68(5), 609-619.
- Kety, S.S., et Schmidt, C.F. (1948). The effects of altered arterial tensions of carbon dioxide and oxygen on cerebral blood flow and cerebral oxygen consumption of normal young men. *Journal of Clinical Investigation* 27, 484-92.
- Kimura, J., et Lyon, L.W. (1972). Orbicularis oculi reflex in the Wallenberg syndrome: alteration of the late reflex by lesions of the spinal tract and nucleus of the trigeminal nerve. *The Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 35, 228-233.
- Lang, C.J.G., et Heckmann, J.G. (2005). Apnea testing for the diagnosis of brain death. *Acta Neurologica Scandinavica*, 112(6), 358-369.
- Laureys, S. (2005a). The neural correlate of (un)awareness: lessons from the vegetative state. *Trends in Cognitive Science*, 9, 556-559.
- Laureys, S. (2005b). Science and society: death, unconsciousness and the brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 6(11), 899-909.
- Le Neindre, P., Bernard, E., Boissy, A., Boivin, X., Calandreau, L., Delon, N., Deputte, B., Desmoulin-Canselier, S., Dunier, M., Faivre, N., Giurfa, M., Guichet, J-L., Lansade, L., Larrère, R., Mormède, P., Prunet, P., Schaal, B., Servièrre, J., Terlouw, C. (2017). Animal consciousness. EFSA supporting publication 2017:EN-1196. 165pp. doi:10.2903/sp.efsa.2017.EN-1196
- Limon, G., Guitian, J., et Gregory, N. G. (2010). An evaluation of the humaneness of puntilla in cattle. *Meat Science*, 84(3), 352-355.
- Linstone, H.A., Turoff, M. (2002). The delphi method. Techniques and Applications. 618p.
- Liu, G.T., et Ronthal, M. (1992). Reflex Blink to Visual Threat. *Journal of Clinical Neuro-Ophthalmology*, 12(1), 47-56.
- Martoft, L., Lomholt, L., Kolthoff, C., Rodriguez, B.E., Jenzen, E.W., Jorgensen, P.F., Pedersen, H.D., et Forslid, A. (2002). Effects of CO₂ anaesthesia on central nervous system activity in swine. *Laboratory Animals*, 36, 115-126.

- Martoft, L., Stodkilde-Jorgensen, H., Forslid, A., Pedersen, H.D., et Jorgensen, P.F. (2003). CO₂ induced acute respiratory acidosis and brain tissue intracellular pH: a ³¹P NMR study in swine. *Laboratory Animals*, 37(3), 241-248.
- Maskrey, M., et Nicol, S.C. (1980). The respiratory frequency response to carbon dioxide inhalation in conscious rabbits. *Journal of Physiology*, 301, 49-58.
- Merskey, H. et Bogduk, N. (1994). Classification of Chronic Pain. 2nd Edition, IASP Task Force on Taxonomy. IASP Press, Seattle.
- McKinstry, J.L., et Anil, M.H. (2004). The effect of repeat application of electrical stunning on the welfare of pigs. *Meat Science*, 67(1), 121-128.
- Millier, C. (1967). Une méthode statistique : l'analyse progressive. *Ann. Sci. forest.*, 24 (4), 327-343.
- Morcuende, S., Delgado-Garcia, J.M., et Ugolini, G. (2002). Neuronal premotor networks involved in eyelid responses: retrograde transneuronal tracing with rabies virus from the orbicularis oculi muscle in the rat. *Journal of Neuroscience*, 22(20), 8808-8818.
- Morgan, M.G. (2014). Use (and abuse) of expert elicitation in support of decision making for public policy. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 111(20):7176-84.
- Morris DE, Oakley JE, Crowe JA. (2014) A web-based tool for eliciting probability distributions from experts. *Environmental modelling and Software*, 52:1-4.
- Mouchonière, M., Le Pottier, G., et Fernandez, X. (1999). The effect of current frequency during waterbath stunning on the physical recovery and rate and extent of bleed out in turkeys. *Poultry Science*, 78(3), 485-489.
- Mouchonière, M., Le Pottier, G., et Fernandez, X. (2000). Effect of current frequency during electrical stunning in a water bath on somatosensory evoked responses in turkey's brain. *Research in Veterinary Science*, 69(1), 53-55.
- Munk, M.H.J., Roelfsema, P.R., Konig, P., Engel, A.K., et Singer, W. (1996). Role of reticular activation in the modulation of intracortical synchronization. *Science*, 272(5259), 271-274.
- Novack, P., Shenkin, H.A., Bortin, L., Goluboff, B., et Soffe, A.M. (1953). The effects of carbon dioxide inhalation upon the cerebral blood flow and cerebral oxygen consumption in vascular disease. *J Clin Invest.*, 32, 696-702.
- O'Hagan, A., Buck, C.E., Daneshkhah, A., Eiser, J.R., Garthwaite, P.H., Jenkinson, D.J., et al. (2006) Uncertain Judgements-Eliciting Expert's Probabilities: John Wiley and Sons, LTd.
- Ongerboer de Visser, B.W., et Kuypers, H.G. (1978). Late blink reflex changes in lateral medullary lesions. An electrophysiological and neuro-anatomical study of Wallenberg's Syndrome. *Brain*, 101(2), 285-294.
- Parvizi, J., et Damasio, A.R. (2001). Consciousness and the brainstem. *Cognition*, 79(1-2), 135-160.
- Pedersen, D.B., Stefansson, E., Kilgaard, J.F., Jensen, P.K., Eysteinnsson, T., Bang, K., et La Cour, M. (2006). Optic nerve pH and PO₂: the effects of carbonic anhydrase inhibition, and metabolic and respiratory acidosis. *Acta Ophthalmologica Scandinavica*, 84(4), 475-480.
- Pietrocatelli, S. (2008). Analyse bayésienne et élicitation d'opinions d'experts en analyse de risques et particulièrement dans le cas d'amiante chrysotile. Mémoire Département de santé environnementale et de santé au travail Faculté de médecine, Université de Montréal. 90 p.
- Pleiter, H. (2005). Electrical stunning before ritual slaughter of cattle and sheep in New Zealand. In: *Animal Welfare at ritual slaughter*, 72-76.

- Pillet, M. (2005). Chapitre 2. Appliquer la maîtrise statistique des processus. Éditions d'Organisation, 30-77.
- Prunier, A., Mounier, L., Le Neindre, P., Leterrier, C., Mormède, P., Paulmier, V., Prunet, P., Terlouw, C., et Guatteo, R. (2013). Identifying and monitoring pain in farm animals : a review. *Animal*, 7, 998-1010.
- Raj, A.B.M., Gregory, N.G., et Wotton, S.B. (1990). Effect of carbon dioxide stunning on somatosensory evoked potentials in hens. *Research in Veterinary Science*, 49, 355-359.
- Raj, A.B.M., O'Callaghan, M., et Hughes, S.I. (2006). The effects of amount and frequency of pulsed direct current used in water bath stunning and of slaughter methods on spontaneous electroencephalograms in broilers. *Animal Welfare*, 15(1), 19-24.
- Raj, A.B.M., et Gregory, N.G. (1996). Welfare implications of the gas stunning of pigs 2. Stress of induction of anaesthesia. *Animal Welfare*, 5(1), 71-78.
- Rodríguez, P., Dalmau, A., Ruiz-de-la-Torre, J.L., Manteca, X., Jensen, E.W., Rodríguez, B., et Velarde, A. (2008). Assessment of unconsciousness during carbon dioxide stunning in pigs. *Animal Welfare*, 17(4), 341-349.
- Rogan, W.J., et Gladen, B. (1978). Estimating prevalence from the results of a screening test. *Am J Epidemiol.*, 107(1):71-76.
- Rowe, G., Bolger, F. (2016). Final report on The identification of food safety priorities using the Delphi technique. EFSA supporting publication 2016: EN- 1007. 141 pp.
- Sharp, J., Azar, T., et Lawson, D. (2006). Comparison of carbon dioxide, argon, and nitrogen for inducing unconsciousness or euthanasia of rats. *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science*, 45(2), 21-25.
- Shearer, J.K. (2005). Euthanasia of cattle: Indications and practical considerations. In: Proceedings of the North American Veterinary Conference: Large animal Volume 19, January 8, 2005-January 12, 2005, Orlando, Florida, Eastern States Veterinary Association: Gainesville, Florida, USA, p. 28-29.
- Siegel, A., et Sapru, H.N. (2006). The reticular formation, Part 23. In: Siegel, A., Sapru, H.N. (Eds.), *The Neuron. Essential Neuroscience*, Section IV. Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia, London/Tokyo, Hong Kong, pp. 427-444.
- Siesjo, B.K. (1972). Symposium on acid-base homeostasis. The regulation of cerebrospinal fluid pH. *Kidney International*, 1(5), 360-374.
- Silbernagl, S., et Despopoulos, A. (2003). *Color Atlas of Physiology*, 5th edition, Thieme, Stuttgart, New York.
- St-John, W.M., et Paton, J.F. (2000). Characterizations of eupnea, apneusis and gasping in a perfused rat preparation. *Respir Physiol* 123, 201-13.
- Stocchi R., Mandolini N.A., Marinsalti M., Cammertoni N., Loschi A.R. et Rea S. (2014). Animal Welfare Evaluation at a Slaughterhouse for Heavy Pigs Intended for Processing. *Italian Journal of Food Safety* 3, 1712.
- Stoerig, P. (2007). Hunting the ghost: toward a neuroscience of consciousness. Dans: *Cambridge Handbook of Consciousness*, New York, USA: Cambridge University press. Eds. P.D Zelazo, M. Moscovitch et E. Thompson.
- Sturges, B.K. (2005). Neuro-ophthalmology: The Visible Nervous System. *Proceedings of the 2nd Annual Veterinary Neurology Symposium*, University of California, Davis - USA 2005.

- Taylor, N.C., Li, A., et Nattie, E.E. (2005). Medullary serotonergic neurones modulate the ventilatory response to hypercapnia, but not hypoxia in conscious rats. *Journal of Physiology*, 566(Pt 2), 543-557.
- Tehovnik, E.J., Sommer, M.A., Chou, I.H., Slocum, W.M., et Schiller, P.H. (2000). Eye fields in the frontal lobes of primates. *Brain Research Reviews*, 32(2-3), 413-448.
- Terlouw, E.M.C., Bourguet, C., Deiss, V., et Mallet, C. (2015). Origins of movements following stunning and during bleeding in cattle. *Meat Science*, 110, 135-144.
- Terlouw, E.M.C., Bourguet, C., Deiss, V., (2016a). Consciousness, unconsciousness and death in the context of slaughter. Part I. Neurobiological mechanisms underlying stunning and killing. *Meat Science*, 118, 133-146.
- Terlouw, E.M.C., Bourguet, C., Deiss, V., (2016b). Consciousness, unconsciousness and death in the context of slaughter. Part II. Evaluation methods. *Meat Science*, 118, 147-156.
- Thébault, A., Arnich, N., Belin, C., Neaud-Masson, N. (2015). Monitoring of lipophilic phycotoxins in France - Recommendation for an updated sampling strategy ICHA2015.
- Thomas, P.D. (2000). The differential diagnosis of fixed dilated pupils: a case report and review. *Critical Care and Resuscitation*, 2(1), 34-37.
- Toma, B., Dufour, B., Sanaa, M., Bénét, J.J., Shaw, A., Moutou, F., Louza, A. (2001). Epidémiologie appliquée à la lutte collective contre les maladies animales transmissibles majeures, 2nd édition Edition, 696 p.
- Toma, B. (1998). Surveillance des événements rares en santé publique vétérinaire. *Epidémiologie et santé animale*, 34, 1-8.
- Trojaborg, W., et Boysen, G. (1973) Relation between EEG, regional cerebral blood flow and internal carotid artery pressure during carotid endarterectomy. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 34, 61-9.
- Van Der Fels-Klerx, H.J., Goosens, L.H.J., Saatkamp, H.W., Horst, S.H.S. (2002). Elicitation of Quantitative Data from a Heterogeneous Expert Panel: Formal Process and Application in Animal Health. *Risk Anal*, 22(1) : 67-81.
- Velarde, A., Ruiz-de-la-Torre, J.L., Rosello, C., Fabrega, E., Diestre, A., et Manteca, X. (2002). Assessment of return to consciousness after electrical stunning in lambs. *Animal Welfare*, 11, 333-341.
- Verhoeven, M.T., Gerritzen, M.A., Hellebrekers, L.J., et Kemp, B. (2015a). Indicators used in livestock to assess unconsciousness after stunning: a review. *Animal*, 1-11.
- Verhoeven, M.T.W., Gerritzen, M.A., Kluivers-Poodt, M., Hellebrekers, L.J., et Kemp, B. (2015b). Validation of behavioural indicators used to assess unconsciousness in sheep. *Research in Veterinary Science*, 101, 144-153.
- Verhoeven, M.T.W., Hellebrekers, L.J., Gerritzen, M.A., et Kemp, B. (2016). Validation of indicators used to assess unconsciousness in veal calves at slaughter. *Animal*, 10(9), 1457-65.
- Vimini, R.J., Field, R.A., Riley, M.L., et Varnell, T.R. (1983). Effect of delayed bleeding after captive bolt stunning on heart activity and blood removal in beef cattle. *Journal of Animal Science*, 57(3), 628-631.
- Vogel, K.D., Badtram, G., Claus, J. R., Grandin, T., Turpin, S., Weyker, R. E., et Voogd, E. (2011). Head-only followed by cardiac arrest electrical stunning is an effective alternative to head-only electrical stunning in pigs. *Journal of Animal Science*, 89(5), 1412-1418.
- Vose, D. (2000) Risk analysis : a quantitative guide. 3rd ed. New York: John Wiley and sons.

- Vuyk, J., Engbers, F.H.M., Lemmens, H.J.M., Burm, A.G.L., Vletter, A.A., Gladines, M.P.R.R., et Bovill, J.G. (1992). Pharmacodynamics of Propofol in Female-Patients. *Anesthesiology*, 77, 3-9.
- Wagner, D.R., Kline, H.C., Martin, M.S., Alexander, L.R., Grandin, T., et Edwards-Callaway, L.N. (2019). The effects of bolt length on penetration hole characteristics, brain damage and specified-risk material dispersal in finished cattle stunned with a penetrating captive bolt stunner, *Meat Science*, 155 (109-114).
- Warriss, P. D., Brown, S. N., Adams, S. J., & Corlett, I. K. (1994). Relationships between subjective and objective assessments of stress at slaughter and meat quality in pigs. *Meat Science*, 38(2), 329-340.
- Watts, J. M., & Stookey, J. M. (2000). Vocal behaviour in cattle: the animal's commentary on its biological processes and welfare. *Applied Animal Behaviour Science*, 67(1-2), 15-33.
- Weiss, H. R., Cohen, J. A., & McPherson, L. A. (1976). Blood flow and relative tissue pO₂ of brain and muscle: effect of various gas mixtures. *American Journal of Physiology*, 230(3), 839-844.
- White, R. G., DeShazer, J. A., Tressler, C. J., Borchert, G. M., Davey, S., Waninge, A., & Clemens, E. T. (1995). Vocalization and physiological response of pigs during castration with or without a local anesthetic. *Journal of Animal Science*, 73(2), 381-386.
- Wotton, S.B., Anil, M.H., Whittington, P.E., et McKinstry, J.L. (1992). Pig slaughtering procedures: Head-to-back stunning. *Meat Science*, 32(3), 245-255.
- Wotton, S.B., & Gregory, N.G. (1986). Pig slaughtering procedures: time to loss of brain responsiveness after exsanguination of cardiac arrest. *Research in Veterinary Science*, 40(2), 148-151.
- Zeman, A. (2005). What in the world is consciousness? In: Laureys S, editor. The boundaries of consciousness: neurobiology and neuropathology. Amsterdam: Elsevier Press; 2005. p. 1—10.
- Zerari-Mailly, F., Dauvergne, C., Buisseret, P., et Buisseret-Delmas, C. (2003). Localization of trigeminal, spinal, and reticular neurons involved in the rat blink reflex. *Journal of Comparative Neurology*, 467(2), 173-184.

11.2 Normes

NF X 50-110 (mai 2003) Qualité en expertise – Prescriptions générales de compétence pour une expertise. AFNOR (indice de classement X 50-110).

11.3 Législation et réglementation

Union Européenne. RÈGLEMENT (CE) N°1099/2009 DU CONSEIL du 24 septembre 2009 sur la protection des animaux au moment de leur mise à mort (Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE). Journal officiel de l'Union Européenne, texte n° 303, du 18 novembre 2009. En ligne <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009R1099&from=FR>

ANNEXES

Annexe 1 : Autosaisine



Le directeur général

Maisons-Alfort, le 03 JUIN 2015

NOTE

pour

Anses - DER -
Direction de
l'Évaluation des
Risques

Nom du chef
d'unité
Charlotte
Dunoyer

Monsieur Patrick DEHAUMONT, Directeur général de l'alimentation
Monsieur Yves STRUILLLOU, Directeur général du travail
Madame Nathalie HOMOBOONO, Directrice générale de la concurrence,
de la consommation et de la répression des fraudes
Monsieur le Professeur Benoît VALLET, Directeur général de la santé,
Madame Patricia BLANC, Directrice générale de la prévention des risques

Objet : Transmission de la décision d'autosaisine 2015-SA-0087

Dossier suivi par :
Mme Julie CHIRON

Ligne directe :
01 49 77 26 31

Fax direct :
01 49 77 26 13

E-mail :
julie.chiron@anses.fr

N. Réf. :
JC/JC/2015-084
SANT

V. Réf. :

L'Agence nationale chargée de la sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail s'est autosaisie le 14/04/2014 pour proposer des méthodes d'échantillonnage utilisables dans le cadre de la surveillance de la mise en œuvre de bonnes pratiques de bien-être animal en abattoir.

Cette autosaisine s'inscrit dans la thématique « guides de bonnes pratiques pour assurer le bien être animal » inscrite au programme de travail 2015 de l'Anses : « *Les saisines ou autosaisines portant sur des thématiques plus larges, telles que : (...) une réflexion sur la conception des guides de bonnes pratiques en bien-être animal ainsi que l'évaluation des guides de bonnes pratiques préparés par les professionnels en déclinaison de la réglementation européenne et/ou nationale* ». Ces recommandations visent à aider les professionnels à compléter leur guide de bonnes pratiques de protection animale en abattoir sur ce point afin d'être en adéquation avec le règlement 1099/02009/CE : « *Les exploitants veillent à ce que les personnes chargées de l'étourdissement ou d'autres membres désignés du personnel procèdent à des contrôles réguliers pour s'assurer que les animaux ne présentent aucun signe de conscience ou de sensibilité pendant la période comprise entre la fin de l'étourdissement et la mort. Ces contrôles sont effectués sur un échantillon d'animaux suffisamment représentatif et leur fréquence est déterminée en fonction du résultat des contrôles précédents et de tout facteur susceptible d'influer sur l'efficacité du processus d'étourdissement* ».

Je vous prie de trouver ci-joint la décision d'autosaisine de l'Agence nationale chargée de la sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail.

Marc MORTUREUX



Décision N° 2015-04-118

2015 -SA- 0 0 8 7

AUTOSAISINE

Le directeur général de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses),

Vu le code de la santé publique, et notamment son article L. 1313-3 conférant à l'Anses la prérogative de se saisir de toute question en vue de l'accomplissement de ses missions,

Décide :

Article 1^{er}.- L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail se saisit afin de réaliser une expertise dont les caractéristiques sont listées ci-dessous.

1.1 Thématiques et objectifs de l'expertise

Procédures d'échantillonnage pour les contrôles conduits dans le cadre des bonnes pratiques de la protection animale en abattoir (Règlement 1099/2009/CE).

1.2 Contexte de l'autosaisine

Le groupe de travail (GT) « Bien-être animal » (BEA) de l'Anses a conduit depuis sa création en 2012 trois expertises de guides de bonnes pratiques (GBP) « de protection animale en abattoirs »¹ pour les filières bovins, ovins et porcs. Deux nouvelles saisines sont à traiter par le GT sur ce sujet pour les filières volailles et lapins (respectivement 2015-SA-0065 et 2015-SA-0058).

L'Anses s'est autosaisie afin d'émettre des « Recommandations pour l'élaboration d'un Guide de bonnes pratiques pour assurer le bien-être des animaux » (2014-SA-0252). Son avis du 29 janvier 2015 insiste sur l'importance des contrôles et de l'échantillonnage nécessaire à certains d'entre eux : « Pour évaluer la mise en œuvre et l'efficacité des bonnes pratiques décrites dans le guide par rapport aux objectifs fixés, des indicateurs d'évaluation sont à prévoir et des contrôles sont à réaliser par les opérateurs. Ces contrôles servent de point de départ à une démarche de progrès. Ils peuvent résulter d'obligations réglementaires (règlement (CE) N° 1099/2009 sur l'abattage ; arrêté du 3 avril 2014 fixant les règles sanitaires et de protection animale auxquelles doivent satisfaire les activités liées aux animaux de compagnie d'espèces domestiques). Deux types de contrôles peuvent être mis en œuvre dans la structure : (i) des contrôles systématiques (contrôles de premier niveau ou contrôles opérateur ou autocontrôles) ; (ii) des contrôles réguliers par échantillonnage (contrôles de second niveau ou contrôles internes) dont la méthode d'échantillonnage doit être décrite ».

Les auteurs des GBP pour la protection animale en abattoirs ont la responsabilité de proposer des procédures de contrôles dans leurs documents. Ainsi le Règlement 1099/2009/CE précise dans son article 5, point 1, « Contrôle de l'étourdissement » que : « Les exploitants veillent à ce que les personnes chargées de l'étourdissement ou d'autres membres désignés du personnel procèdent à des contrôles réguliers pour s'assurer que les animaux ne présentent aucun signe de conscience ou de

¹ 2012-SA-0231 : « évaluation du Guide de Bonnes Pratiques d'abattage des bovins en matière de protection animale » ;
2013-SA-0166 : « évaluation du projet de Guide de Bonnes Pratiques d'abattage des ovins en matière de protection animale » ;
2013-SA-0222 : « évaluation du projet de Guide de bonnes pratiques de la protection des porcs en abattoir ».

sensibilité pendant la période comprise entre la fin de l'étourdissement et la mort. Ces contrôles sont effectués sur un échantillon d'animaux suffisamment représentatif et leur fréquence est déterminée en fonction du résultat des contrôles précédents et de tout facteur susceptible d'influer sur l'efficacité du processus d'étourdissement ».

De façon réglementaire, ces guides sont analysés par l'Anses, l'article 13 du Règlement 1099/2009/CE prévoyant « l'élaboration et la diffusion de guides de bonnes pratiques (GBP) par les organisations d'exploitants, en concertation avec les représentants d'organisations non gouvernementales et compte tenu des avis scientifiques émis par l'assistance scientifique disponible sur leur territoire ».

Les avis et rapports émis par l'Anses sur l'expertise des trois premiers GBP pour la protection animale en abattoirs font apparaître que les procédures d'échantillonnage lors des contrôles sont un élément essentiel pour garantir la mise en œuvre des bonnes pratiques au sein de l'établissement. Cependant, ces procédures ont été jusqu'alors peu ou insuffisamment formalisées dans les différents documents produits par les professionnels. Les rapports de l'Anses précisent à ce sujet : « Il est nécessaire qu'une technique d'échantillonnage soit définie à l'avance. Elle doit recevoir l'aval des autorités compétentes. En ce qui concerne l'étourdissement et la mise à mort, un texte de l'EFSA² présente un outil de calcul de la fraction d'échantillonnage en fonction du pourcentage minimal d'animaux mal étourdis que l'on souhaite pouvoir détecter s'ils sont présents. Un rapport complémentaire de l'Anses devrait proposer une démarche d'échantillonnage pour les guides de bonnes pratiques de protection animale en abattoir. »

1.3 Questions sur lesquelles portent les travaux d'expertise à mener

L'Anses s'autosaisit pour mener une réflexion méthodologique dans ce domaine en approfondissant l'expertise relative aux méthodes d'échantillonnage (et seuils d'acceptabilité qui en découlent) existant dans différents domaines qui seraient applicables dans le cadre de l'abattoir, pour le contrôle de la mise en œuvre des bonnes pratiques pour le bien-être animal.

1.4 Durée prévisionnelle de l'expertise

De mai à septembre 2015.

Article 2.- Un avis sera émis et publié par l'Agence à l'issue des travaux.

Fait à Maisons-Alfort, le 03 JUIN 2015



Marc MORTUREUX
Directeur général

² EFSA (2013) Scientific Opinion on monitoring procedures at slaughterhouses for pigs EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW), EFSA Journal 2013;11(12):3523.

Annexe 2 : Analyse générale de la partie du guide d'audit concernant les bovins de l'*American Meat Institute* dans sa version 2017 (https://animalhandling.org/producers/guidelines_audits)

Ce texte se limite à une analyse concernant la partie du guide d'audit de l'*American meat institute* concernant les bovins. Il ne met en avant que les points qui peuvent répondre à des questions qui se sont posées lors de l'élaboration du présent rapport.

Les USA ont depuis 1958 des textes réglementaires portant sur la protection des animaux dans les abattoirs. Il est écrit dans ce document que, suite à une enquête de T. Grandin conduite en 1996 sur les conditions de logement des bovins dans des abattoirs américains, une action fédérale a été mise en place pour suivre et habilitier les abattoirs (<https://awionline.org/sites/default/files/products/FA-HumaneSlaughterReport-2017.pdf>). L'« Animal Welfare Institute » a fait en 2017 un bilan des audits réalisés aux USA aux niveaux fédéral et des états. Il met en avant l'effectivité du dispositif d'audit proposé par T. Grandin et ses dimensions coercitives. D'autres types d'audits ont été publiés par ailleurs.

T. Grandin a poursuivi depuis son analyse des conditions de vie des animaux. Elle propose en relation avec le « North American Meat Institute (NAMI) » des audits. Les abattoirs peuvent s'ils réunissent les conditions minimales requises par les évaluateurs utiliser cette certification dans leurs relations avec leurs clients. Il semble que de nombreux abattoirs ont effectivement fait l'objet d'audits. McDonald's annonce qu'il s'est « aligné » sur des standards nationaux et internationaux reconnus tels ceux du « North American Meat Institute » and « the World Organization for Animal Health » (<https://corporate.mcdonalds.com/corpmcd/scale-for-good/our-food/animal-health-and-welfare.html>). D'autres organisations proposent également leurs démarches, par exemple le « beef quality insurance » (https://www.bqa.org/Media/BQA/Docs/cchg2015_final.pdf). En France, il semble que des abattoirs ont, en particulier pour répondre à la demande d'entreprises étrangères, été certifiés.

Cette grille du NAMI a été l'objet d'une information d'Agri bien-être en 2011 https://www6.inra.fr/agri_bien_etre_animal/Veille-reglementaire/Referentiels-et-codes-de-bonnes-pratiques/Guide-AMI-Recommended-Animal-Handling-Guidelines-Audit-Guide.

La grille d'audit proposée porte sur de nombreux aspects allant du transport des animaux vers l'abattoir à leur mort effective, mais dans cette annexe seules les conditions d'abattage sont reprises. Les abattages sans étourdissement pour des motifs religieux ne seront pas considérés.

La grille distingue deux périodes, après la procédure d'étourdissement et après le hissage.

Différents facteurs clés qui modifient les résultats sont signalés dans le guide. Ils sont liés à des éléments physiques et biologiques :

- Le dispositif de déplacement et la configuration du box d'étourdissement,
- Le dispositif de tir : Des cartouches de différentes puissances sont commercialisées. Il existe également des dispositifs pneumatiques qui sont plus puissants que ceux à cartouche mais qui exigent un dispositif spécifique. Des carabines peuvent être également utilisées.
- La compétence des opérateurs,
- L'intéressement des opérateurs,
- L'état émotionnel des animaux (les animaux qui arrivent stressés dans le box sont plus difficiles à étourdir),
- L'âge et la taille des animaux,
- La race des animaux.

Un tableau des indicateurs choisis pour signer la conscience est donné :

- L'animal doit « paraître » mort, la tête et la langue pendantes.
- Le corps doit être droit (les pédalages non coordonnés ne sont pas retenus),
- Pas de clignement spontané de l'œil,
- Œil ouvert,
- Pas de réaction au toucher de l'œil, pas de nystagmus
- Pas d'étirement des membres
- Pas de vocalisation
- Pas de respiration rythmique (les râles agoniques ne sont pas considérés),
- La queue doit être détendue après l'arrivée sur le rail,
- Pas de réponse à une piqure du nez.

Il faut noter qu'un seul indicateur conduit à un nouvel étourdissement.

Les effectifs à observer sont donnés en fonction de la cadence d'abattage. Il faut remarquer que le guide considère la cadence d'abattage plutôt que les effectifs journaliers ou mensuels. Trois catégories de cadence sont distinguées pour définir le nombre d'animaux à observer :

- Grands effectifs (≥ 100 animaux par heure) : observer au minimum 100 animaux
- Moyens effectifs (de 50 à 99 animaux par heure) : observer au minimum 50 animaux
- Petits effectifs : observer tous les animaux abattus sur une période d'une heure.

Le taux d'animaux inconscients minimum après le premier tir est de 96 %.

Une attention particulière concerne les doubles tirs. L'objectif est de les limiter. Un double tir entraîne la perte d'un point sur la note d'audit. Temple Grandin signale cependant que les animaux hors gabarit peuvent avoir un double étourdissement sans vérification systématique de la conscience. La limite d'acceptabilité reste la même.

La limite acceptable du taux d'animaux conscients après le hissage et avant la saignée est de 0,1 %.

Aucune limite n'est donnée concernant les signes de conscience après le début de la saignée car Temple Grandin suppose qu'il n'y en a pas. La limite acceptable du taux d'animaux conscients après la saignée est de zéro.

Annexe 3 : Détails des équations permettant le calcul de la taille des échantillons à prévoir pour estimer un T_0 ou un T_1

Taux de prévalence apparente et réelle

Le taux de prévalence des échecs à l'étourdissement observé dans les abattoirs est un taux de prévalence apparente. L'écart entre taux de prévalence apparente et taux de prévalence réelle est fonction de la sensibilité et de la spécificité globales de la combinaison des indicateurs de conscience utilisés pour détecter les animaux conscients. Cet écart est calculé en utilisant la formule de Rogan et Gladen (1978) :

Soit p_r : prévalence réelle ; p_{app} : prévalence apparente ; se_g : sensibilité de la combinaison d'indicateurs ; sp_g : spécificité de la combinaison d'indicateurs

Équation 1 : prévalence apparente et réelle :

$$p_r = \frac{p_{app} + Sp_g - 1}{Se_g + Sp_g - 1}$$

En termes de protection animale à l'abattoir, les faux-positifs ne correspondent pas à un risque. On considère donc dans l'équation 4 : $sp_g=1$ et se_g telle qu'évaluée pour la combinaison d'indicateurs ad-hoc.

Taille d'échantillon pour estimer un taux de prévalence apparente (T_0) et le contrôle d'un TPL (T_1)

T_0 estimation d'un taux de prévalence apparente

La première étape du plan d'échantillonnage consiste à estimer le taux de prévalence initiale d'échecs à l'étourdissement de l'abattoir (T_0) avec une certaine précision.

Le nombre d'individus à échantillonner pour estimer un taux de prévalence dépend :

- de la probabilité que la vraie valeur se situe dans l'intervalle de confiance qui sera obtenue. Il est en général choisi à 95 %. On aura un paramètre Z_{alpha} de 1,96 ;
- du taux de prévalence apparente attendu des échecs à l'étourdissement dans la population : p_{app} et $q_{app}=1-p_{app}$;
- de la précision relative souhaitée : rapport entre la moitié de l'intervalle de confiance attendu (précision absolue notée L) et le taux de prévalence estimé. Cette précision relative peut aussi être choisie de telle sorte que l'intervalle de confiance n'inclut pas la future valeur qui servira d'objectif ;
- ne dépend pas, de la sensibilité de la combinaison des indicateurs, car on propose d'estimer ici un taux de prévalence apparente.

Équation 2 : taille de l'échantillon (n) pour estimer un taux de prévalence apparente en fonction du taux de prévalence relative ou absolue

$$n = \frac{Z_{alpha}^2 \times q_{app}}{p_{app} \times e_r^2} = \frac{Z_{alpha}^2 \times p_{app} \times q_{app}}{L^2}$$

Ce T_0 servira de référence pour la fixation des objectifs à atteindre selon un processus d'amélioration continue, via des mesures correctives, faisant l'objet du paragraphe suivant.

Taille de l'échantillon pour la détection d'un taux de prévalence d'échecs à l'étourdissement

Le produit $N \times p$ doit donc être *a minima* supérieur à 1. De surcroît la taille de la population d'échantillonnage doit être en accord avec les contraintes définies dans partie 7.1.3.

La taille de l'échantillon n (i.e. nombre d'animaux à introduire dans l'échantillon) nécessaire pour détecter un niveau donné d'échecs à l'étourdissement dans la population, a été calculée en appliquant la formule proposée par Cannon (Cannon, 2001). Cette équation est reprise dans le rapport de l'EFSA (2013).

Équation 3 : taille d'échantillon pour détecter un TPL

$$n = \frac{\left(1 - (1 - A)^{\frac{1}{N \times p}}\right) \times (N - 0,5(Se_g \times N \times p - 1))}{Se_g}$$

Le calcul de n nécessite la connaissance de plusieurs paramètres :

- N : la taille de la population d'échantillonnage,
- p : le taux de prévalence limite (TPL) des échecs à l'étourdissement,
- A : le niveau de confiance souhaité soit le degré (exprimé en pourcentage) de certitude que la prévalence des échecs à l'étourdissement dans la population se situe en dessous de ce TPL si aucun des animaux échantillonnés ne présente d'indicateur de conscience,
- Se_g : la sensibilité des indicateurs de conscience combinés (i.e. sensibilité globale).

Après avoir déterminé le T_0 , le taux de prévalence du taux d'échecs à l'étourdissement peut ensuite être monitoré en s'assurant que le taux d'échecs dans l'abattoir ne dépasse pas un taux fixé appelé TPL.

Annexe 4 : Analyse descriptive du recueil de données en abattoirs de bovins pour estimer la prévalence d'échecs à l'étourdissement

Objectif du recueil de données

L'existence de données sur les taux de prévalence d'échecs à l'étourdissement en abattoir par catégorie d'animaux n'était pas disponible au début de ce travail. Le GT Échantillonnage a donc proposé un protocole de recueil de données visant à déterminer un ordre de grandeur de ce taux de prévalence, en se basant sur des observations dans quelques abattoirs.

L'objectif de cette collecte de données était d'estimer le taux de prévalence des échecs à l'étourdissement dans des conditions standards d'abattage. Ces données devaient permettre aux experts de disposer d'une estimation du taux de prévalence moyen des échecs à l'étourdissement et d'établir des protocoles réalistes correspondant à ce qui est pratiqué dans les abattoirs français. Il faut noter qu'au moment de la rédaction du rapport, il n'existe pas de seuil réglementaire de taux de prévalence limite.

Matériel et méthode

L'étude pilote a porté sur quatre abattoirs qui ont accepté d'y participer. Ils abattaient entre 6 et plus de 800 bovins par jour. Les résultats obtenus tiennent compte d'une diversité de situations mais ne sont pas représentatifs de l'ensemble des abattoirs français. Des experts de l'Anses ainsi qu'un prestataire de service formés à l'observation des indicateurs de conscience et au protocole de recueil de données ont été mandatés sur ces sites et ont fait leurs observations entre décembre 2015 et février 2016.

Pour chaque site, des informations générales ont été recueillies : type de dispositif d'étourdissement, la position sur la chaîne d'abattage du, ou des observateurs, ainsi que le moment de l'observation par rapport à l'ensemble de la procédure (à l'affalage, avant la saignée, etc.).

Pour chaque animal observé une ligne était renseignée sur la fiche Excel de recueil de données. L'observateur se plaçait soit juste après l'étourdissement, soit à l'affalage et pour trois abattoirs plus petits, les animaux pouvaient être examinés jusqu'au moment de la saignée.

Le protocole établi portait sur l'enregistrement des observations suivantes :

- les types d'animaux : la race, la catégorie : vaches (laitières de réforme ou allaitantes), les génisses, veaux, bœufs, jeunes bovins, taureaux ;
- pour les vaches de réforme, 300 vaches au total étaient à observer. Pour les taurillons (abattus par lot soit un même groupe d'animaux d'une même catégorie, provenant d'un même élevage et amené en une fois à l'abattoir) 10 lots étaient à observer ;
- l'observation sur un jour d'un minimum de 6 séquences de 20/25 minutes prises au hasard ;
- abattage standard ;
- en cas d'arrêt d'urgence de la chaîne d'abattage, il était demandé de garder l'échantillon et d'indiquer au bout de combien d'animaux du lot la chaîne a été arrêtée ;
- le temps moyen entre l'étourdissement et l'observation ;

Les observations suivantes étaient à enregistrer séparément pour chaque animal montrant un ou plusieurs indicateurs de conscience :

- Absence d'effondrement : l'animal ne s'affaisse pas, il ne perd pas sa posture debout. L'effondrement peut être progressif en étourdissement gazeux ;
- Présence de tentative de redressement de la tête ou du corps : mouvement orienté de l'encolure ou de la tête, ou tentative de reprise d'une posture naturelle du corps, à ne pas confondre avec les mouvements toniques-cloniques (mouvements involontaires, désorientés, pédalages) ;
- Présence de vocalisations : émission d'un ou de plusieurs cris de haute intensité (vocalises) par l'animal, à ne pas confondre avec les éventuels râles ou sons émis par une colonne d'air passant dans la gorge (expulsion d'air) ;
- Présence de mouvements respiratoires rythmiques : présence de mouvements respiratoires qui se répètent régulièrement (plusieurs mouvements respiratoires observés d'affilée, au moins 2, à fréquence normale de respiration soit 13 à 15 mouvements respiratoires par minute), signes de respiration avec mouvements associés des flancs pouvant aussi être accompagnés de mouvements du groin ou de la gueule. Les mouvements de la gueule peuvent être imperceptibles et peuvent donc aussi être détectés au niveau des nasaux avec la main (souffle régulier) ;
- Présence du réflexe cornéen : fermeture instantanée de la paupière provoquée par un léger contact sur la cornée ;
- Présence de mouvements des globes oculaires (suivi du regard : poursuite coordonnée des yeux) : animal présentant un mouvement du globe oculaire allant de la poursuite oculaire jusqu'à la rotation du globe.

Un traitement statistique des données a été réalisé et fait l'objet du paragraphe suivant.

Lorsque la population cible pour le protocole d'échantillonnage a été définie, le GT « Echantillonnage » s'est accordé sur le fait de considérer une catégorie de bovins « standard » comprenant tous les bovins sauf les veaux, les taureaux, les bovidés dangereux et ceux hors gabarit.

Les animaux inhabituels par leur comportement, leur gabarit, leurs cornes etc. suivent une procédure particulière, propre à chaque abattoir. La procédure débute souvent à la bouverie, dans laquelle ces animaux faisant l'objet de procédure particulière sont triés.

Chaque variable relevée a été décrite pour l'ensemble des observations :

- sa fréquence pour les variables qualitatives ;
- moyenne, écart-type, médiane, minimum et maximum pour les variables quantitatives.

Les animaux suivants ont été exclus de l'analyse de données :

- 16 veaux ont été observés, qui ont été exclus des données analysées car ils appartiennent à une catégorie particulière.
- 3 bovins abattus hors du piège (abattage d'urgence par exemple)
- 2 bœufs hors gabarit (>750 kg)
- 6 bovins qui ont été repris suite à l'observation d'indicateurs non inclus dans le protocole (jambe raide)

A noter qu'il n'y a pas eu de taureaux observés dans le cadre de ce recueil de données et tous les animaux abattus ont fait l'objet de l'application d'une procédure d'étourdissement.

Pour rechercher des facteurs de risque éventuels, les pourcentages d'échecs à l'étourdissement entre les groupes « abattoir », « observateur », « position de l'observateur », « type de bovins », « catégorie de bovins », « sexe du bovin » ont été comparés en appliquant le test de Fisher, au seuil de signification statistique P de 5 %.

Les facteurs de risque analysés pour cette étude sont ceux qui pouvaient être considérés dans le cas de la population cible constituée de bovins. Il n'a pas été tenu compte des facteurs de risques usuels listés dans le Tableau 1 car :

- ces données n'ont pas été recueillies (organisation de l'abattoir, etc.) ;

- ces données ne présentaient pas de variation suffisante pour pouvoir être étudiées (type de population).

Résultats

Description des abattoirs étudiés

Chacun des quatre abattoirs étudiés était équipé d'une seule chaîne d'abattage (cf. Tableau 16).

Les cadences ont été au maximum de 55 gros bovins à l'heure.

L'échec à l'étourdissement est défini comme suit : il y a « échec » lorsqu'un animal présente au moins un indicateur de conscience lors de l'observation.

Tableau 16 : Description des caractéristiques des abattoirs de bovins ayant servi à l'estimation du taux de prévalence des échecs à l'étourdissement

Abattoir	N° observateur	Position de l'observateur	Cadence d'abattage des bovins	Nombre d'animaux observés	Durée moyenne entre étourdissement et saignée (minutes et secondes)
A	1	Affalage	55/h	300	1'30" à 2'
B	2	En face du box	ND	14	1'05"
C	2	Juste après étourdissement et avant la saignée*	ND	17	1'22"
D	2	En face du box	ND	30	1'24"

ND : non disponible car non fixe

* : l'observateur a indiqué avoir suivi les animaux de leur étourdissement jusqu'au moment de l'incision des vaisseaux.

Taux de prévalence des échecs à l'étourdissement

Dans ce recueil de données, la population d'échantillonnage (population au sein de laquelle les animaux constituant l'échantillon sont tirés au sort) prise en compte correspondait aux animaux abattus au cours d'une journée d'abattage.

La recherche d'indicateurs de conscience a été conduite sur 361 bovins.

Sur l'échantillon observé, le taux de prévalence moyen des échecs à l'étourdissement après le premier tir a été de 8,03 % (29/361 bovins ; IC 95 % : 5,45-11,33 %). Il faut noter une importante variabilité des résultats entre les abattoirs.

Deux tirs ont été nécessaires pour 6 animaux (1,66 % ; IC 95 % : 0,61-3,58) et trois tirs pour un seul animal (0,83 % ; IC 95 % : 0,17-2,41). Il faut noter que les observateurs ne sont pas intervenus sur la chaîne d'abattage lors de ce relevé de données.

Il est important de noter que les données relevées lors de cette enquête correspondent à la prévalence d'échecs à l'étourdissement à la suite du premier tir. Comme l'indique dans le tableau 8 la colonne « position de l'observateur », ce dernier se trouvait au box ou à l'affalage. Les experts soulignent la valeur élevée obtenue lors de cette enquête conduite sur un nombre restreint d'abattoirs et l'absence de ré-étourdissement de la plupart des animaux considérés comme conscients (23 sur 29).

Facteurs de risque d'échec à l'étourdissement

Le pourcentage d'échecs à l'étourdissement relevé au box et à l'affalage ne présentait pas de différence statistiquement significative pour les six facteurs de risque investigués (cf. Tableau 17) :

- l'abattoir,
- l'observateur,
- la position de l'observateur,
- le type de production (laitière, allaitante ou mixte),
- la catégorie de bovins,
- le sexe du bovin.

Il est rappelé que ces résultats sont à considérer avec une grande prudence avant toute extrapolation compte tenu du faible nombre d'individus constituant l'échantillon.

Il faut remarquer également que les données ont été recueillies afin d'estimer un pourcentage global d'échecs à l'étourdissement et non pour mettre en évidence un/des facteur/s de risque.

Tableau 17 : Recherche de facteurs de risques d'échec à l'étourdissement

Facteur étudié	Nombre de bovins	Echecs (en nombre d'animaux)	Echecs (en %)	P (test de Fisher) et signification statistique
<u>1/ Abattoir</u>				
• A	300	24	8,0	0,48 NS
• B	14	1	7,1	
• C	17	0	0,0	
• D	30	4	13,3	
<u>2/ Observateur</u>				
• 1 (pour l'abattoir A)	300	24	8,0	1 NS
• 2 (pour les abattoirs B, C et D)	61	5	8,2	
<u>3/ Position de l'observateur</u>				
• Affalage	300	24	8,0	0,42 NS
• En face du piège	17	0	0,0	
• Après étourdissement	44	5	11,4	
<u>4/Type de production</u>				
• Laitière	232	17	7,3	0,70 NS

• Allaitante	90	9	10,0	
• Mixte	39	3	7,7	
<u>5/ Catégorie de bovin</u>				
• Vache	302	23	7,6	
• Jeune bovin	18	2	11,1	0,62 NS
• Bœuf	8	1	12,5	
• Génisse	33	3	9,0	
<u>6/Sexe du bovin</u>				
• Femelle	335	26	7,8	0,45 NS
• Mâle	26	3	11,5	

NS = non significatif

Caractéristiques des échecs à l'étourdissement

Les échecs à l'étourdissement considérés ont été relevés aux deux premiers points d'observation de la chaîne, soit « au box » ou « à l'affalage » et pas au moment de l'incision des vaisseaux. Au total, 29 bovins ont présenté au moins un indicateur de conscience suite à leur étourdissement. Parmi les 29 bovins évalués conscients (c'est-à-dire ayant présenté au moins un indicateur de conscience positif) 26 présentaient un seul indicateur de conscience sur les six indicateurs recherchés dans les abattoirs (cf. Tableau 18).

Tableau 18 : Indicateur(s) de conscience et nombre d'indicateurs présentés par les animaux identifiés comme conscients après le premier tir

Indicateur de conscience	Nombre de bovins ayant présenté cet indicateur de conscience (sur 361 au total)
Absence d'effondrement	3
Présence de tentative de redressement tête/corps *	14
Présence de vocalisations	6
Suivi du regard	2
Réflexe cornéen	1
Présence de mouvements respiratoires rythmiques	12
Nombre total d'individus ayant présenté au moins un indicateur de conscience	29

*Bien que la sensibilité de l'indicateur « Tentative de redressement » soit faible (20 %), il s'agit de l'indicateur le plus fréquemment observé lors de ce relevé de données.

Trois bovins ont présenté plusieurs indicateurs de conscience simultanément :

- un individu a présenté deux indicateurs : vocalisations et présence de mouvements respiratoires rythmiques ;
- un individu a présenté trois indicateurs : vocalisations, présence de mouvements respiratoires rythmiques et suivi du regard ;
- et un individu a présenté les six indicateurs de conscience.

Pour ces trois animaux, un second tir a été réalisé.

Annexe 5 : Taille des échantillons selon les combinaisons d'indicateurs utilisées

Pour chaque valeur de TPL et de taille de population d'échantillonnage du Tableau 19, la taille de l'échantillon a été calculée en tenant compte de la valeur de la sensibilité de la combinaison d'indicateurs et de la valeur de l'incertitude associée (cf. chapitre 5 Elicitation, 5.2.2).

Les intervalles de confiance à 95 % ne sont pas très étendus autour de la valeur médiane de la taille de l'échantillon nécessaire. Les cases grisées correspondent à la situation où l'échantillon représente plus de 90 % de la population d'échantillonnage et dans ce cas le contrôle de second niveau ne peut être mis en œuvre par un échantillonnage. A titre d'exemple, dans ce Tableau 19, pour une population d'échantillonnage hebdomadaire de 500 bovins et un taux de prévalence à détecter de 0,5 %, il faudra échantillonner 358 [349-411] bovins, soit 72 par jour soit 72 % de l'effectif quotidien.

Tableau 19 : Taille médiane (et intervalle de de confiance à 95 %) de l'échantillon nécessaire pour détecter un TPL en fonction de la taille de la population d'échantillonnage de la combinaison d'indicateurs n°1b (au box) (soit absence d'effondrement + présence de vocalisations + respiration)

TPL des échecs à l'étourdissement (%)	Taille de la population d'échantillonnage (nombre d'animaux)															
	5-30	40	50	100	120	150	200	250	300	500	1000	2000	5000	10000	20000	
0,10													1593 [1554-1829]	2312 [2254-2653]	2655 [2589-3048]	2854 [2783-3276]
0,25											716 [698-822]	924 [901-1091]	1092 [1065-1254]	1158 [1129-1329]	1192 [1163-1369]	
0,5									266 [259-305]	358 [349-411]	462 [450-530]	530 [517-609]	578 [564-664]	595 [581-684]	604 [589-694]	
1						133 [130-153]	159 [155-183]	179 [174-205]	194 [189-223]	230 [225-265]	264 [258-304]	284 [277-326]	297 [290-341]	301 [294-346]	304 [296-349]	
2				79 [77-91]	87 [85-100]	97 [91-111]	107 [105-123]	115 [112-132]	120 [117-138]	132 [128-151]	141 [138-163]	147 [143-169]	150 [148-174]			
3			44 [43-51]	64 [63-74]	69 [67-79]	74 [72-85]	80 [78-92]	83 [81-96]	86 [84-99]	92 [89-105]	96 [94-111]	99 [96-113]	100 [98-116]			
4		34 [34-40]	39 [38-45]	53 [52-61]	56 [55-65]	60 [58-68]	63 [61-73]	65 [64-75]	67 [65-78]	70 [68-82]	73 [71-85]	74 [72-86]	75 [73-88]			

Le gris correspond à la situation où l'échantillon représente plus de 90 % de la population d'échantillonnage. Dans ce cas, l'échantillonnage n'est pas recommandé.

Le Tableau 20 présente l'ensemble des tailles d'échantillon (valeurs médianes) en fonction du TPL et de la taille de la population d'échantillonnage pour la combinaison d'indicateurs faisable à chaque point d'observation. Les cases grisées correspondent à la situation où l'échantillon représente plus de 90 % de la population d'échantillonnage et dans ce cas il n'est pas opportun de faire le contrôle de second niveau par échantillonnage.

Il est rappelé que trois indicateurs doivent être combinés au point d'observation n°1 (au box) en raison de la sensibilité trop faible (0,409), surlignée en rouge dans le Tableau 20, de la combinaison des deux indicateurs « absence d'effondrement + présence de vocalisation » (cf. Tableau 20).

Tableau 20 : Tailles d'échantillon (valeurs médianes) en fonction du TPL et de la taille de la population d'échantillonnage pour l'étourdissement au box avec la combinaison 1a ne comprenant que 2 indicateurs (absence effondrement + vocalisations), qui ne sera pas utilisée par la suite

Combinaison 1a :	Absence d'effondrement + vocalisations																					
	Se médiane	Sp médiane	5	10	15	20	30	40	50	100	120	150	200	250	300	500	1000	2000	5000	10000	20000	
	0,409	0,963																				
0.001			13	26	38	50	75	99	123	246	295	368	490	612	734.5	1220	2323	3796.5	5509	6328	6801	
0.0025			13	26	38	50	75	99	123	246	294	368	489	607	721	1112	1707	2203	2604	2760	2842	
0.005			13	26	38	50	74	99	123	245	292	361	465	556	634	854	1101	1265	1379	1420	1442	
0.01			13	26	38	50	74	99	123	233	270	317	380	427	463	550	632	679	709.5	720	725.5	
0.02			13	26	38	50	74	96	117	190	209	231	257	275	288	315	339	351	359	362	363	
0.03			13	26	38	49	71	90	106	154	165	178	191	200	207	220	231	237	240	241	242	
0.04			13	25	37	49	68	83	95	128	136	143	152	157	161	169	175	178	180	181	181	

Les combinaisons de trois indicateurs proposées ci-après (cf. Tableau 20 et Tableau 21) dépendent de la présence ou non d'une mentonnière pour le maintien de la tête de l'animal dans le box. Si elle est présente, l'indicateur « présence de réflexe cornéen » est ajouté aux deux précédents « absence d'effondrement + présence de vocalisation ». En l'absence de mentonnière, c'est l'indicateur « présence de mouvements respiratoires rythmiques » qui est ajouté aux deux précédents

Les Tableaux 21 à 25 présentent l'ensemble des tailles des échantillons (valeurs médianes) en fonction du taux de prévalence limite à détecter et de la taille de la population d'échantillonnage pour les combinaisons d'indicateurs faisables en contexte d'abattage à chacun des quatre points d'observation.

Tableau 21 : Tailles d'échantillon (valeurs médianes) en fonction du TPL et de la taille de la population d'échantillonnage pour l'étourdissement au box avec la combinaison 1b (absence effondrement + vocalisations + respiration)

Combinaison 1b : absence effondrement + vocalisations + respiration																				
Se médiane	0,974																			
Sp médiane	0,901																			
		5	10	15	20	30	40	50	100	120	150	200	250	300	500	1000	2000	5000	10000	20000
0.001		6	11	16	21	31	42	52	103	124	154	206	257	308	512	975	1594	2313	2657	2855
0.0025		6	11	16	21	31	42	52	103	124	154	205	255	302	467	716	925	1093	1158	1193
0.005		6	11	16	21	31	41	52	103	123	151	195	233	266	358	462	530	578	596	605
0.01		6	11	16	21	31	41	51	98	113	133	159	179	194	230	265	284	297	302	304
0.02		6	11	16	21	31	40	49	79	87	97	107	115	120	132	141	147	150	151	152
0.03		6	11	16	21	30	38	44	64	69	74	80	83	86	92	96	99	100	101	101
0.04		6	11	16	20	28	35	39	53	56	60	63	65	67	70	73	74	75	75	75

Tableau 22 : Tailles d'échantillon (valeurs médianes) en fonction du TPL et de la taille de la population d'échantillonnage pour l'étourdissement au box avec la combinaison 1c (absence effondrement + vocalisations + réflexe cornéen)

Combinaison 1c : absence effondrement + vocalisations + réflexe cornéen																				
Se médiane	0,963																			
Sp médiane	0,923																			
		5	10	15	20	30	40	50	100	120	150	200	250	300	500	1000	2000	5000	10000	20000
0.001		6	11	16	21	32	42	52	104	125	156	208	260	312	518	986	1612	2339	2687	2888
0.0025		6	11	16	21	32	42	52	104	125	156	207	258	306	472	725	935	1105	1171	1206
0.005		6	11	16	21	32	42	52	104	124	153	197	236	269	362	467	536	585	602	611
0.01		6	11	16	21	32	42	52	99	114	134	161	181	196	233	268	288	301	305	307
0.02		6	11	16	21	31	41	49	80	88	98	109	116	121	133	143	148	152	153	153
0.03		6	11	16	21	30	38	45	65	70	75	81	84	87	93	97	100	101	102	102
0.04		6	11	16	20	29	35	40	54	57	60	64	66	68	71	74	75	76	76	76

Tableau 23 : Tailles d'échantillon (valeurs médianes) en fonction du TPL et de la taille de la population d'échantillonnage pour l'étourdissement à l'affalage juste avant le hissage avec la combinaison 2 (absence effondrement + vocalisations + réflexe cornéen) et la combinaison 3 (tentative de redressement à l'affalage + vocalisations + respiration + poursuite oculaire + réflexe cornéen)

A L'AFFALAGE AVANT HISSAGE

Combinaison 2 : tentative de redressement à l'affalage + vocalisations +
respiration + poursuite oculaire

Se médiane 0,9745

Sp médiane 0,8299

	5	10	15	20	30	40	50	100	120	150	200	250	300	500	1000	2000	5000	10000	20000
0.001	6	11	16	21	31	42	52	103	124	154	206	257	308	512	975	1593	2312	2655	2854
0.0025	6	11	16	21	31	42	52	103	124	154	205	255	302	466	716	924	1092	1158	1192
0.005	6	11	16	21	31	41	52	103	123	151	195	233	266	358	462	530	578	595	604
0.01	6	11	16	21	31	41	51	98	113	133	159	179	194	230	264	284	297	301	304
0.02	6	11	16	21	31	40	49	79	87	97	107	115	120	132	141	147	150	151	152
0.03	6	11	16	21	30	38	44	64	69	74	80	83	86	92	96	99	100	100	101
0.04	6	11	16	20	28	34	39	53	56	60	63	65	67	70	73	74	75	75	75

Combinaison 3 : tentative de redressement à l'affalage + vocalisations + respiration +
poursuite oculaire + réflexe cornéen

Se médiane 0,9985

Sp médiane 0,7942

	5	10	15	20	30	40	50	100	120	150	200	250	300	500	1000	2000	5000	10000	20000
0.001	6	11	16	21	31	41	51	101	121	151	201	251	301	500	951	1555	2256	2592	2785
0.0025	6	11	16	21	31	41	51	101	121	150	200	248	295	455	699	902	1066	1130	1163
0.005	5	10	15	20	30	40	50	100	120	148	190	227	259	349	451	517	564	581	590
0.01	5	10	15	20	30	40	50	95	110	130	155	174	189	225	258	277	290	294	296
0.02	5	10	15	20	30	39	48	77	85	94	105	112	117	128	138	143	146	147	148
0.03	5	10	15	20	29	37	43	63	67	72	78	81	84	89	94	96	98	98	98
0.04	5	10	15	20	27	34	38	52	55	58	61	64	65	68	71	72	73	73	73

Tableau 24 : Tailles d'échantillon (valeurs médianes) en fonction du TPL et de la taille de la population d'échantillonnage pour l'étourdissement à l'affalage juste avant le hissage avec la combinaison 4 (tentative de redressement (hissage) + respiration + vocalisations) et la combinaison 5 (tentative de redressement (hissage) + respiration + vocalisations + réflexe cornéen)

JUSTE AVANT INCISION DES VAISSEaux

Combinaison 4 : tentative de redressement (hissage) + respiration + vocalisations

Se médiane 0,9722 Sp médiane 0,861

	5	10	15	20	30	40	50	100	120	150	200	250	300	500	1000	2000	5000	10000	20000
1,00E-04	6	11	16	21	31	42	52	103	124	155	206	258	309	515	1029	2058	5130	9772	15971
0.00025	6	11	16	21	31	42	52	103	124	155	206	258	309	515	1029	2052	4675	7182	9271
5,00E-04	6	11	16	21	31	42	52	103	124	155	206	258	309	515	1026	1954	3591	4635	5324
0.001	6	11	16	21	31	42	52	103	124	155	206	258	309	513	977	1597	2317	2661	2860
0.0025	6	11	16	21	31	42	52	103	124	155	205	255	303	467	718	926	1095	1160	1195
0.005	6	11	16	21	31	42	52	103	123	152	195	234	266	359	463	531	579	597	606
0.01	6	11	16	21	31	41	52	98	113	133	159	179	194	231	265	285	298	302	304
0.02	6	11	16	21	31	40	49	79	88	97	108	115	120	132	142	147	150	151	152
0.03	6	11	16	21	30	38	44	64	69	74	80	84	86	92	96	99	100	101	101
0.04	6	11	16	20	28	35	40	53	56	60	63	65	67	70	73	74	75	75	75

Combinaison 5 : tentative de redressement (hissage) + respiration + vocalisations + réflexe cornéen

Se médiane 0,9983 Sp médiane 0,8231

	5	10	15	20	30	40	50	100	120	150	200	250	300	500	1000	2000	5000	10000	20000
1,00E-04	6	11	16	21	31	41	51	101	121	151	201	251	301	501	1002	2004	4996	9516	15554
0.00025	6	11	16	21	31	41	51	101	121	151	201	251	301	501	1002	1999	4553	6994	9029
5,00E-04	6	11	16	21	31	41	51	101	121	151	201	251	301	501	999	1903	3497	4514	5185
0.001	6	11	16	21	31	41	51	101	121	151	201	251	301	500	952	1555	2257	2592	2786
0.0025	6	11	16	21	31	41	51	101	121	151	200	249	295	455	699	902	1066	1130	1164
0.005	5	10	15	20	30	40	50	100	120	148	190	228	260	349	451	517	564	581	590
0.01	5	10	15	20	30	40	50	95	110	130	155	174	189	225	258	277	290	294	296
0.02	5	10	15	20	30	39	48	77	85	94	105	112	117	128	138	143	146	147	148
0.03	5	10	15	20	29	37	43	63	67	72	78	81	84	89	94	96	98	98	98
0.04	5	10	15	20	27	34	38	52	55	58	61	64	65	68	71	72	73	73	73

Tableau 25 : Tailles d'échantillon (valeurs médianes) en fonction du TPL et de la taille de la population d'échantillonnage pour l'observation pendant la saignée avec la combinaison 5 (respiration + réflexe cornéen)

PENDANT LA SAIGNEE

Combinaison 6 :		respiration + réflexe cornéen (valeur initiale 0,9930-10 % mesure de prudence)																		
Se médiane	0,893																			
Sp médiane	0,9022																			
		5	10	15	20	30	40	50	100	120	150	200	250	300	500	1000	2000	5000	10000	20000
1,00E-04		6	11	16	21	31	41	51	101	121	151	201	251	301	502	1004	2007	5003	9529	15575
0.00025		6	11	16	21	31	41	51	101	121	151	201	251	301	502	1003	2001	4559	7004	9041
5,00E-04		6	11	16	21	31	41	51	101	121	151	201	251	301	502	1001	1906	3502	4520	5192
0.001		6	12	17	23	34	45	57	112	135	168	224	280	336	559	1064	1739	2523	2898	3114
0.0025		6	12	17	23	34	45	56	112	135	168	224	278	330	509	781	1009	1192	1263	1301
0.005		6	12	17	23	34	45	56	112	134	165	213	254	290	390	504	579	631	650	660
0.01		6	12	17	23	34	45	56	106	123	145	174	195	212	251	289	310	324	329	331
0.02		6	12	17	23	34	44	53	87	95	105	117	125	131	144	154	160	164	165	166
0.03		6	12	17	23	32	41	48	70	75	81	87	91	94	100	105	108	109	110	110
0.04		6	12	17	22	31	38	43	58	62	65	69	71	73	77	79	81	82	82	82

Il est rappelé ici que pour ce dernier point d'observation, un « scénario du pire » a été adopté, c'est-à-dire que dans un but de protection des animaux, une marge de sécurité minorant de 10 % la valeur de sensibilité de la combinaison, dite « mesure de prudence », a été appliquée sur la sensibilité de combinaison obtenue. En effet, les valeurs de performances d'indicateurs obtenues lors de l'élicitation d'experts ont été estimées pour une observation sur la chaîne, avant l'incision des vaisseaux.

Annexe 6 : Tutoriel pour l'utilisation de l'application en ligne permettant d'obtenir un plan d'échantillonnage en fonction des indicateurs choisis

Avertissement : compte tenu des arrondis et des approches par simulation, il peut exister une différence d'une unité entre les résultats présentés dans le corps du texte pour les valeurs de T_1 et l'application en ligne. Choisir dans ce cas la valeur de l'application en ligne.

- **Étape 1** : vérifier la visibilité complète de l'application, au besoin en jouant sur le zoom de l'affichage dans votre explorateur : pour cela vous devez voir la première ligne de l'onglet « combinaison d'indicateurs » : « Suivre tutoriel dans annexe 6 du rapport auto-saisine 2015-SA-0087 », sinon il faut réduire le zoom
- **Étape 2** : onglet « choix combinaison indicateurs »

Sélectionnez votre combinaison d'indicateurs possible dans votre établissement puis cliquez sur résultat **pour enregistrer votre choix dans la suite de l'application**, ainsi que pour visualiser votre résultat en termes de sensibilité. Si possible choisir une combinaison qui vous amène à une sensibilité médiane élevée, supérieure ou égale à 0.98 (98 %)

Par exemple, en fonction du suivi possible on peut **cocher absence effondrement et présence de respiration**.

On clique sur Résultat (il faut attendre quelques secondes) :

Sur le résultat graphique on voit que la distribution est resserrée à droite, ce qui traduit une incertitude très faible sur les valeurs de la combinaison.

Sur le tableau résultat on peut lire la valeur médiane de la sensibilité de la combinaison qui sera utilisée par la suite

La sensibilité médiane de cette combinaison d'indicateurs est de 0.973

- **Étape 3** : onglet T_0 mesure prévalence apparente

1. Choisir prévalence attendue

Vous vous attendez à une prévalence de 1 % dans votre établissement : dans ce cas mettre 1 dans la case prévalence attendue

2. Choisir une précision absolue

Choisir une précision absolue, si possible, au maximum égale à la moitié de la prévalence attendue, pour obtenir un intervalle de confiance +/- la moitié de prévalence attendue

Par exemple pour une prévalence de 1 % choisir 0.5 % pour espérer un intervalle de confiance entre 0.5 et 1.5 %

En suivant cet exemple mettre 0.5 dans la case précision absolue (Attention mettre un point pour les décimales et non pas de virgule).

3. Cliquer sur Résultat et attendre celui-ci

La taille d'échantillon requise pour estimer la prévalence de 1 % +/- 0.5 est de 1522 individus

- **Étape 4** : onglet « Interprétation résultats »

Objectif : interpréter les résultats de T_0

NB si pas de positifs dans votre échantillon : votre prévalence était surestimée, choisir une prévalence plus faible et continuer à échantillonner à hauteur de la taille d'échantillon requise

1. Mettre le nombre de positifs obtenus dans l'échantillon par au moins un des indicateurs de conscience (sélectionné dans onglet « choix de combinaison d'indicateurs ») dans la case nombre : par exemple 16
2. Mettre la taille de votre échantillon dans la case « taille échantillon »
3. Par exemple 1522 individus.
4. Cliquer sur résultats
5. Obtention de la prévalence apparente et IC 95 % (en lisant Q2.5 et Q97.5)
6. On obtient une prévalence moyenne de 1.05 % et IC95 [0.63-1.66 %]
7. NB l'intervalle n'est pas forcément totalement symétrique car la prévalence ne suit pas une loi Normale
8. Obtention de la prévalence d'échecs et IC 95 % (Q2.5 et Q97.5)

On obtient une prévalence corrigée de la sensibilité de 1.08 % et IC95 [0.65-1.71 %]

- **Étape 5** : onglet « T_1 détection taux prévalence limite »

1. On choisit un nouvel objectif de performance en termes de taux de prévalence limite (TPL) forcément en dessous de la borne inférieure de l'IC95 de la prévalence corrigée

Par exemple un objectif de TPL à 0.5 %, mettre dans la case choix prévalence limite 0.5

2. On choisit un niveau de confiance recommandé à 95 %
Mettre dans la case choix niveau de confiance 0.95
3. Cliquer sur étape 1
4. Résultat minimum taille population d'échantillonnage

La taille minimum de la population requise est de 288 animaux.

En moyenne, avec cette taille de population, on s'attend à avoir au moins 1 individu conscient dans cette population (supérieur à 1) et à ce que le taux de sondage (taille relative de l'échantillon et population) soit inférieur à 90 % (0.9).

La taille maximale de la population requise est de 12 000 animaux. Avec cette taille de population on s'attend à ce que le taux de sondage (taille relative de l'échantillon et population) reste supérieur à 5 %.

5. Choix taille population

On choisit une valeur entre le minimum et le maximum, dans l'exemple choisit, on peut choisir par exemple 700.

On clique sur étape 2 résultat

6. Résultat : taille échantillon requise

On obtient une taille requise de l'échantillon de 414 animaux dans la population de 700 animaux

7. Résultat : taille relative de l'échantillon et population

Il s'agit d'un contrôle : la taille relative est 0.59, cette valeur est conforme à ce qui est attendu, c'est-à-dire entre 0.05 et 0.9. Si la taille relative excède 0.9, il faut envisager une surveillance exhaustive.

8. Résultat : rappel sensibilité médiane prise en compte

Il s'agit d'un contrôle : la valeur affichée est de 0.973, c'est bien la même valeur de sensibilité que celle obtenue dans l'onglet « choix combinaison d'indicateurs » avec cette combinaison d'indicateurs

Si on n'observe pas de positifs dans l'échantillon on est en dessous du TPL dans population avec un niveau de confiance à 95 %

- **Étape 6** : onglet « interprétation résultats »

Si on observe un (ou des) animal(ux) positifs dans l'échantillon

1. Mettre le nombre de positifs obtenus dans l'échantillon par au moins un des indicateurs de conscience (sélectionné dans onglet « choix de combinaison d'indicateurs ») dans la case nombre : par exemple 1

2. Mettre la taille de votre échantillon dans la case « taille échantillon »

Par exemple 414

3. Cliquer sur résultats
4. Obtention de la prévalence apparente et IC 95 % (en lisant Q2.5 et Q97.5)

On obtient 0.24 % et IC95 [0.026-1.12 %]

5. Obtention de la prévalence d'échecs et IC 95 % (en lisant Q2.5 et Q97.5)
6. On obtient la prévalence corrigée de la sensibilité de : 0.248 % et IC95 [0.027-1.16 %]
La sensibilité de la combinaison d'indicateurs de conscience utilisée est de 0.973.

NB Dans cet exemple, la borne supérieure de l'IC95 est de l'ordre de 1 % ce qui est bien au-dessus du TPL choisi pour l'exemple à 0.5 %. Les résultats obtenus ne garantissent pas d'être en-dessous du TPL dans cette population avec une confiance de 95 %.

Annexe 7 : Elicitation de connaissances d'experts selon la méthode Sheffield

Contexte de l'élicitation

L'autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA) dans son avis de 2013 sur les modalités de surveillance de la protection animale dans les abattoirs de bovins⁴² (EFSA, 2013a) a décrit la méthode de recueil des données nécessaires à la réalisation des calculs de plans d'échantillonnage.

Il y est indiqué qu'une réunion a été organisée par l'EFSA sur une journée afin d'échanger sur la pertinence, la définition et la faisabilité des indicateurs. Cette réunion a rassemblé une centaine de personnes de plusieurs Etats membres représentant diverses compétences (chercheurs, opérateurs de la filière alimentaire en lien avec les abattoirs, agents chargés du contrôle en bien-être, autorités compétentes, organisations non gouvernementales). Les valeurs de sensibilité, spécificité et faisabilité des indicateurs de conscience utilisés en abattoir de bovins figurant dans le rapport de l'EFSA ont été renseignées à partir des réponses obtenues par l'envoi d'un questionnaire en ligne aux experts identifiés par les participants à cette réunion. Deux cent réponses complètes ou partielles ont été obtenues (EFSA, 2013). Les réponses ont été ensuite pondérées mathématiquement, en utilisant le niveau de confiance estimé par les répondants et par la cohérence des réponses (EFSA, 2013). C'est la moyenne pondérée des valeurs de sensibilité obtenues qui a été utilisée pour le calcul de la taille de l'échantillon (EFSA, 2013). L'incertitude autour de ces estimations n'a donc pas été prise en compte dans les calculs sur l'échantillonnage.

Dans le contexte français, s'agissant des indicateurs à détecter visuellement ou par la mise en œuvre d'un procédé conduisant à une réaction (réflexe cornéen, réaction à la menace, etc.), les experts ne disposent pas de données chiffrées suffisantes dans la bibliographie permettant d'estimer les valeurs chiffrées de sensibilité et de spécificité de chaque indicateur, en conditions d'abattage, en France. C'est pourquoi une élicitation des connaissances d'experts a été mise en œuvre dont la finalité est de produire ces valeurs.

Durant l'élicitation individuelle, plusieurs experts ont fait part à l'élicitatrice du fait que le niveau de conscience considéré de l'animal impacte les performances de l'indicateur :

- si le niveau de conscience considéré de l'animal est élevé, les indicateurs de conscience sont fréquemment observés. Si les indicateurs de conscience sont fréquemment observés, leur sensibilité sera élevée et leur spécificité moins bonne ;
- en revanche, si le niveau de conscience considéré de l'animal est très bas, la fréquence d'apparition des indicateurs sera plus faible, leur sensibilité sera plus faible et leur spécificité est augmentée.

Objectif de l'élicitation

L'objectif de l'élicitation était de déterminer les valeurs de sensibilité et de spécificité correspondant aux performances de chacun des indicateurs de conscience. La faisabilité de combinaisons des indicateurs a été étudiée *a posteriori*, par une demande envoyée par messagerie électronique.

⁴² <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2013.3460> consulté le 14/11/2017.

Les valeurs de sensibilité et de spécificité des combinaisons d'indicateurs utilisées en abattoir de bovins dans le contexte des abattoirs français ont été calculées *a posteriori* à partir des valeurs de sensibilité et de spécificité de chaque indicateur.

Les valeurs de sensibilité et de spécificité élicitées sont celles des indicateurs de conscience (Anses, 2013a et EFSA, 2013), pouvant être observés entre le poste d'étourdissement et la fin de la saignée, après un étourdissement mécanique en abattoir de bovins en France :

- absence d'effondrement ;
- présence de tentative de redressement de la tête ou du corps ;
- présence de vocalisations ;
- présence de mouvements respiratoires rythmiques ;
- présence du réflexe cornéen ;
- présence de clignement spontané des yeux ;
- présence de mouvements des globes oculaires (y compris poursuite oculaire) ;
- présence de nystagmus.

La notion de faisabilité en tant que formation des observateurs n'est pas prise en compte pour corriger ces estimations, à la différence de ce qui a été réalisé dans la démarche de l'EFSA. Afin de simplifier la démarche d'élicitation, l'estimation des sensibilités et des spécificités repose sur des experts ayant une expérience en abattoirs en France.

La sensibilité globale du dispositif de surveillance est fonction :

- des sensibilités des indicateurs et
- du mode de combinaison de ceux-ci, c'est-à-dire l'observation séquentielle en série ou l'observation simultanée en parallèle des indicateurs sur un même animal.

Le nombre d'indicateurs disponibles et retenus (utilisables en pratique) et les cadences en abattoir posent la question de la faisabilité de leurs observations en combinaison sur un même animal, ou sur des animaux qui se suivent, compte tenu du temps pour leur mise en œuvre ou des capacités d'observation du RPA de différentes zones sur un même animal.

Par ailleurs, la reproductibilité de l'observation et la répétabilité de l'observation de chaque indicateur ou combinaison d'indicateurs n'ont pas été abordées dans ce travail, faute de données disponibles.

Méthode d'élicitation pour l'évaluation des performances des indicateurs et de leurs combinaisons

Choix d'une élicitation formalisée

- L'élicitation peut être mise en œuvre quand les données permettant une estimation directe ne sont pas disponibles, pas transposables directement au contexte souhaité ou quand les éléments bibliographiques sont contradictoires (Morgan, 2013 ; EFSA, 2014). L'élicitation correspond à l'estimation d'une information basée sur l'expérience ou à des connaissances spécifiques d'experts.
- Les différentes méthodes d'élicitation ont en commun la définition d'une **probabilité subjective**, définissant le niveau de confiance ou d'incertitude d'un expert sur la valeur qu'il estime. En effet on peut supposer que l'expert ne connaît pas la vraie valeur, mais qu'il peut estimer, grâce à ses connaissances, un intervalle dans lequel se trouve la valeur recherchée, et la largeur de l'intervalle représentant l'incertitude sur la valeur recherchée. La notion d'élicitation repose sur le concept d'incertitude qui est à

différencier de la variabilité. L'incertitude reflète le manque de connaissances, tandis que la variabilité reflète des caractéristiques variables dans une population donnée (Vose *et al.*, 2000 ; Anses, 2016).

Seules les méthodes formalisées permettent de décrire correctement et quantitativement l'incertitude autour d'une valeur recherchée (EFSA, 2014)⁴³. La distribution de valeurs obtenue par une élicitation formalisée représente l'incertitude et la variabilité exprimée par un groupe d'experts autour de la valeur recherchée.

Choix d'une méthode d'élicitation : la méthode Sheffield

Trois méthodes formalisées sont décrites dans le rapport EFSA (2014) : la méthode Delphi, la méthode Sheffield et la méthode Cooke. Les trois méthodes ont en commun une phase de préparation, de sélection des experts, et d'élicitations individuelles puis collective. Le nombre d'experts impliqués et les modalités d'interaction au cours de l'élicitation collective différencient les trois méthodes. Les méthodes Delphi et Cooke sont en général mises en place avec un nombre élevé d'experts (plusieurs dizaines à plusieurs centaines de participants). Elles ne nécessitent pas de réunion physique. La méthode Sheffield implique en général entre 6 à 10 experts au maximum et elle nécessite des réunions présentiels pour sa phase collective (EFSA, 2014).

La méthode d'élicitation Sheffield est décrite dans le rapport de l'EFSA de 2014 et dans le livre de O'Hagan (2006), ainsi que dans d'autres publications (Pietrocalli, 2008 ; Butler *et al.*, 2015). Par rapport aux deux autres méthodes, Delphi et Cooke, la méthode Sheffield préconise que les experts puissent échanger librement leurs arguments au cours de l'élicitation collective, pour aboutir à une distribution consensuelle des valeurs au cours d'une seule réunion collective. La distribution finale des valeurs reflète l'opinion du groupe et non celle des opinions individuelles (EFSA, 2014). Il s'agit d'une agrégation des opinions des experts présents, à la différence des deux autres approches. Cette possibilité d'échanges directs entre experts oblige à un renforcement de la formation, un encadrement strict des différentes phases et des échanges possibles entre experts, afin d'améliorer le partage des informations sans introduire de biais entre experts. La méthode Sheffield a été choisie car elle :

- nécessite moins d'experts que les deux autres approches,
- est plus rapide à mettre en œuvre que la méthode Delphi,
- est plus simple que la méthode Cooke,
- repose sur la transparence et l'échange entre experts à la différence des deux autres méthodes,
- traite explicitement de l'incertitude à la différence de la méthode Delphi.

Choix de la distribution des performances des indicateurs

Dans notre cas, la distribution des valeurs possibles s'impose au regard des valeurs à éliciter :

- les valeurs de sensibilités et de spécificités recherchées dans l'élicitation sont implicitement des probabilités. Les limites minimales et maximales sont dès lors bornées entre 0 et 1 ;
- le choix d'une même forme de distribution de valeurs pour tous les indicateurs permet de les comparer plus facilement entre eux.

⁴³ (<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2014.3734/epdf>)

L'incertitude sur une probabilité se décrit classiquement par une distribution de valeurs suivant une loi bêta (Vose, 2000). Les différentes formes de la fonction de répartition d'une loi bêta en fonction de l'incertitude d'un expert ou d'un groupe d'experts sont représentées dans la Figure 10. Une fonction de répartition décrit la probabilité (axe des ordonnées) que la valeur recherchée soit inférieure ou égale à une certaine valeur (axe des abscisses). Par exemple, pour le graphique de la Figure 10 en haut à gauche, la probabilité augmente régulièrement avec la valeur sur l'axe des abscisses, indiquant que toutes les valeurs entre 0 et 1 sont équiprobables, ce qui montre l'absence d'information sur la valeur recherchée : c'est le niveau d'information avant l'élicitation. Le niveau d'information (ou son corollaire d'incertitude) attendu après élicitation pourrait être, à titre d'exemple, celui du quadrant en bas à gauche de la Figure 10. Cette distribution de valeurs illustre le niveau d'incertitude autour d'une valeur inconnue, qui serait placée entre 0,2 et 0,6.

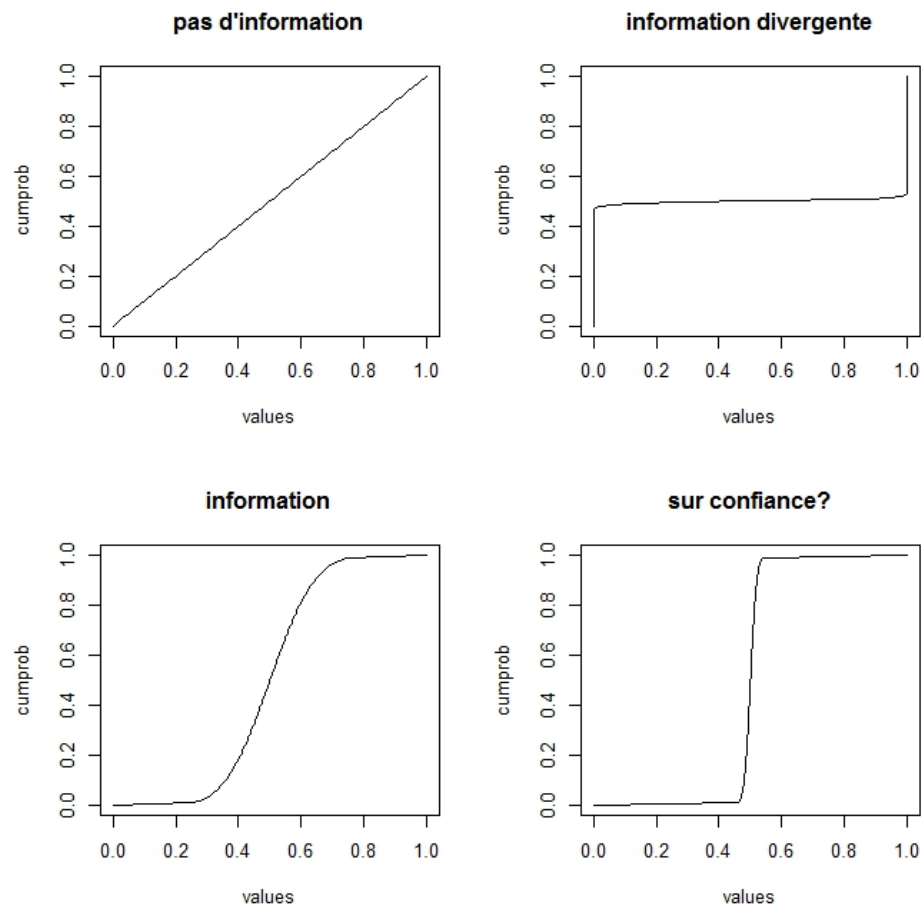


Figure 10 : Différentes formes de la fonction de répartition en fonction de l'incertitude /probabilité (axe Y) autour d'une valeur (axe X) non connue.

Légende : Pas d'information = chaque valeur est équiprobable ; Information divergente = valeurs hautes ou faibles également possibles ; Information = valeurs données informatives ; sur confiance = valeurs données très informatives (à confirmer).

Cumprob : probabilités cumulées

Values : valeurs de sensibilités ou de spécificités correspondantes

Une application spécifique a été créée sur RShiny® afin de visualiser en direct, durant les réunions d'élicitation collective, par la représentation graphique, la distribution des valeurs obtenue et l'incertitude sur la valeur déterminée par le groupe pour chaque indicateur. Elle a permis une interaction immédiate entre les experts sur les valeurs élicitées et les résultats de l'ajustement. Cette représentation graphique était celle de la fonction de répartition d'une distribution de valeurs qui suit une loi bêta).

Choix des valeurs à éliciter pour déterminer la distribution de valeurs ou incertitude sur la valeur recherchée

Dans la méthode Sheffield, il y a trois possibilités pour éliciter la distribution de valeurs, ou incertitude sur la valeur recherchée, à partir de différents quantiles :

- La méthode quartile : l'expert donne une valeur limite haute et basse, puis les quantiles 25, 50 et 75 %. Les quartiles s'interprètent de la façon suivante :
 - le quartile 25 % : la valeur recherchée a 25 % de chances d'être plus basse que ce quartile et 75 % de chances d'être plus élevée ;
 - la médiane 50 % : la valeur recherchée a 50 % de chances d'être au-dessus de la médiane et 50 % d'être en dessous de la médiane ;
 - Le quartile 75 % : la valeur recherchée a 25 % de chances d'être au-dessus de ce quartile et 75 % d'être en dessous.
- La méthode tercile : l'expert donne une valeur limite haute et basse, puis les quantiles 33, 50 et 66 %.
- La méthode roulette : l'expert donne une valeur limite haute et basse, puis pour chaque décile (1/10ème) de l'intervalle obtenu, l'expert attribue des jetons (en général 10) qui vont décrire la distribution de probabilité.

Dans la méthode Sheffield, l'élicitation collective fait suite à l'élicitation individuelle. Pour cette élicitation collective, il est possible de choisir :

- la même méthode que pour l'élicitation individuelle ;
- une autre méthode ; dans ce cas on parle de méthode hybride :
 - la méthode quartile, roulette ou tercile peut être combinée à n'importe laquelle des trois méthodes précédentes ;
 - la méthode probabilité : les valeurs limites haute et basse étant fixées par le groupe, l'éliciteur fixe trois valeurs pour l'élicitation collective. Les experts donnent alors la probabilité correspondante à l'intervalle correspondant.

Les choix possibles sont résumés dans la Figure 11 ci-dessous :

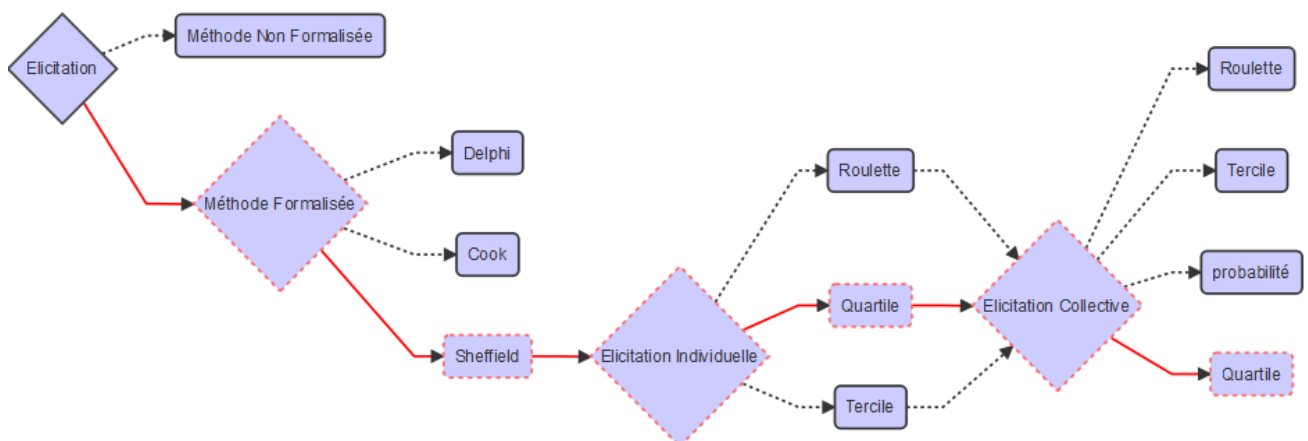


Figure 11 : Choix d'une méthode d'élicitation, les choix effectués dans notre cas correspondent aux éléments fléchés en rouge et en traits pleins ou entourés de pointillés rouges

La méthode quartile a été retenue et pour des raisons de simplicité, la même méthode quartile a été utilisée pour les élicitations individuelle et collective.

A partir des valeurs de ces quartiles, une distribution de valeurs a été ajustée selon une loi bêta. La distribution ajustée obtenue permet de décrire d'autres caractéristiques de l'incertitude, comme un intervalle de crédibilité⁴⁴ ou de confiance à 95 % ou 99 %. Ces informations permettent aux experts de valider ou non leur élicitation au regard de la distribution de valeurs obtenue.

Choix des experts pour l'élicitation

Les dix experts participant à l'élicitation présentaient des profils variés, par exemple, vétérinaire, RPA, représentant d'organisation non gouvernementale, chercheur, *etc.* et des compétences complémentaires. Ils devaient tous avoir une expérience de plusieurs années pour l'observation des indicateurs de conscience après étourdissement en abattoir ou dans des structures expérimentales. Le GT Échantillonnage a identifié un certain nombre d'experts dont les noms ont été soumis à l'approbation du GT BEA qui a fait d'autres propositions d'experts. La composition du groupe des experts « élicités » était la suivante :

- Élicitatrice : Mme Anne Thébault, Anses, Unité Études et Méthodes
- Experts élicités : M. Aillaud Olivier ; Mme Deiss Véronique ; Mme De Turkheim Alice ; Mme Dupuy Céline ; M. Kieffer Jean-Pierre ; Mme Maudet Christine ; M. Mirabito Luc ; M. Peltier Philippe, M. Quere Pierre ; Mme Terlouw Claudia.
- Remerciements : M. Moez Sanaa, Anses, de l'unité UERALIM ; M. Zancanero Gabriele et Mme Candiani Denise (EFSA)

En termes de compétences, étaient réunies dans ce groupe d'experts élicités :

- 2 vétérinaires inspecteurs en abattoir ;
- 2 responsables de protection animale en abattoir ;
- 2 référents nationaux d'abattoirs pour l'espèce bovine ;
- 1 représentant d'Organisation Non Gouvernementale ;
- 1 membres de l'Institut technique IDELE « Institut de l'élevage » ;
- 2 chercheurs scientifiques.

Performances d'une combinaison d'indicateurs testés en parallèle

Tous les indicateurs pris en compte dans une combinaison sont mis en œuvre ou observés au même endroit de la chaîne sur un même animal. Ils sont considérés comme testés en parallèle. Un animal est considéré comme conscient dès qu'au moins un indicateur de conscience est positif. La corrélation entre les performances des indicateurs est considérée comme négligeable puisque les indicateurs de conscience sont considérés comme

⁴⁴ Dans ce rapport, l'intervalle de crédibilité a été assimilé à un intervalle de confiance dans un objectif de simplification. Un intervalle de crédibilité représente l'étendue des valeurs probables autour de l'estimation centrale d'un paramètre, avec un risque d'erreur donné, obtenue par modélisation selon une loi de distribution. Un intervalle de confiance représente l'étendue de la valeur probable d'un paramètre, obtenue par observation de ce paramètre sur un échantillon.

indépendants les uns des autres, selon des critères physiologiques. L'information recueillie n'est pas redondante entre deux indicateurs.

Les performances de la combinaison d'indicateurs testés en parallèle dépendent des performances de chaque indicateur, obtenues par élicitation.

Elles sont évaluées de la manière suivante :

- la sensibilité globale Se_G d'une combinaison comportant N indicateurs indépendants, de sensibilité respective Se_1, Se_2, \dots, Se_N , est donnée par la formule suivante :

$$Se_G = 1 - (1 - Se_1) \times (1 - Se_2) \times \dots \times (1 - Se_N)$$

- la spécificité globale Sp_G d'une combinaison comportant N indicateurs indépendants, de spécificité respective Sp_1, Sp_2, \dots, Sp_N , est donnée par la formule suivante :

$$Sp_G = Sp_1 \times Sp_2 \times \dots \times Sp_N$$

La sensibilité globale des combinaisons d'indicateurs considérées comme toujours faisables, c'est-à-dire quel que soit le type d'abattoir (conformation, cadence ...) correspond au résultat final délivré pour chaque point d'observation développé ci-après.

La sensibilité de chacun des indicateurs a été évaluée par élicitation de connaissances d'experts selon la méthode Sheffield avec une incertitude également estimée lors de cette élicitation (cf. Tableau 5 et Figure 7). Pour tenir compte de l'incertitude autour de chaque valeur de sensibilité dans l'évaluation de la sensibilité globale de la combinaison, 10 000 valeurs possibles ont été simulées à partir des lois bêta ajustées pour chacune (cf. Figure 7), décrivant leurs sensibilités individuelles.

La même approche a été utilisée pour établir l'incertitude sur la spécificité de la combinaison. Ces 10 000 valeurs ont suffi pour obtenir un point de convergence permettant de stabiliser les valeurs des quantiles.

En l'absence de données chiffrées propres à la France et aux abattoirs français pour les valeurs de sensibilité et de spécificité des indicateurs de conscience ainsi que de faisabilité de leurs combinaisons, l'Anses a choisi de conduire une élicitation des connaissances d'experts selon la méthode Sheffield (EFSA, 2014).

Cela a permis l'obtention de valeurs chiffrées nécessaires aux calculs du plan d'échantillonnage.

La prise en compte de la faisabilité des combinaisons des indicateurs permet de proposer des chiffres au plus près de la réalité des abattoirs.

Déroulement de l'élicitation

Les définitions de « conscience » et « inconscience » telles qu'abordées dans le cadre de cette élicitation sont rappelées aux experts élicités. Le lecteur peut se reporter au glossaire.

Le contexte est celui d'un abattoir de bovins pour des animaux de taille standard à l'échelle de tous les abattoirs français entre le poste d'étourdissement et celui d'incision pour la saignée. Les définitions de sensibilité et spécificité sont rappelées.

Le contexte de cette élicitation dans le cadre des travaux du GT Echantillonnage et du GT BEA est rappelé par la coordination. Il est indiqué que ces groupes ont sélectionné et défini 5 indicateurs de conscience « *Le GT BEA et le GT Echantillonnage avaient précédemment*

statué que l'élicitation pour les bovins ne porterait que sur l'utilisation des cinq indicateurs retenus comme étant des indicateurs d'un état de conscience.

- le maintien de la posture debout
- les tentatives de redresser la tête ou le corps
- la présence de vocalisations
- la poursuite oculaire
- le maintien du tonus musculaire de la langue.

Les autres indicateurs du rapport Anses sur le GBP de protection animale en abattoir de bovins (réflexe cornéen, mouvements respiratoires rythmiques, etc.) n'indiquent pas forcément un état de conscience lorsqu'ils sont présents ».

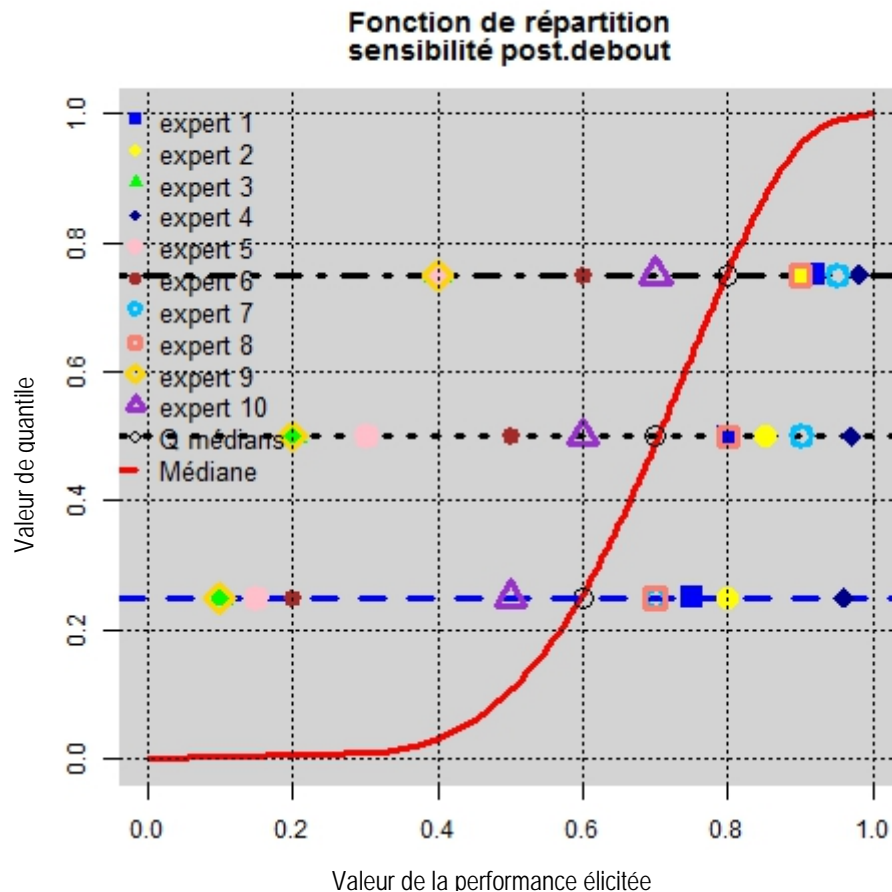
Un indicateur a été ajouté aux 5 initialement retenus, il s'agit du réflexe cornéen. D'autres ont été ajoutés lors de la première réunion d'élicitation, correspondant à une séance de « formation » des experts élicités à la méthode ainsi qu'à un accord sur les définitions des éléments élicités. Dans le cas présent, il s'agissait des performances des indicateurs de conscience. Le groupe s'est donc mis d'accord sur les indicateurs à éliciter ainsi que sur leur définition. C'est dans ce cadre qu'il a été proposé d'ajouter les indicateurs suivants dans la liste des indicateurs utilisables : nystagmus, clignements spontanés des paupières, respiration rythmique.

A la suite de cette première séance « d'élicitation de formation », ont été organisées les élicitations individuelles téléphoniques. Enfin deux séances d'élicitation collective ont été nécessaires pour obtenir l'ensemble des valeurs recherchées. Le déroulement des séances d'élicitation collective est indiqué par l'élicitatrice : la présentation des valeurs individuelles (obtenues suite à l'élicitation individuelle) puis la discussion pour l'obtention d'une valeur consensuelle. Les biais et la position d'observateur du groupe, à adopter par chacun pour proposer une valeur finale représentative des arguments qui ont circulé dans le groupe, sont rappelés.

Indicateur de conscience 1 : « Maintien de la posture debout »

Sensibilité

Résultat des élicitations individuelles



La valeur médiane des élicitations individuelles est

- Quartile 25 : 0.6
- Quartile 50 : 0.7
- Quartile 75 : 0.8

Résultat de l'élicitation collective

La définition telle que proposée est : « Juste après le tir, la tête ou le corps de l'animal ne s'affaisse pas et/ou fait de mouvement de relevé ». La définition est modifiée en : « Juste après le tir, la tête ou le corps de l'animal ne s'affaisse pas ». Les experts élicités se sont exprimés pour cette modification en raison de la temporalité des événements. Si les mouvements de relevés sont maintenus dans la définition, cela aura des répercussions sur les valeurs de sensibilité et de spécificité. Afin de ne pas additionner plusieurs indicateurs dans une seule et même proposition et la première partie de la définition se suffisant à elle-même, c'est elle qui est conservée pour constituer un premier indicateur.

Toutefois, pour les porcs, l'indicateur était défini par « effondrement ». Le terme ici utilisé pour les bovins est « affaissement » qui induit une graduation dynamique différente. « Affaissement » suggère que l'animal tient encore un peu debout et s'effondre doucement, c'est un mouvement non immédiat. Le mot « affaissement » est donc remplacé unanimement par « effondrement ». Les redressements de la tête ne sont pas visibles au même moment que cet effondrement qui fait immédiatement suite au coup porté pour l'étourdissement. Ils sont retirés de cette définition mais conservés comme indicateur en tant que tel car ce sont des mouvements observés.

Estimation de la sensibilité en collectif

Lorsqu'un tir est effectué, même s'il est mal effectué, l'animal tombe en raison du choc. Sachant que les animaux sont conscients, le nombre de ceux qui restent debout après un tir est faible en raison du choc violent lié au tir. Si la conscience est définie selon des niveaux de conscience et que l'on considère les animaux les plus faiblement conscients, il y a probablement un nombre élevé d'animaux qui, même s'ils sont encore conscients, perdent leur posture debout. L'indication du temps est importante, il s'agit du moment qui suit immédiatement le tir. La plupart des animaux encore conscients du fait d'une mauvaise orientation de la tige s'effondrent. A part quelques taureaux et quelques gros jeunes bovins, les animaux sous l'impact du coup, tombent.

Une experte reprend les chiffres de deux expérimentations qu'elle a réalisées. Sur 58 vaches, 5 ont reçu un double tir. Sur ces 5 animaux, 3 maintenaient leur posture debout. La seconde étude, propose des chiffres similaires. La probabilité recherchée est donc, selon elle issue de ses chiffres.

La sensibilité étant la fréquence d'animaux qui maintiennent la posture debout après le tir sachant qu'ils sont conscients, le groupe se met d'accord pour une estimation de la médiane à 0,3.

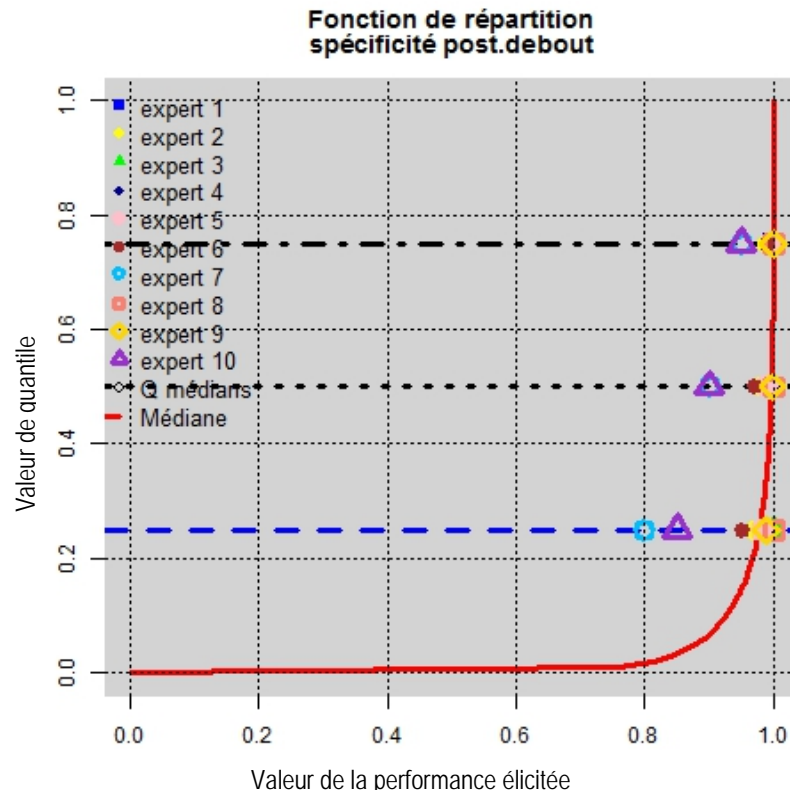
L'indicateur n'est pas « maintien de la posture debout » mais « absence d'effondrement », l'animal n'est pas forcément debout il y a de nombreuses postures intermédiaires. Est ajouté « ne s'effondre pas totalement » afin de prendre en considération les positions intermédiaires possibles de l'animal qui ne perd pas totalement sa posture debout.

La valeur médiane finale de sensibilité validée pour cette définition « absence d'effondrement total » : 0,4.

Q1_25	Q1_50	Q1_75
0,2	0,4	0,5

Spécificité

Résultat des élicitations individuelles



La valeur médiane des élicitations individuelles est

- Quartile 25 : 0.985
- Quartile 50 : 0.9945
- Quartile 75 : 0.99995

Résultat de l'élicitation collective

Le risque d'erreur d'observation (faux-positif) est comptabilisé comme un défaut de spécificité. Des animaux peuvent présenter une réaction de tétanie des membres antérieurs à la suite du tir empêchant un effondrement complet en raison de la structure du box. Cela correspond à moins de 10 % des animaux. Le chiffre de 5 % d'erreur est discuté. Si, pour l'animal, cela n'a pas d'impact car cela correspond à un problème de taille de piège, il faut présenter les chiffres avec une argumentation de façon à ce qu'ils soient compris. Cet indicateur dont on attend que la spécificité soit de 100 %, à en fait une spécificité moindre pour prendre en compte des configurations particulières de piège. Il est crédible de prendre en compte des situations qui existent sur le terrain et estimées à environ 1 % ou plus d'animaux qui, inconscients, ne s'effondrent pas.

Q1_25	Q1_50	Q1_75
0,97	0,98	0,99

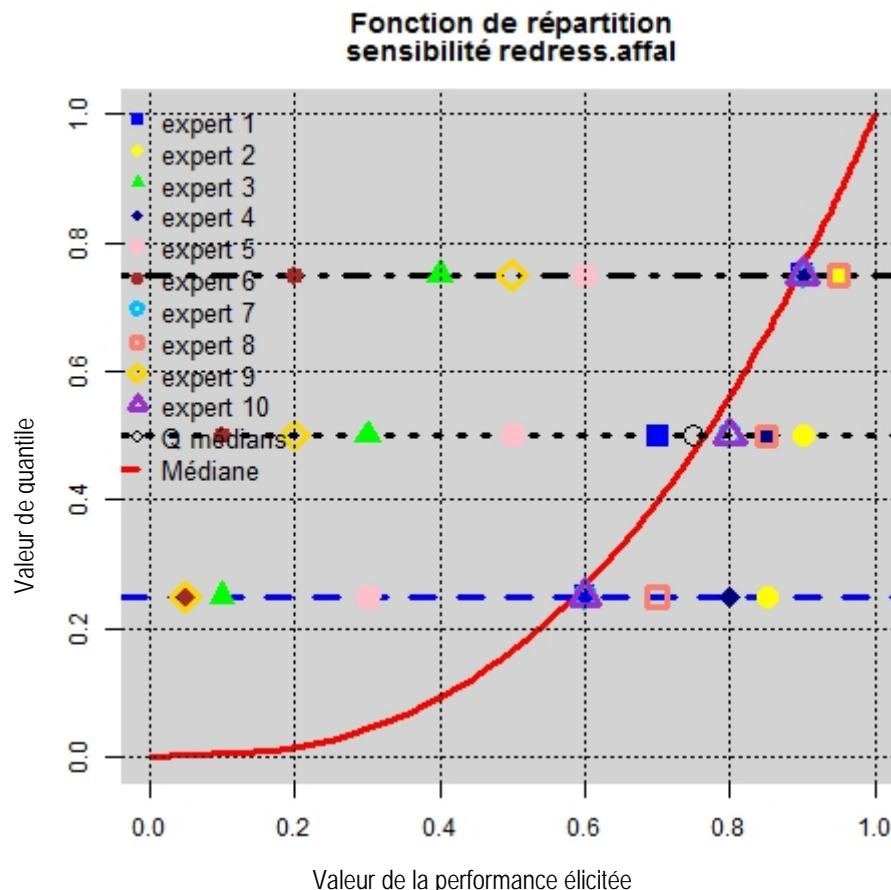
Définition finale de l'indicateur maintien de la posture debout : Juste après le tir, l'animal ne s'effondre pas totalement.

Indicateur 2 : Redressement à l'affalage : « Mouvements de redressement de la tête ou du corps à l'affalage »

Il ne s'agit pas de mouvements désorganisés. La définition est revue pour être précisée en « mouvements de redressement de la tête accompagnés ou non de mouvements de redressement du corps à l'affalage ».

Sensibilité

Résultats des élicitations individuelles



La valeur médiane des élicitations individuelles est

- Quartile 25 : 0.6
- Quartile 50 : 0.75
- Quartile 75 : 0.9

Résultat de l'élicitation collective

Des bovins suffisamment conscients qui expriment des mouvements de la tête ou du corps sont rares après un tir. Il s'agit en effet ici, de mouvements non réflexes mais orientés nécessitant un certain niveau de conscience et de motivation. Ce n'est pas un indicateur observé fréquemment.

Il est en outre difficile de faire le lien entre des redressements et la conscience, d'autant que la manipulation liée à l'affalage provoque des mouvements réflexes qui peuvent être mal interprétés. La difficulté est de tenir compte de tous les états de conscience. Des valeurs

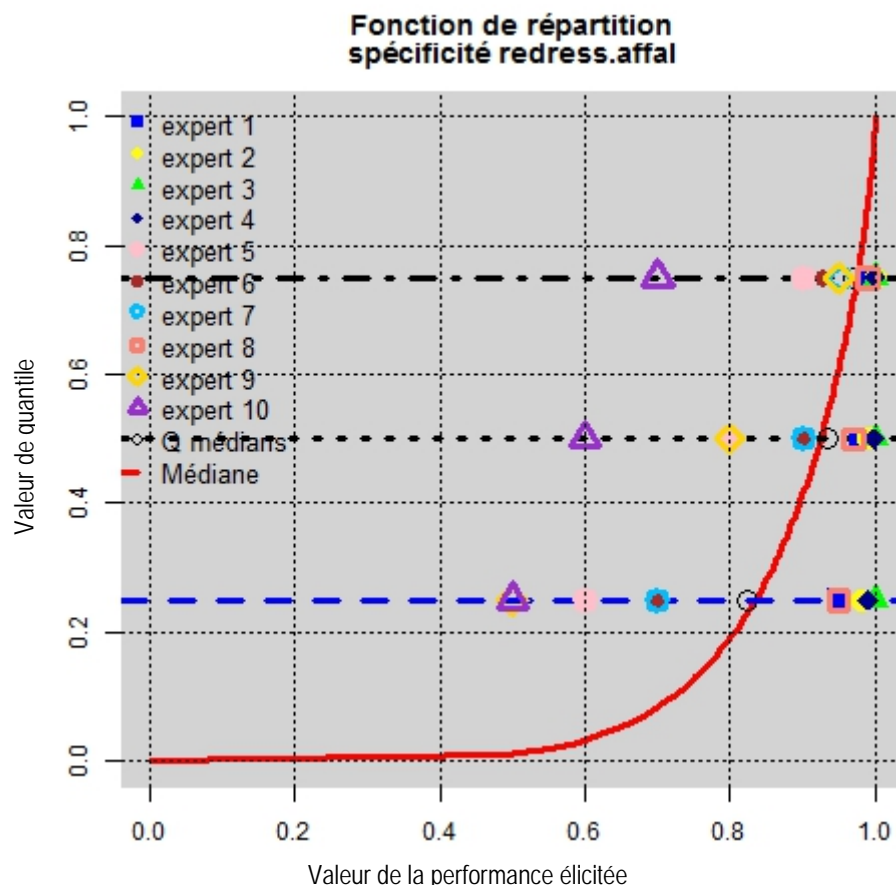
élevées signifieraient que cet indicateur est fréquemment observé en abattoir, à l'affalage, ce qui n'est pas le reflet de la réalité.

Un expert estime qu'environ 1/3 des animaux conscients redressent leur tête à l'affalage. Ils sont suffisamment conscients pour le faire. Ce mouvement est peu observé. En un abattage conventionnel, sa sensibilité serait de l'ordre de 0,1 ou 0,3.

Q1_25	Q1_50	Q1_75
0,1	0,2	0,3

Spécificité

Résultats des élicitations individuelles



La valeur médiane des élicitations individuelles est

- Quartile 25 : 0.825
- Quartile 50 : 0.935
- Quartile 75 : 0.97

Résultat de l'élicitation collective

La spécificité correspond ici au pourcentage d'animaux ne présentant pas de tentatives de redressements sachant qu'ils sont inconscients.

Les erreurs d'observation (faux-positifs) sont encore une fois possibles. Des mouvements qui seraient « réflexes » ou provoqués par la manipulation peuvent être mal interprétés. Parfois, il n'est pas possible de distinguer sur ces animaux des mouvements réflexes de mouvements conscients, surtout suite à l'éjection de l'animal du piège. Ces mouvements réflexes provoqués par la manipulation sont moins fréquents qu'au hissage. Il est donc important de bien distinguer l'affalage du hissage.

Dans l'exercice d'élicitation, on est obligés d'avoir une définition précise et claire, il nous faut donc regrouper les mouvements volontaires et orientés et les mouvements réflexes et donc accepter une mauvaise spécificité. Certains experts expriment le fait que ce n'est pas aussi simple que cela et que l'observation de mouvements à l'affalage motive la réalisation d'autres indicateurs comme le réflexe cornéen. Les experts se mettent d'accord sur une médiane à 0,7. Soit 70 % des animaux qui ne présentent pas de mouvements de redressement sachant qu'ils sont inconscients ou 30 % présentent des mouvements de redressements alors qu'ils sont inconscients (erreurs d'appréciations de l'observateur).

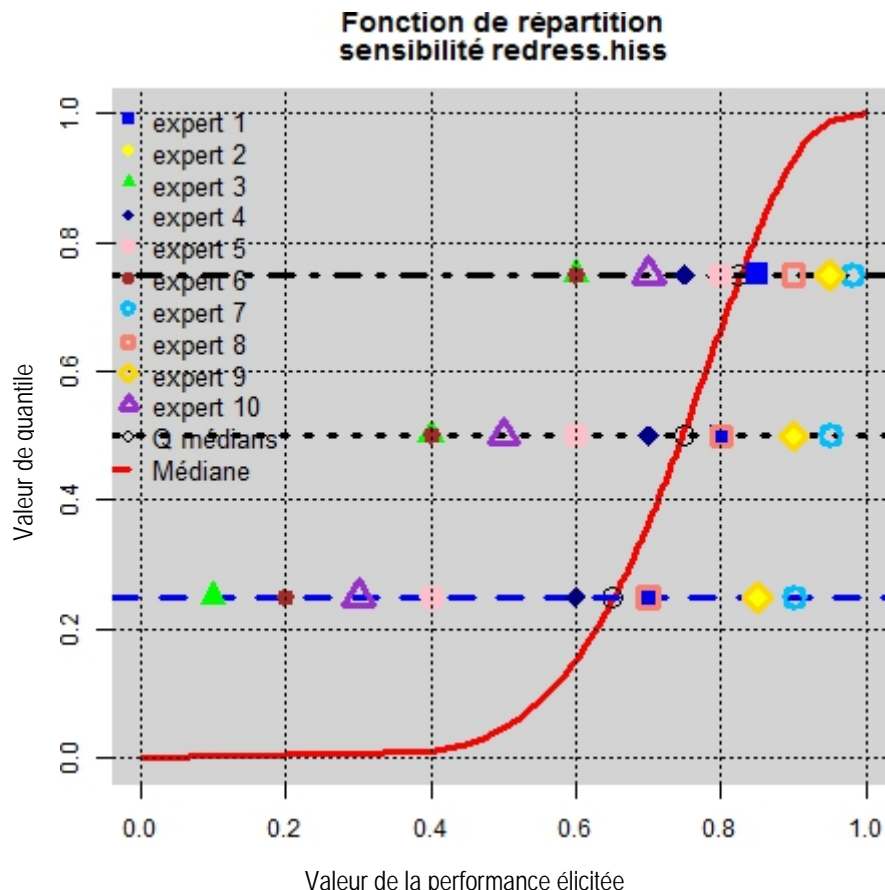
Q1_25	Q1_50	Q1_75
0,6	0,7	0,85

Définition finale de l'indicateur redressement à l'affalage : « mouvements de redressement de la tête accompagnés ou non de mouvements de redressement du corps à l'affalage ».

Indicateur 3 : Redressement au hissage ou sur rail : « Mouvements de redressement de la tête et/ou du corps au hissage et/ou sur rail »

Sensibilité

Résultats des élicitations individuelles



La valeur médiane des élicitations individuelles est

- Quartile 25 : 0.65
- Quartile 50 : 0.75
- Quartile 75 : 0.825

Résultat de l'élicitation collective

Dans le guide de bonnes pratiques, trois phases sont distinguées : affalage, accrochage, hissage. L'accrochage doit être exclu de la phase de hissage qui est considérée. Les manipulations réalisées par les opérateurs pendant l'accrochage génèrent trop de mouvements réflexes. Les indicateurs ne sont pas regardés à ce moment-là. Les résultats des élicitations individuelles montrent une dispersion avec deux groupes de réponses contrastés.

Sachant que l'animal est conscient, des mouvements peuvent être observés sans qu'il s'agisse de mouvements de redressement. Ici encore, la compréhension du terme « redressement » a pu prêter à confusion. Si un animal est conscient au hissage, il va présenter des indicateurs. En effet, un animal même moyennement conscient, mis dans une position « pas naturelle » va tenter de rectifier cette position pour retrouver une position naturelle. Néanmoins, même conscient, il faut que l'animal ait suffisamment d'énergie. La suspension tête en bas, est à l'origine d'une motivation supplémentaire pour ce type de mouvement moteur.

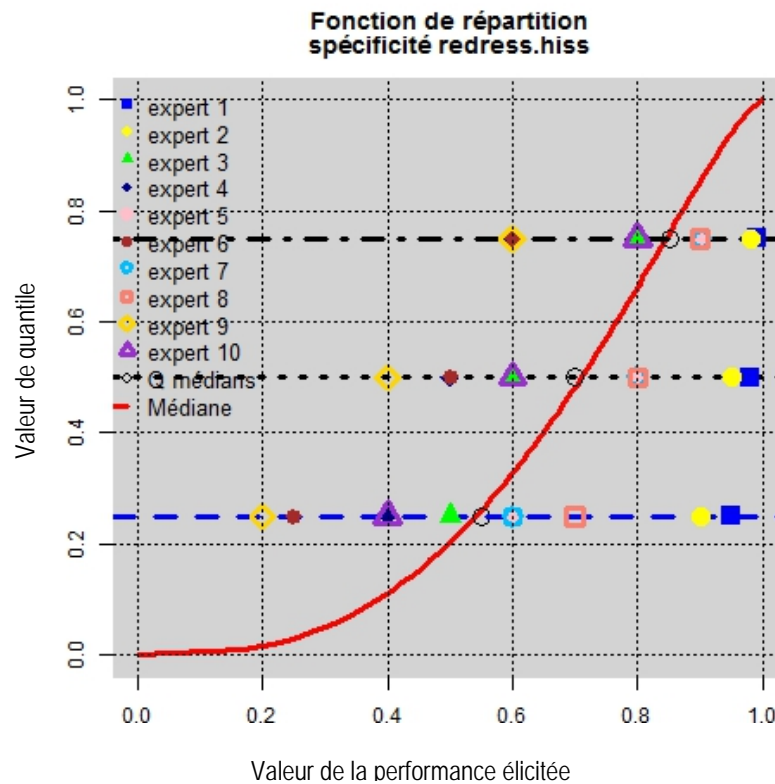
Modification de la définition

Sur le rail de saignée, avant la saignée, la fréquence de ce type de mouvement sur des animaux qui présentent d'autres indicateurs est très faible.

La division en deux temps : « affalage » et « hissage » a conduit à dédoubler cet indicateur. Biologiquement c'est un indicateur sensible, mais, sur le terrain, il est tellement rare à ce stade qu'il est compliqué de l'estimer. C'est un bon indicateur (pratique) de détection mais peu fiable. La définition de l'indicateur est rediscutée et revue en : « tentative de redresser la tête ou le corps, mouvements orientés de l'encolure ou de la tête ou tentative de reprise de posture tonique avec le creusement d'un dos concave ».

Si on ne peut pas distinguer un mouvement réflexe de l'encolure d'un mouvement orienté, cela peut être traduit par les valeurs attribuées à la sensibilité et à la spécificité. Si l'animal est conscient la probabilité pour qu'il exprime cet indicateur est fonction de son niveau de conscience. Le tour de table conduit à trois experts se prononçant sur les valeurs suivantes et trois experts qui sont d'accord avec ses valeurs sans avoir d'avis particulier.

Q1_25	Q1_50	Q1_75
0,1	0,3	0,5

Spécificité :Résultats des élicitations individuelles

La valeur médiane des élicitations individuelles est

- Quartile 25 : 0.55
- Quartile 50 : 0.7
- Quartile 75 : 0.85

Résultat de l'élicitation collective

La nouvelle définition qui mentionne le dos creux, fait de cet indicateur, un indicateur spécifique. Plusieurs experts avaient considéré des erreurs par défaut, des faux positifs à l'observation et donc présenté des valeurs de spécificité relativement faibles qu'ils souhaitent augmenter avec cette nouvelle définition. Les erreurs d'observation ne peuvent toutefois pas être totalement exclues.

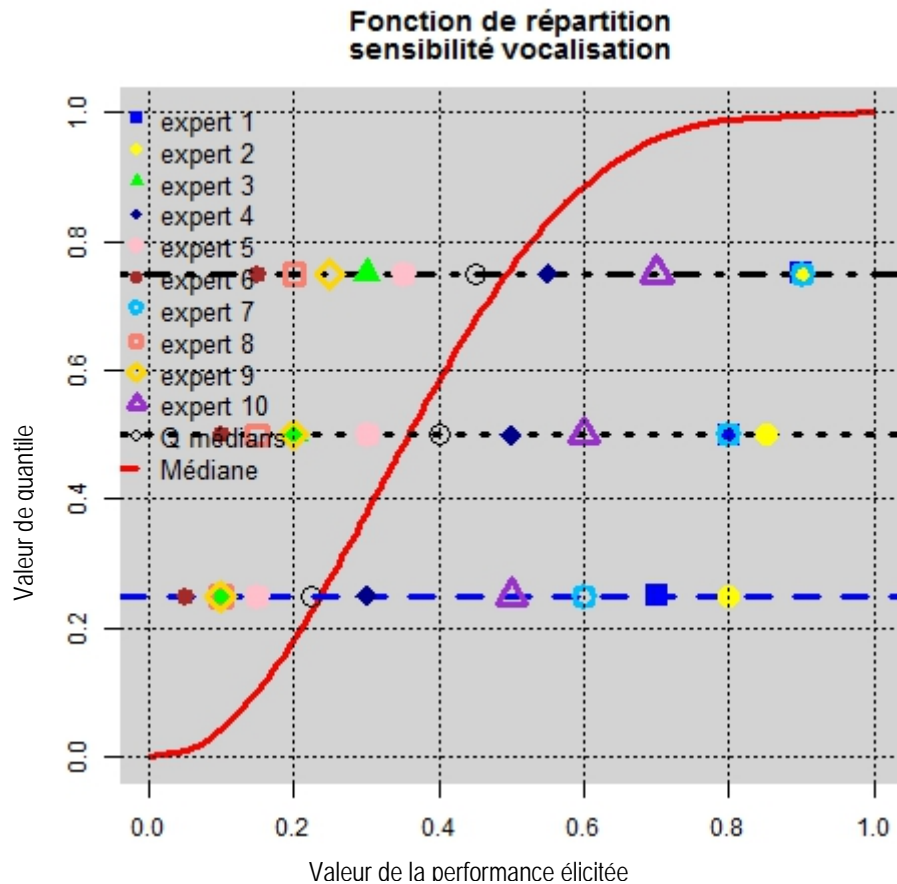
Q1_25	Q1_50	Q1_75
0,9	0,95	0,98

Définition finale de l'indicateur Redressement au hissage ou sur rail : tentative de redresser la tête ou le corps, mouvements orientés de l'encolure ou de la tête ou tentative de reprise de posture tonique avec le creusement d'un dos concave

Indicateur 4 : Vocalisation : Emission d'un ou plusieurs meuglement(s) par animal

Sensibilité

Résultat des élicitations individuelles



La valeur médiane des élicitations individuelles est

- Quartile 25 : 0.225
- Quartile 50 : 0.4
- Quartile 75 : 0.45

Résultat de l'élicitation collective

La sensibilité correspond ici à la probabilité qu'un animal vocalise sachant qu'il est conscient.

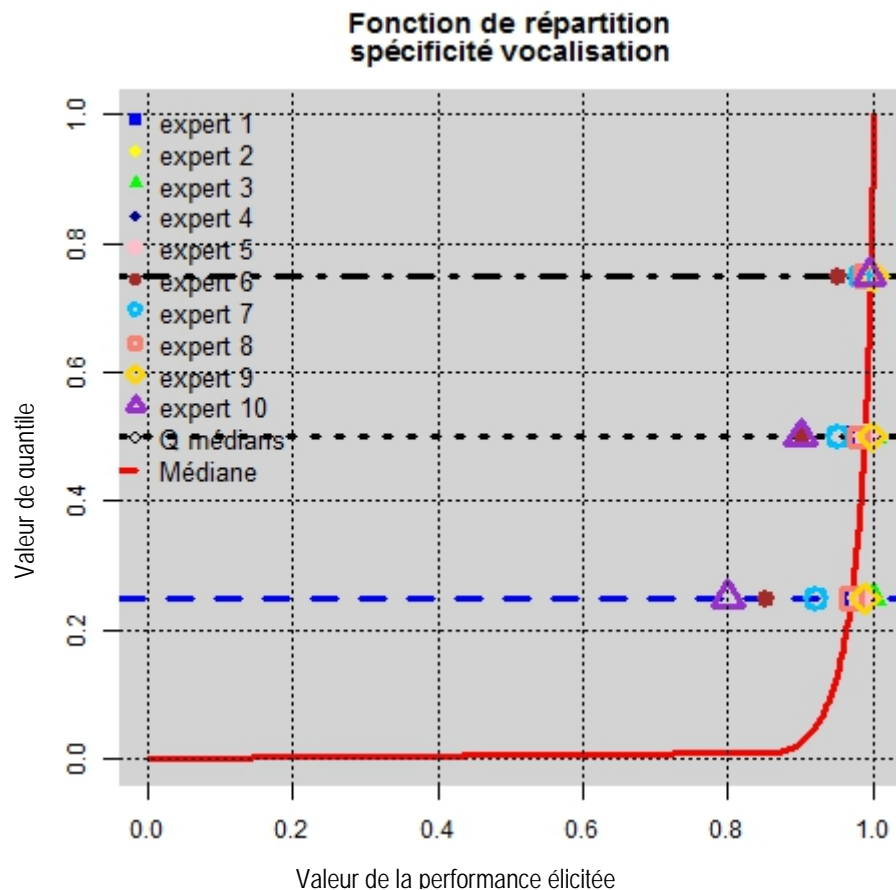
De l'expérience de chacun, il apparaît que peu de vocalisations sont entendues sur la chaîne d'abattage. Il faut que l'animal ressente de la douleur et soit suffisamment conscient pour émettre un meuglement, cela reste un événement rare.

Q1_25	Q1_50	Q1_75
0,01	0,05	0,07

Il n'est pas possible d'envisager une valeur atteignant de 0,1 qui signifierait que 10 % des animaux vocalisent sachant qu'ils sont conscients.

Spécificité

Résultat des élicitations individuelles



La valeur médiane des élicitations individuelles est

- Quartile 25 : 0.975
- Quartile 50 : 0.985
- Quartile 75 : 0.99745

Résultat de l'élicitation collective

Absence de vocalisation sachant que l'animal est inconscient.

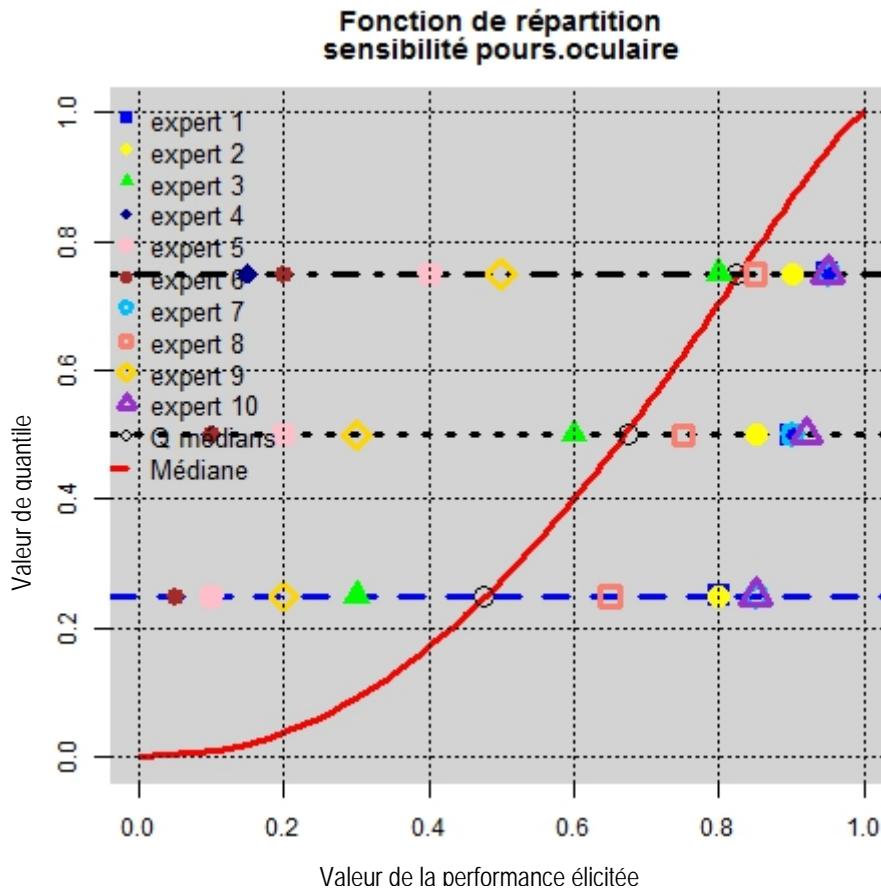
Des vocalisation « réflexes » ne sont pas physiologiquement possibles. De rarissimes erreurs / situations ambiguës de l'observateurs peuvent être envisagées mais les meuglements permettent peu l'erreur.

Q1_25	Q1_50	Q1_75
0,975	0,985	0,999

Indicateur 4 : Vocalisation : Emission d'un ou plusieurs meuglement(s) par animal

Sensibilité

Résultat des élicitations individuelles



La valeur médiane des élicitations individuelles est

- Quartile 25 : 0.475
- Quartile 50 : 0.675
- Quartile 75 : 0.825

Résultat de l'élicitation collective

Les animaux encore conscients ou les animaux sur lesquels un doute est possible présentent une ouverture de l'œil pas forcément flagrante ou une attention à l'environnement sans qu'une réelle poursuite existe telle que définie. Il s'agit d'un indicateur dont l'observation est rare et difficile à observer. Il est visible que lors d'étourdissements complètement ratés. Il faut un niveau de conscience assez élevé pour que cet indicateur soit exprimé.

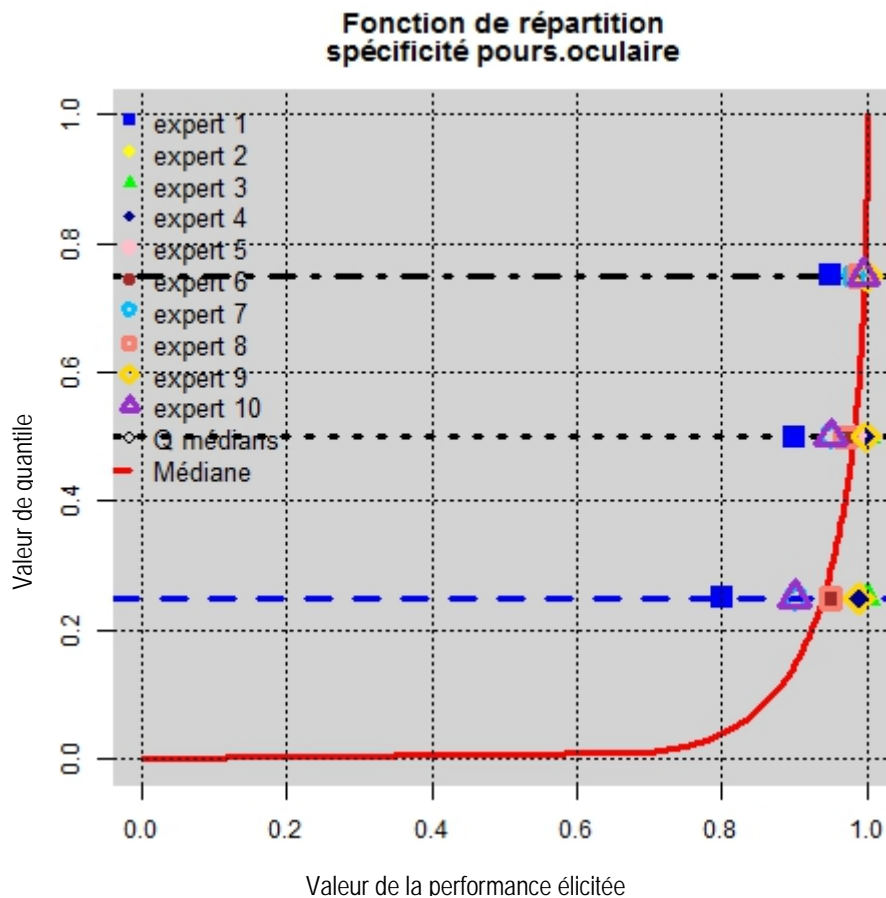
Les experts pensent que la notion de poursuite oculaire peut être élargie à « l'expression du regard » qui indique à l'observateur l'état de conscience de l'animal, mais il faut faire attention car ce n'est pas ainsi qu'il a été défini, les yeux doivent suivre les gestes de l'opérateur. L'étourdissement doit être suffisamment raté pour que le degré de conscience soit élevé et permette l'expression de cet indicateur. Il est rappelé l'importance de prendre en compte les valeurs attribuées aux performances des autres indicateurs car la notation se fait en relatif en

fonction du niveau de conscience et de la motivation considérée. Les valeurs proposées pour cet indicateur font qu'il serait observé à une fréquence du même ordre que celle de l'« absence d'effondrement ».

Q1_25	Q1_50	Q1_75
0,1	0,25	0,3

Spécificité

Résultat des élicitations individuelles



La valeur médiane des élicitations individuelles est

- Quartile 25 : 0.95
- Quartile 50 : 0.975
- Quartile 75 : 0.99745

Résultat de l'élicitation collective

Il est rappelé que la spécificité d'un indicateur est l'absence de l'indicateur sachant que l'animal est inconscient. L'observation de cet indicateur sachant que l'animal est inconscient est un défaut de spécificité.

Les avis sont unanimes. L'indicateur n'est jamais observé, et penser qu'un animal inconscient puisse montrer une poursuite oculaire est biologiquement improbable. Toutefois, une erreur d'observation ne peut être exclue, il est donc difficile d'être dans l'absolu et d'attribuer 1. Des

faux positifs pourraient exister, pas des faux positifs biologiques mais des défauts d'observation en lien avec les conditions d'observation à l'abattoir. Ces biais d'observation et risques de confusion sont donc estimés quantitativement dans les valeurs de spécificité. Le risque d'erreur est globalement similaire à celui attribué pour les vocalisations. Il est rappelé que les valeurs sont estimées de façon globale pour les abattoirs de bovins en France, tous RPA considérés. Certains RPA ont en effet pour définition « l'œil a bougé » et rien d'autre.

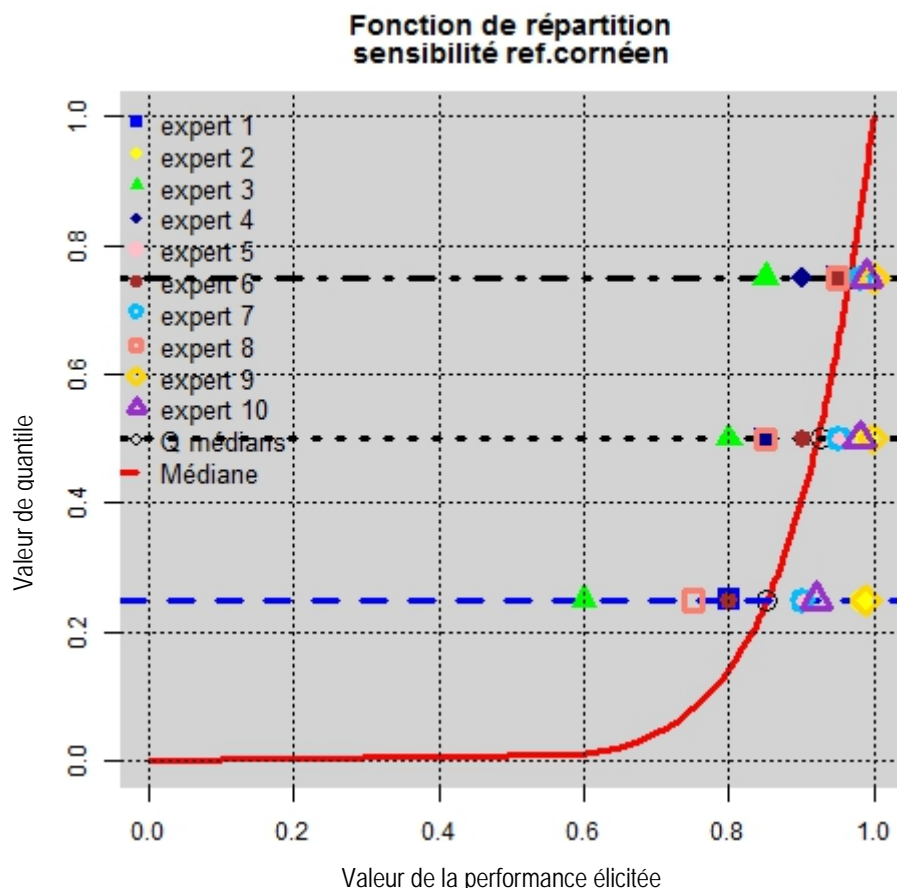
Q1_25	Q1_50	Q1_75
0,96	0,97	0,99

Définition définitive de l'indicateur poursuite oculaire : Poursuivre des yeux un objet ou une personne en mouvement.

Indicateur 6 : Réflexe cornéen ; « Mouvement de la paupière provoqué par un effleurement de la cornée sans contact avec les cils et la paupière »

Sensibilité

Résultat des élicitations individuelles



La valeur médiane des élicitations individuelles est

- Quartile 25 : 0.85
- Quartile 50 : 0.925

- Quartile 75 : 0.965

Résultat de l'élicitation collective

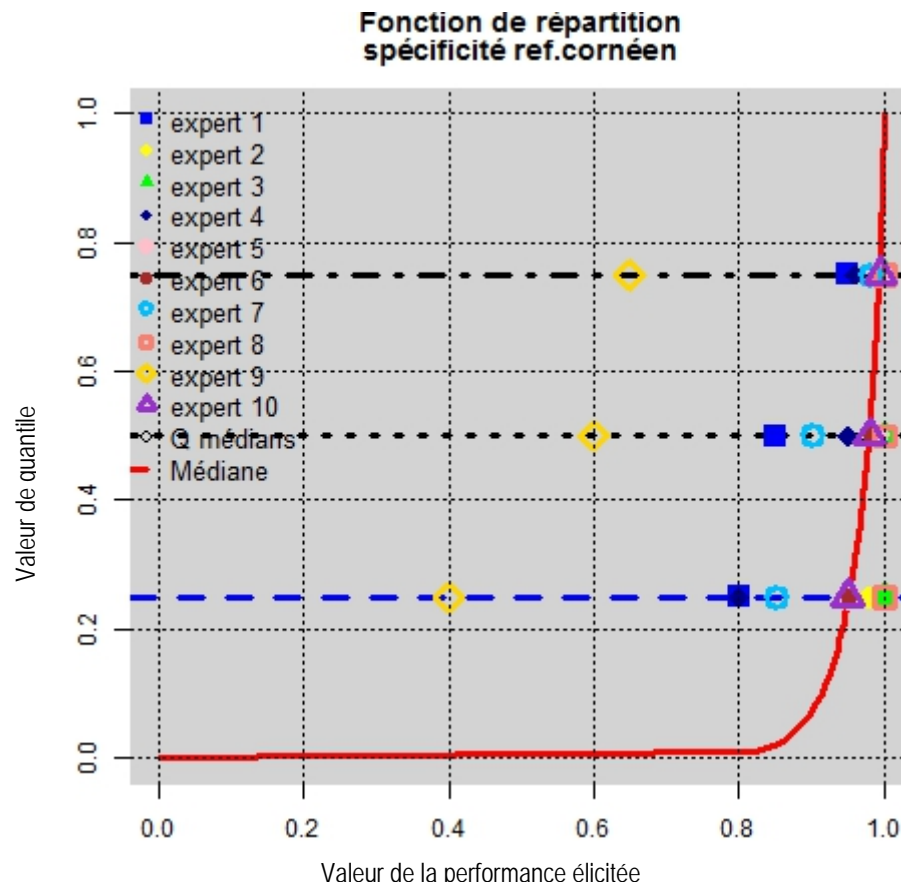
Sur la base de ce qui est fait sur le terrain, la sensibilité est plus faible que ce que l'on pourrait penser par rapport à des expérimentations. Dans la tête de chacun des experts cet indicateur est très sensible. Mais, souvent, les animaux sur lesquels on a des doutes sur leur état de conscience ne présentent pas de réflexe cornéen. Il peut en effet, y avoir une absence de réflexe cornéen parce que l'animal est en état de choc et que les muscles oculaires sont paralysés. Ces bovins ne présentent donc pas cet indicateur et doivent être comptabilisés parmi les faux négatifs. Il y a un certain nombre d'animaux conscients sur lesquels le réflexe cornéen n'est pas observé. En abattoir, il y a par exemple des animaux qui respirent et qui ne présentent pas de réflexe cornéen, et cela doit correspondre pour les opérateurs à un animal à risque qu'il faut ré-étourdir. Mais la question est de savoir si c'est un faux négatif en réflexe cornéen et un faux positif dans l'autre indicateur. Jusqu'alors, durant les formations de protection animale, le réflexe cornéen a été présenté comme l'indicateur de référence. Les centres bulbaires qui contrôlent la respiration sont les plus profondément enfouis dans le cerveau, la tige perforante atteint donc d'abord les structures nerveuses en lien avec l'expression du réflexe cornéen. Un animal qui respire et ne présente pas de réflexe cornéen correspond à un animal chez lequel la tige n'a pas atteint sa cible finale. Il est étourdi mais pas aussi profondément qu'il le devrait. Il est inconscient mais pas suffisamment pour que la saignée puisse être pratiquée, il faut donc ré-appliquer la procédure d'étourdissement. Le problème est que souvent les observateurs ne font qu'un seul indicateur : le réflexe cornéen, alors qu'il faudrait en associer plusieurs. Si l'animal ne présente pas le réflexe cornéen, il est considéré inconscient peut-être à tort alors qu'il y a d'autres indicateurs à associer. La sensibilité de cet indicateur est trop souvent surestimée. Il est rappelé que l'estimation doit porter sur l'ensemble des abattoirs français. Un tour de table conduit à un consensus sur les valeurs suivantes.

Q1_25	Q1_50	Q1_75
0,9	0,93	0,96

Soit un intervalle de confiance compris entre 80 et 99 %.

Spécificité

Résultat des élicitations individuelles



La valeur médiane des élicitations individuelles est

- Quartile 25 : 0.95
- Quartile 50 : 0.98
- Quartile 75 : 0.9925

Résultat de l'élicitation collective

C'est la fréquence de la non observation de l'indicateur sur des animaux inconscients.

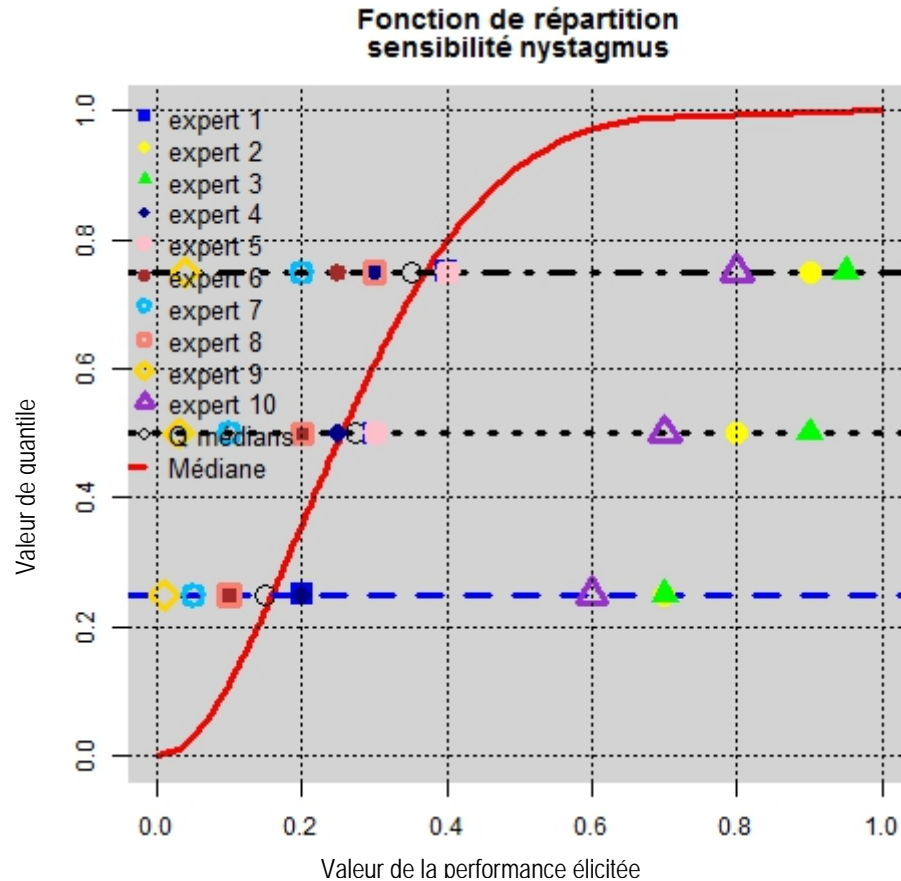
Des animaux inconscients peuvent présenter un réflexe cornéen. En effet, l'inconscience peut naître d'une atteinte du thalamus, structure située anatomiquement au-dessus des structures nerveuses à l'origine du réflexe cornéen et donc atteinte en premier par le trajet de la tige perforante. Il suffit d'atteindre l'hypothalamus avec la tige pour que l'animal soit inconscient. L'absence de réflexe cornéen signifie que l'animal est profondément et durablement inconscient et encore plus s'il ne respire plus. Si l'animal est inconscient, et s'il présente un réflexe cornéen, cela signifie qu'il n'est pas durablement inconscient et il faut le ré-étourdir. Si le réflexe cornéen est présent, en théorie, compte tenu du positionnement des structures neuro-anatomiques générant respiration et réflexe cornée, l'animal respire. Toutefois sur la chaîne d'abattage, ce n'est pas toujours le cas, la situation est différente d'une situation anatomique théorique.

Le chiffre de spécificité correspond aux animaux inconscients qui présentent un réflexe cornéen et ils ne sont pas forcément rares. Si l'instrument n'est pas posé correctement, la tige n'atteint pas sa cible et les animaux ne sont pas inconscients durablement. Ils seront ré-étourdis.

Q1_25	Q1_50	Q1_75
0,94	0,96	0,98

Indicateur 7 : Nystagmus

Résultat des élicitations individuelles



La valeur médiane des élicitations individuelles est

- Quartile 25 : 0.15
- Quartile 50 : 0.275
- Quartile 75 : 0.35

Résultat de l'élicitation collective

Deux articles sont pris en référence pour estimer les performances de cet indicateur : Gregory *et al*/2007 et Bourguet *et al*/2011. D'après ces données, 3 % des animaux observés présentent un nystagmus et sur ces 3 individus, il y a 1 chance sur 3 pour qu'il soit conscient.

D'après les données de ces publications cet indicateur a un pouvoir discriminant très faible. Il est rarement observé.

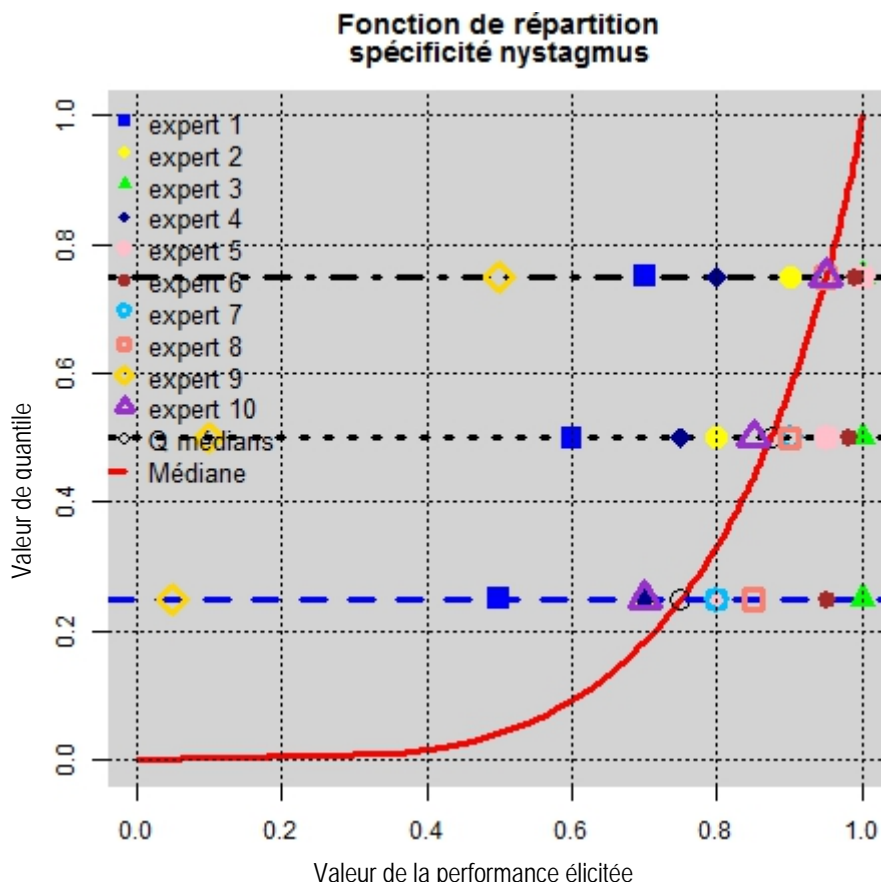
Il y a très peu d'animaux conscients après étourdissement à l'abattoir et ils ne présentent pas systématiquement de nystagmus. C'est un indicateur très précoce (juste après le tir) avec une durée d'expression très limitée puis une fois qu'il a cessé, est généralement confirmé par l'apparition d'un autre indicateur.

Atkinsons *et al* 2013 avaient intégré le nystagmus dans leurs données. Après discussion, le groupe s'accorde sur une médiane autour de 0,2. Toutefois, il ne s'agit pas d'un indicateur qui est recherché à l'abattoir. Plusieurs experts indiquent avoir trop rarement observé cet indicateur pour pouvoir en juger.

Q1_25	Q1_50	Q1_75
0,1	0,2	0,25

Spécificité

Résultat des élicitations individuelles



La valeur médiane des élicitations individuelles est

- Quartile 25 : 0.75
- Quartile 50 : 0.875
- Quartile 75 : 0.95

Résultat de l'élicitation collective

Plusieurs experts ont répondu par raisonnement plus que par observation.

La discussion a porté sur la signification de cet indicateur plus que sur la valeur de sa spécificité.

L'indicateur serait plus présent sur les animaux inconscients que conscients. Les problèmes de retours de conscience sont évoqués et la dynamique temporelle est rappelée pour certains indicateurs.

En pratique que se passe-t-il pour un RPA qui surveille les animaux ? Il est possible de suivre un animal sur la chaîne du box jusqu'à la saignée. Un même indicateur n'aura pas les mêmes valeurs de performances en fonction de l'endroit où se trouve le RPA sur la chaîne.

Le phénomène de nystagmus est si rare qu'il est compliqué d'en estimer des valeurs chiffrées le caractérisant. Il ne s'agit pas en tant que tel d'un indicateur, mais s'il est présent, l'éventualité d'observer un autre indicateur de conscience est à prendre en compte.

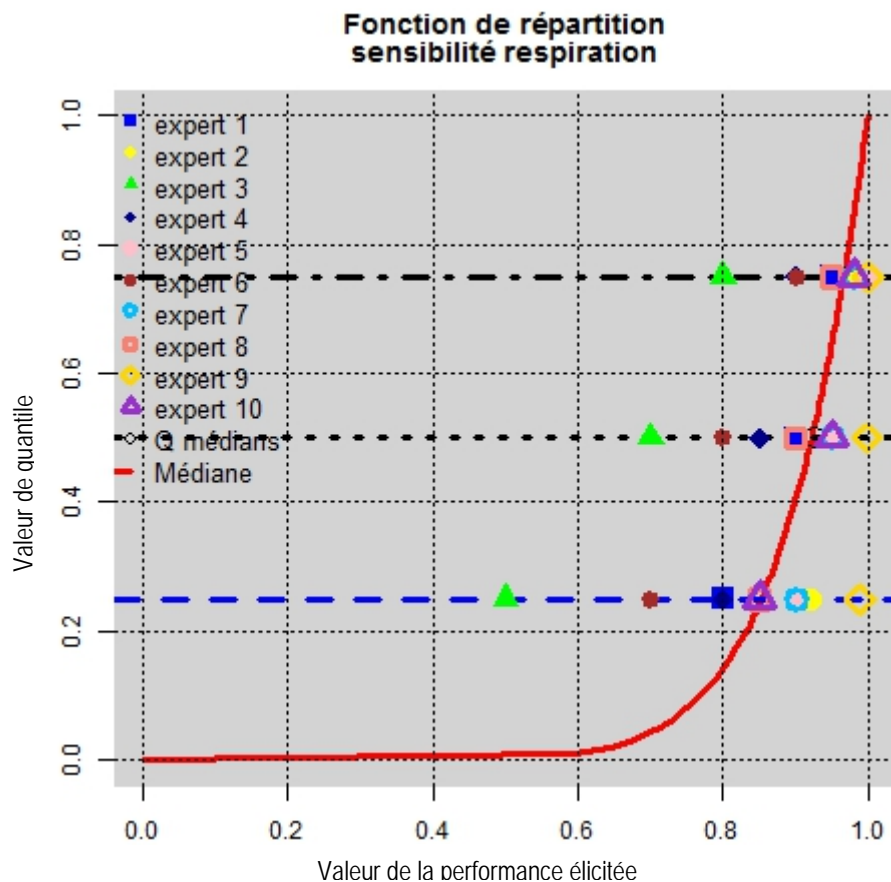
Le retour de conscience correspond à un animal qui, étourdi et donc inconscient, revient à la conscience après un certain délai, il ne s'agit pas de cela ici mais de la prise en compte de la dynamique temporelle de certains indicateurs. Le nystagmus serait un indicateur de doute.

Q1_25	Q1_50	Q1_75
0,95	0,98	0,99

Indicateur 8 : Présence de respiration rythmique

Sensibilité

Résultat des élicitations individuelles



La valeur médiane des élicitations individuelles est

- Quartile 25 : 0.85
- Quartile 50 : 0.925
- Quartile 75 : 0.965

Résultat de l'élicitation collective

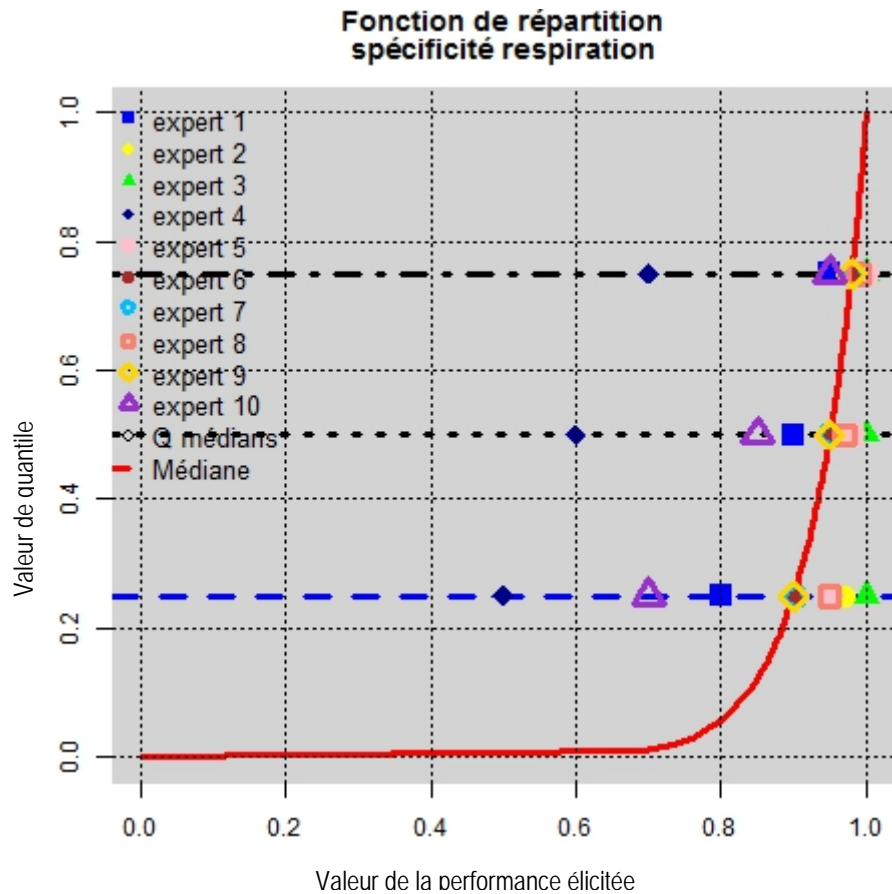
Sur 100 animaux conscients après un premier tir, qui sont ré-étourdis, il est rare d'avoir une respiration rythmique après le premier tir dans le box. On voit beaucoup mieux les mouvements des flancs sur la berce que dans le piège mais la plupart du temps lorsqu'un animal fait l'objet d'une reprise d'étourdissement, cela se passe dans le piège. Les mouvements oculaires constituent un signal d'appel plus fréquent de l'attention de l'observateur. Ce sont donc les conditions d'observation (ne peut être observé que tardivement) qui vont limiter la sensibilité de cet indicateur mais c'est un très bon indicateur du fait que l'animal n'est pas correctement étourdi. Le réflexe cornéen est souvent perturbé par les mouvements des yeux ou l'état de choc de l'animal suite au coup porté pour l'étourdissement ce n'est pas le cas de la respiration.

C'est un indicateur très sensible, la quasi-totalité des animaux conscients respire après étourdissement et souvent c'est le seul indicateur observé. Il n'est pas imaginable de voir un animal cligner des yeux sans respirer. Le seul bémol est qu'il n'est pas facilement observable. Ce qui nous éloigne d'une sensibilité de 1 est donc sa faisabilité, c'est-à-dire les conditions d'observation.

Q1_25	Q1_50	Q1_75
0,9	0,95	0,97

Spécificité

Résultat des élicitations individuelles



La valeur médiane des élicitations individuelles est

- Quartile 25 : 0.9
- Quartile 50 : 0.95
- Quartile 75 : 0.98

Résultat de l'élicitation collective

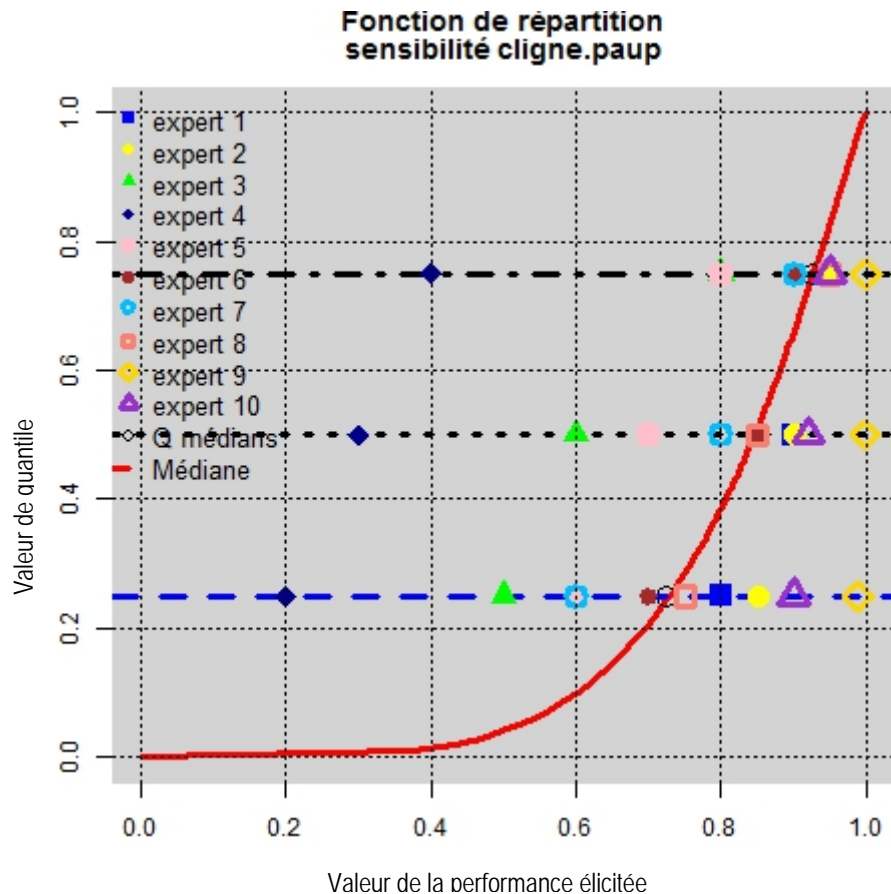
Il est biologiquement possible qu'un animal respire tout en étant inconscient. Les centres bulbaires responsables de la respiration sont les derniers, car les plus profonds, à être atteints par la tige perforante. Il existe des faux-positifs, parmi lesquels il faut compter les éventuels mouvements du fœtus chez les femelles gestantes. Un animal inconscient peut respirer, mais sur le terrain après un premier tir ce n'est que très rarement le cas.

Q1_25	Q1_50	Q1_75
0,9	0,95	0,96

Indicateur 9 : Clignements spontanés des paupières

Sensibilité

Résultat des élicitations individuelles



La valeur médiane des élicitations individuelles est

- Quartile 25 : 0.725
- Quartile 50 : 0.85
- Quartile 75 : 0.925

Résultat de l'élicitation collective

Cet indicateur est souvent observé sur les animaux pour lesquels un doute existe. Les valeurs des autres indicateurs sont étudiées pour comparer. Cet indicateur est de l'avis de tous moins sensible que le réflexe cornéen par exemple. Le clignement spontané des paupières visant à l'hydratation et la protection de la cornée a lieu sur un animal conscient. L'œil s'assèche et les paupières se ferment si le système est fonctionnel. Il faut définir cet indicateur comme **un mouvement de fermeture suivi d'une ouverture complète des deux paupières**. Un expert précise que sous cet indicateur il avait également considéré les mouvements spontanés des yeux, mais ça ne doit pas être le cas.

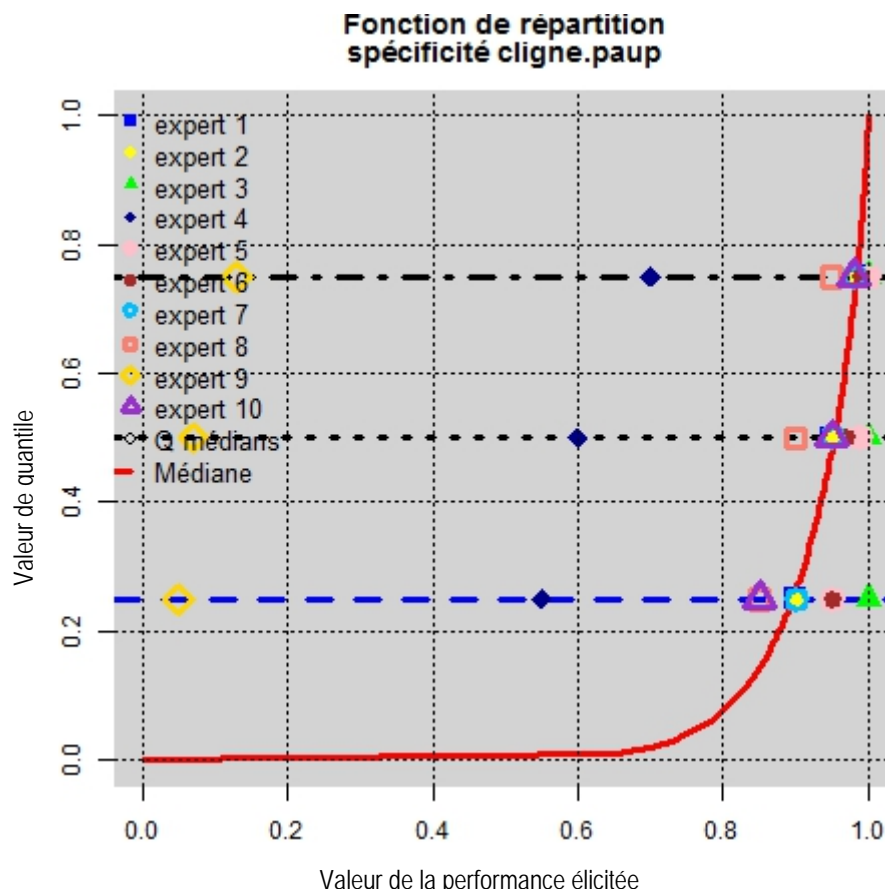
A la suite du tir, la plupart des animaux ont les paupières ouvertes et plus rarement fermées. Le quartile 25 est abaissé de 0,725 à 0,5 car les mouvements de paupières sont rares, plus rares que les mouvements des yeux. Si le Q 75 restait à 0,9 cela signifierait qu'il est possible que cet indicateur soit très fréquent, ce qui est faux.

Un expert se prononce sur le fait que vu les discussions dans le groupe, il n'existe pas d'information sur cet indicateur et les éléments disponibles sont très peu fiables.

Q1_25	Q1_50	Q1_75
0,1	0,4	0,6

Spécificité

Résultat des élicitations individuelles



La valeur médiane des élicitations individuelles est

Quartile 25 : 0.9

Quartile 50 : 0.95

Quartile 75 : 0.985

Résultat de l'élicitation collective

Selon certains, le mouvement de fermeture des paupières est un mouvement « volontaire » qui ne peut pas se réaliser si l'animal est inconscient. Toutefois un article de C. Terlouw fait mention de taureaux qui ne présentent pas de réflexe cornéen mais des clignements de paupières.

Q1_25	Q1_50	Q1_75
0,92	0,96	0,98

Définition finale de l'indicateur clignements spontanés des paupières : mouvement de fermeture suivi d'une ouverture complète des deux paupières.

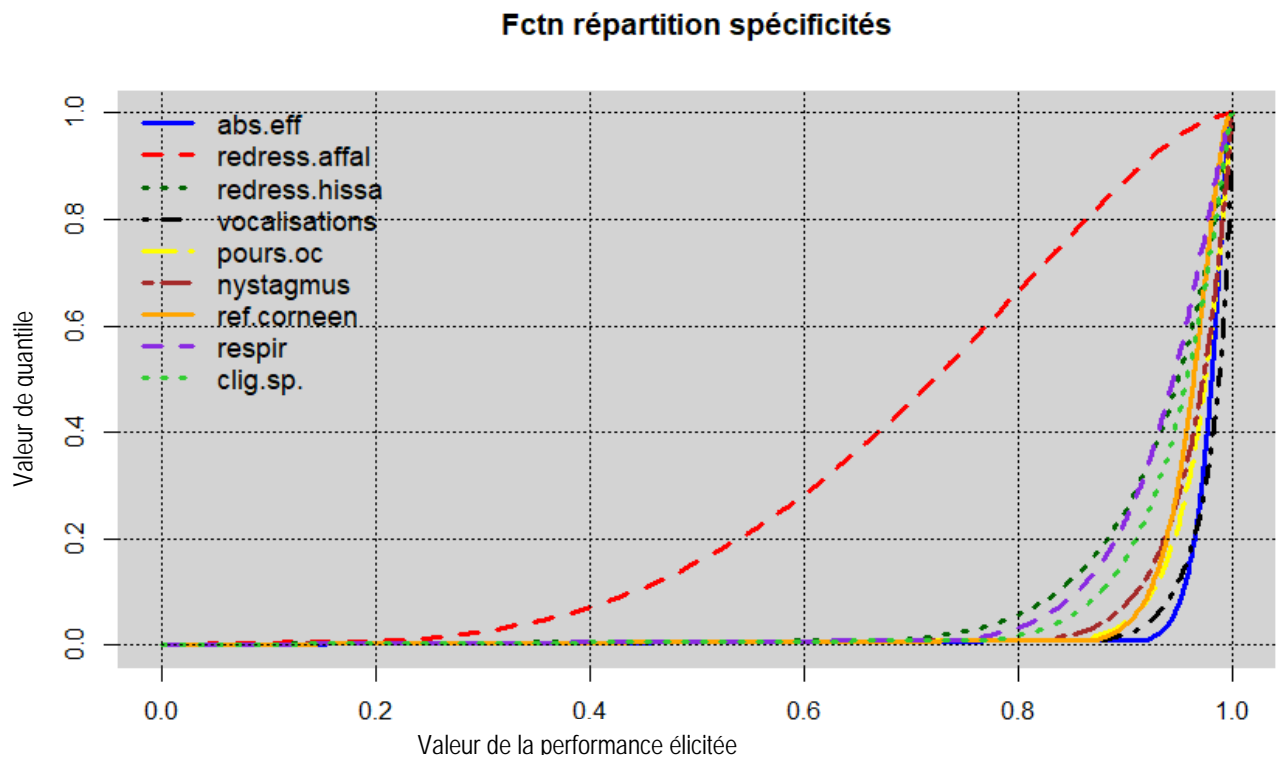
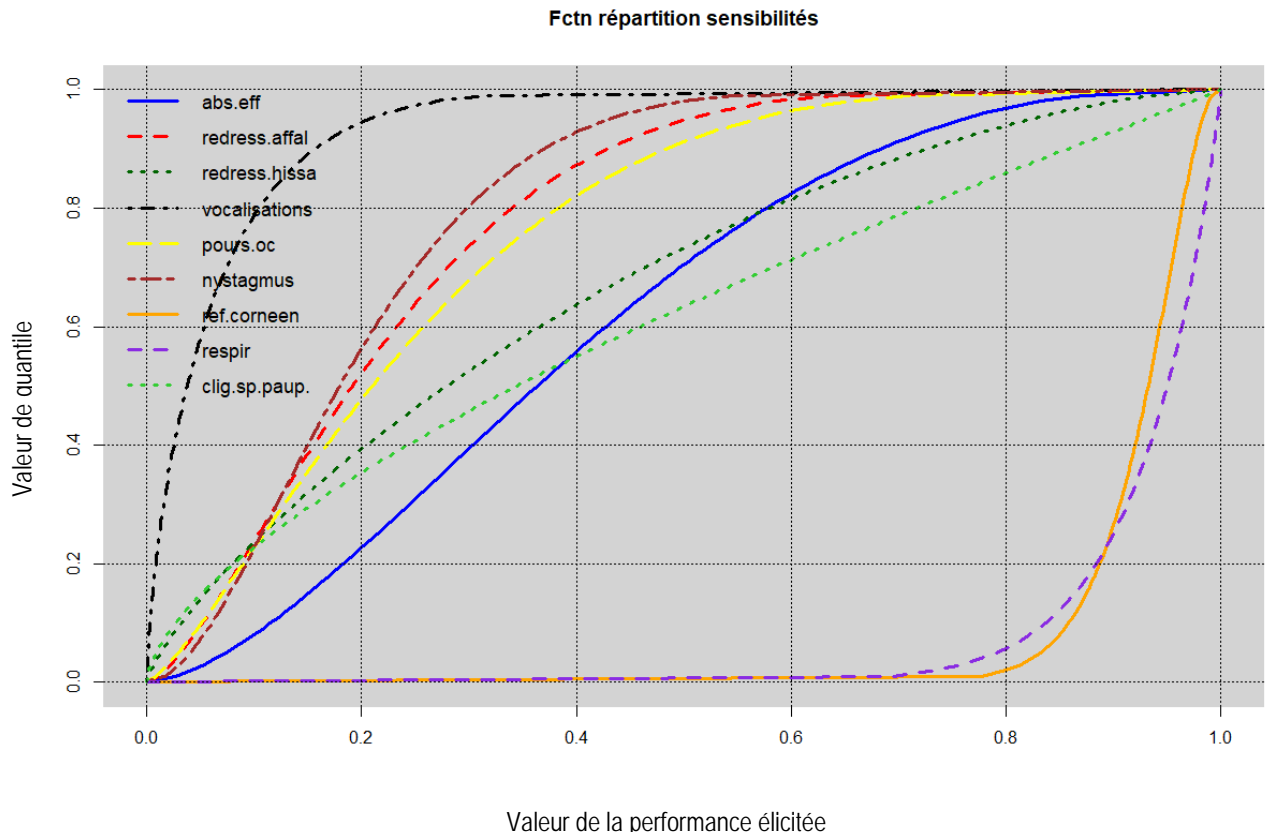
Indicateur 10 : Tonus musculaire de la langue : « Langue non pendante et mouvement de rétractation de la langue suite à la traction »

Si la langue n'est pas pendante au moment de l'observation, les experts doutent du fait que le RPA va aller la chercher pour tirer dessus. T. Grandin utilise l'indicateur « langue pendante » uniquement après hissage de l'animal. Il s'agit alors d'un autre indicateur, uniquement visuel, consistant à regarder si la langue pend ou non. Toutefois, regarder la langue n'a, selon un expert, pas de sens scientifiquement. Si la langue pend cela conforte l'observateur que l'étourdissement est réussi mais si elle ne pend pas, cela ne veut rien dire. Il n'y a dans l'enregistrement des indicateurs aucun test de nociception. Cet indicateur qui fait intervenir la traction pourrait rejoindre la nociception. Gregory et al 2007 n'a pas effectué de traction de la langue pour ses publications. Plusieurs experts se disent gênés par le « et » de la définition. Il y a beaucoup d'autres indicateurs disponibles et évalués, les experts n'ont pas jugé nécessaire de conserver celui-ci compte tenu du trop peu d'informations disponibles.

En conclusion, le tonus musculaire de la langue n'est pas un indicateur à retenir.

Un expert regrette que l'indicateur « mouvements oculaires » n'ait pas été pris en compte.

Synthèse des résultats



Les valeurs de paramètres d'ajustement de la loi bêta ainsi que les résultats de l'ajustement pour les valeurs de l'élicitation collective sont consultables pour chacun des indicateurs dans l'Annexe 7 consacrée à l'élicitation.

Sensibilité

nom indicateur	Q1_25	Q1_50	Q1_75	ALPHA	BETA	Moyenne	Q2,5 %	Q97,5 %	médiane post	Q 0,5 %	99,50 %
absence d'effondrement	0,2	0,4	0,5	1,65244064	2,658	0,383	0,048	0,817	0,364	0,018	0,902
redressement affalage	0,1	0,2	0,3	1,51868389	5,395	0,220	0,020	0,567	0,192	0,007	0,683
redressement hissage	0,1	0,3	0,5	0,77543007	1,556	0,333	0,005	0,886	0,280	0,001	0,959
vocalisations	0,01	0,05	0,07	0,67490599	10,213	0,062	0,000	0,255	0,037	0,000	0,358
poursuite oculaire	0,1	0,25	0,3	1,34270713	4,197	0,242	0,017	0,635	0,210	0,005	0,754
nystagmus	0,1	0,2	0,25	1,98259182	7,923	0,200	0,028	0,484	0,180	0,012	0,587
reflexe cornéen	0,9	0,93	0,96	27,9725336	2,326	0,923	0,807	0,988	0,932	0,755	0,994
respiration	0,9	0,95	0,98	12,2387364	0,929	0,929	0,748	0,998	0,950	0,657	1,000
clignement spontané paupières	0,1	0,4	0,6	0,63042587	0,963	0,396	0,003	0,966	0,345	0,000	0,993

Spécificités

nom indicateur	Q1_25	Q1_50	Q1_75	ALPHA	BETA	Moyenne	Q2,5 %	Q97,5 %	médiane post	Q0,5 %	0,995
absence d'effondrement	0,97	0,98	0,99	75,5846749	1,77466325	0,977	0,934	0,998	0,981	0,912	0,999
redressement affalage	0,6	0,7	0,85	3,82282695	1,66146714	0,697	0,298	0,965	0,722	0,192	0,987
redressement hissage	0,9	0,95	0,98	12,2387364	0,92884189	0,929	0,748	0,998	0,950	0,657	1,000
vocalisations	0,975	0,985	0,997	29,5364754	0,6425344	0,979	0,907	1,000	0,988	0,862	1,000
poursuite oculaire	0,96	0,97	0,99	32,4265407	1,12597197	0,966	0,886	0,999	0,975	0,842	1,000
nystagmus	0,95	0,97	0,99	23,9433723	0,95805993	0,962	0,860	0,999	0,973	0,805	1,000
reflexe cornéen	0,95	0,96	0,98	51,9152525	2,23029384	0,959	0,893	0,994	0,964	0,861	0,997
respiration	0,9	0,95	0,97	18,3842774	1,35890764	0,931	0,789	0,996	0,945	0,719	0,999
clignement spontané paupières	0,92	0,96	0,98	19,4435287	1,14583408	0,944	0,815	0,998	0,958	0,749	0,999

Pertinence et limites de l'établissement des performances des indicateurs

Un questionnaire a été proposé aux experts élicités, afin qu'ils évaluent la qualité du travail réalisé :

- globalement, la méthode utilisée a été évaluée positivement par le groupe d'experts, notamment la journée de formation, première journée d'élicitation, délivrée sur le site de l'Anses et la méthode d'élicitation individuelle à distance. Le temps passé sur les définitions des indicateurs durant la journée de formation leur a toutefois paru trop court *a posteriori*. L'organisation d'une élicitation individuelle à distance, avec un bilan individuel effectué par téléphone a permis d'améliorer la rapidité et la qualité de l'élicitation collective ;
- les valeurs qu'ils ont participé à établir apparaissent exploitables en vue d'un futur plan d'échantillonnage appliqué aux abattoirs pour sept experts sur les neuf.

Certaines remarques recueillies durant le processus d'élicitation limitent l'extrapolation éventuelle des résultats :

- l'élicitation se place dans un contexte français d'abattage des bovins de plus de 8 mois pour des indicateurs observés entre le poste d'étourdissement et la fin de la saignée, avec étourdissement mécanique. Tout élément modifiant ce contexte est susceptible de modifier les résultats de l'élicitation ;
- pour les deux élicitations, certains experts regrettent de ne pas avoir considéré des indicateurs d'inconscience (par exemple, absence de réflexe cornéen) plutôt que des indicateurs de conscience ;
- des experts soulignent l'intérêt qu'il y aurait eu à intégrer le temps de saignée dans le contexte de l'élicitation, certains animaux peuvent en effet reprendre conscience entre le début et la fin de la saignée ce qui signale aussi un échec de l'étourdissement.

Les performances des indicateurs peuvent aussi dépendre du lieu d'observation du RPA entre le poste d'étourdissement et celui de la saignée, notamment en cas de ré-étourdissement par l'opérateur. Les performances des indicateurs ont été évaluées à l'endroit où ils étaient les plus pertinents (par exemple l'indicateur « absence d'effondrement" n'est pas pertinent en début de hissage). Les résultats de l'élicitation sont exploités dans la partie décrivant le protocole d'échantillonnage.

Annexe 8 : Réponses des points focaux de l'EFSA à la demande adressée par la France *via* le point focal français

Pays	Plan de contrôle décrit dans la réponse
Lituanie	Chaque abattoir prépare ses procédures"
Slovaquie	Each slaughterhouse has a drawn up Monitoring document to control the efficiency of stunning. It is set to determine the number of animals in representative sample that will be monitored. Each slaughterhouse inspects minimum 20 % of the total number of killed animals in 1 day regardless of the species and the method used. The frequency of the inspections is determined by each operator himself based on the maximum number of animals killed in 1 hour for each line. Each operator is obliged to keep the records of stunning efficiency inspection, in which the total number of killed animals on slaughterhouse in a given day has to be listed.
Hongrie	There is no statistical information available about the exact procedures and calculations at central level. However, according to experience gained during audits, the efficiency of stunning is usually checked by the corneal reflex test
Belgique	There is no official sampling procedure in Belgium. Each slaughterhouse must establish animal welfare monitoring procedures themselves. So there are different sampling procedure for each slaughterhouse at the time of slaughter. There is no existing common directives at the moment.
Chypre	In relation to your request, I would like to inform you that there are no sampling procedures for animal protection at the time of killing are applied in slaughterhouses in Cyprus.
République Tchèque	General guidance document regarding animal protection at the time of killing has been issued by the Ministry of Agriculture of the Czech Republic. This guide has been elaborated based on the requirements of Regulation (EC) 1099/2009, the national Act No. 246/1992 Coll., on animal protection and the national Regulation No. 418/2012 Coll., on animal protection at the time of killing. Based on that, every single slaughterhouse operator has to elaborate own standard operation procedures for the process of killing and relating actions carried out in the space where animals are being killed. It means, that the particular requirements are set on the level of single slaughterhouse and are not available to us.
Grèce	<p>Sampling procedures are applied in rather few slaughterhouses in the country. A number of slaughterhouses are in the process of establishing such procedures, however the exact number and time-schedule of this effort is currently unavailable.</p> <p>The slaughterhouses that have sampling procedures do not use EFSA's tool. A good practice guide for the protection of animals during slaughter (compiled by the Region of Central Macedonia and referred to by the Ministry of Rural Development and Food) is available to slaughterhouses. The guide has a chapter for the monitoring of animal stunning making reference to tables for the verification of successful stunning (per animal species and stunning method) but does not propose specific sampling plans with indication of the sample size(s).</p>
Italie	Sampling procedures for animal protection at the time of killing are currently applied in Italian slaughterhouses. The procedures (i.e. number of animals, frequencies, for each species and each stunning method) are not standardized and vary according to the different slaughterhouses. Each

	<p>slaughterhouse has to decide the sample size depending on the number of animals slaughtered and the results of previous controls.</p> <p>The sampling procedures are developed independently by Animal Welfare Officers following customized methodologies developed independently by each slaughter plant and usually not using the EFSA protocol/tool or other specific protocols.</p>				
Danemark	<p>The sample size is calculated individually. Some slaughterhouses use EFSA's protocol.</p> <p>Calculation of sample size as well as the parameters used for control of effect of stunning vary between slaughterhouses. Please see the attached table with examples.</p>				
	Slaughterhouse	Number of slaughter animals per year (2016)	Stunning method	Is the EFSA protocol used	Sample size
	Beef slaughterhouse	210 022	Captive bolt (penetrating and non-penetrating)	No	This slaughterhouse performs 100 % control of stunning and killing. The animals are stunned one by one and the effect of stunning is controlled at stunning and bleeding for each animal. Every animal is observed for absence of signs of life during bleeding operation. Once every month through the own-check system it is controlled on a sample of 25 animals that the written procedures are followed by the operators.
	Pork slaughterhouse	1.910.972	CO ₂ stunning	Yes	The EFSA protocol is used. The sample size is 59 animals pr. day
	Beef slaughterhouse	38.224	Non-penetrating captive bolt	No	The efficiency of the stunning is controlled four times daily, each time on five animals.
	Pork slaughterhouse	4.699.684	CO ₂ stunning	No	20 slaughterpigs on each line daily. The sample size is based on many years of experience. This plant makes control on 100 % of the animals during and after bleeding (this is not documented however)
	Sow slaughterhouse	282.265	CO ₂ stunning	No	10 sows on each line daily. The sample size is based on many years of experience. This plant makes control on 100 % of the animals during

					and after bleeding (this is not documented however)
	Poultry slaughterhouse	6.672.396	Electrical waterbath	No	80 chickens x 3 checks pr house i.e. totally 240 chickens pr house
	Pork slaughterhouse (swine and sows)	143.180	CO ₂ stunning	No	1 % of the slaughtered animals are checked, daily
	Slaughterhouse slaughtering swine, sow, cattle and sheep	132 sheep 486 cattle 108 174 swine	Sheep – electrical Cattle – penetrating captive bolt Swine - CO ₂ stunning	No	Swine: 8 pr. hour Cattle and sheep: 1 out of 10 animals
Croatie	According to information's that we received from competent authority effective stunning is carried out on regular basis. We don't have information that someone developed a specific method for procedures (for example, proposed by EFSA).				
Pologne	Absence de réponse à la demande de publication des éléments communiqués par le point focal polonais				
Lettonie	We have not such system in slaughterhouses. For that purpose slaughterhouses used a Handbook - Guide of Good Practice, developed by Meat Manufacturers Association and Scientists.				
Slovénie	<p>No official sampling procedures for monitoring the effectiveness of stunning are in place in Slovenia. The FBO's are responsible to develop their own SOP (Standard Operating Procedures) in which the sampling procedures must be described in details according to animal species and method of stunning used. The CA perform regular monitoring of the effectiveness of the FBO's own checks. Each FBO has its own procedures developed within their SOPs. Official veterinarian who performs audits of these procedures have to be ensured that they are compliant with legal requirements, are effective and suitable to ensure that the animals are adequately stunned. FBO's sampling procedures were developed on the basis of the existing knowledge, training of the FBO's staff, in particular the AWOs and the extent to which the official veterinarians in the slaughterhouses were satisfied with the effectiveness of such procedures to ensure effective stunning.</p> <p>At the moment, we are assessing the possibilities for using of the EFSA protocol. We would be grateful if you would be able to share any valuable information collected as a result of the work of your "Sampling protocol" Working group.</p>				
Estonie	<ol style="list-style-type: none"> 1. For standard procedures, the Veterinary and Food Board central office has composed a guideline document for what the procedures have to include. 2. Each slaughterhouse has composed a procedure, which depends on the size and breed of the animal and specifics of the work. This is done in co-ordination with the specialist of the county. 3. Effectiveness of stunning and arrival of death before the next procedures are controlled (by person responsible for animal welfare). 4. There are differences between small and big slaughterhouses. In small slaughterhouses every animal is checked. In big slaughterhouses, some animals are controlled at the beginning of the day (5- 10) and then during the day with agreed frequency. 				

	<p>5. With poultry, the indication of electric device for stunning is fixed once per hour (45 000- 50 000 birds per day).</p> <p>6. There are available backup stunning devices for stunning of animals and in case of failure they have to be used.</p> <p>7. To assess the effectiveness of the methods, no concrete document is used as a guidance (except the parameters in regulation 1099/2009 appendixes). Instead we rely on animal welfare specialist of the county and on their best knowledge and comprehension taking local conditions into consideration.</p>
Espagne	Absence de réponse à la demande de publication des éléments communiqués par le point focal espagnol
Luxembourg	I didn't get any responses to your request. One of the LU slaughterhouses applies its sampling procedures for animal protection at the time of killing according to the guidelines of QS (see Attachment in German), which is per day done for 1% by the Animal Welfare Officer and for 100% by the Operator.
Irlande	<p>Cattle: (Captive Bolt) Monitoring is completed twice a day by the abattoir production manager. Each time 5 animals are checked for corneal reflex, breathing, eye movement and vocalization</p> <p>Pigs (Carbon dioxide @90 % concentration)</p> <p>20 pigs AM and PM</p> <p>Indicators: Corneal reflex, recumbency, no rhythmic breathing</p> <p>Sheep (Head only electrical):</p> <p>50 animals are assessed on a daily basis to ensure the stunning equipment is applied correctly and for the duration set out in the SOP</p> <p>Indicators: Collapse, tonic contractions, no rhythmic breathing</p> <p>Poultry (Water bath stunner)</p> <p>100 birds checked every load (5,000-8000 birds per load) by QC staff approx 1-2 % check(One load killed per hour).</p> <p>In reality monitoring is continuous as operative is checking if birds are stunned and all necks are cut before entering bleeding bath. The floor supervisor is checking quality of stunning during each load/batch as well as adjusting stun bath amp levels, height of water bath and height of neck cutting blade to suit bird size</p> <p>Indicators: : neck arched with head directed vertically, open eyes, wings held close to the body, constant body tremors, no rhythmic breathing for at least 20 secs after bleeding</p> <p>Could you also indicate how these procedures were developed and if they follow a specific methodology (i.e. EFSA protocol/tool or specific protocol).</p> <p>Pigs</p> <p>(1) CO2 stunning of pigs for slaughter Practical guidelines for good animal welfare by Steffen Holst</p> <p>Cattle:</p> <p>One FBO is using the EFSA Opinion</p> <p>Most of the others were designed by AWOs based on reading literature.</p>
Allemagne	Art. 16 also requires that all business operators put in place and apply a specific, separate, written monitoring procedure for each slaughter line with regard to stunning checks. These checks are to be

carried out on a statistically representative random sample of the animals. The purpose of these random sample checks is to reveal any technical or other defects in the system so that shortcomings in normal operations which are not obvious can be identified. This is a more extensive and intensive check with a representative number of animals whereby in addition to the visual check, consciousness and sensibility are tested by means of eye reflexes and the application of pain stimuli. The random check is conducted by a person appointed by the business operator who must have certified evidence of the necessary competence and qualifications (can be the animal welfare officer, for example).

Re frequency of checks:

The outcome of previous checks and any factors which may affect the efficiency of the stunning process are to be taken into account when establishing the representative random sample (Art. 5 Para. 1). According to Art. 16 Para. 4, the frequency of the checks depends on the most important risk factors, such as changes regarding the types and size of animals and work patterns.

Other risk factors could be:

- Structural alterations to herding, restraining or stunning equipment
- Technical changes during restraint (e.g. other pressures)
- Technical changes in the stunning process (e.g. other ammunition, other electrical current parameters or other gas concentrations. Changes to program settings, recommissioning after repair or a change of equipment should always be included within the scope of the checks)
- Organizational changes in herding, restraining or stunning
- Deployment of new personnel (the substitution of every person entrusted with tasks requiring a certificate of competence must always be included within the scope of the checks)
- Bleeding procedure without control options (e.g. hollow knives) and small quantity of surge blood (cut in the neck instead of the thorax)
- Electrical stunning: head-only electrical stunning without cardiac arrest stunning
- Longer time interval between stunning and bleeding cut
- Shorter time interval until further slaughter work begins
- Increased occurrence of multiple stunning
- Special origin of the animals (e.g. timid pasture animals as opposed to animals kept in sheds; other breeds than normal, above all when certain groups are only slaughtered in small numbers (e.g. breeding sows, horses))
- Conspicuous behaviour of the animals (e.g. exhaustion, overheating, excitement)
- Animals of a conspicuously different size than normal
- etc.

The more intensive checks must be made every working day in all cases. The daily random sample size should be in relation to the hourly slaughtering capacity and must be determined in the Standard Operation Procedures (SOP) according to Art. 6 of the Regulation (EC) No. 1099/2009.

Benchmark values:

In the red meat sector (cattle and pigs), 10 % of the hourly capacity but no fewer than 20 animals spread over the working day. In businesses where only a few animals are slaughtered every week (non-industrial slaughtering businesses), intensive checks are recommended with every animal.

In the poultry sector, (electric water bath and gas stunning), at least 30 minutes at the conveyor and for comprehensive reflex testing, removal of individual animals if necessary, spread over different slaughter flocks. With manual stunning, each animal should be subjected to more intensive checks due to the high risk factor.

The scope of random sampling has to be increased if new or additional risk factors occur. Flexible handling makes good sense in the event of unforeseen occurrences (e.g. unusual behaviour patterns in the slaughter herd/flock, unclarified technical problems) and should be planned for in the corresponding standard work instructions. In the event of the occurrence of multiple stunning defects (established during routine checks), the scope of random sampling should be increased significantly initially (a minimum number of animals in relation to the hourly slaughter capacity is recommended) and can then be reduced again (after the defects have been rectified). When integrating technical control processes (e.g. automatic bleeding quantity control, automatic pain stimulus testing, video system to monitor bleeding), a reduction of the random sample quantity is possible, but they do not constitute a substitute for direct testing on the animal.

Conducting of stunning control monitoring by the slaughter business:

The monitoring procedure must contain precise descriptions of when and how checks are to be made and documented by in-house personnel. Each of the measures to be taken in the event of improper stunning must be stipulated in the SOP. The monitoring procedure for the stunning checks must cover a check of the depth and duration of stunning on the one hand and the assessment of the recordings of the stunning equipment on the other. In addition to this, when a captive bolt pistol is used, a check of the correct positioning and shape of the penetration hole in the skull (after skinning) can be included in the monitoring procedure and similarly, the correct position of the electrical current marks on the animal carcass after scalding with the electric stunning of pigs. The checks on the animal must be made at different stations. These are usually:

1. The place of stunning
2. At the ejector or when leaving the stunning system
3. When making the cut
4. Along the course of the bleeding rail (approx. one minute after stunning)
5. Prior to the start of other slaughtering tasks and/or before commencement of scalding

The checks are made on the basis of indicators which have to be determined for each of the assessment criteria. Several indicators must always be used to assess consciousness and sensibility. These should be selected or determined specifically, depending on the stunning method and time of the check. As a fundamental principle, all of the indicator areas listed in the annexes of the manual must be contained; there must be a plausible justification for omitting certain areas. **The areas involved here are the eyes, respiratory organs and locomotor system. Pain stimulus in the nasal septum** has to be added for the electrical stunning of pigs and captive bolt stunning of cattle.

Samples for determining the indicators and assessment criteria as specified by Art. 16 Para. 2 Letters b and c (example):

see Annex 1: Standard for evaluating electric stunning with pigs

The following should be included as indicators for poultry:

- Extent of destruction of the skull and brain (captive bolt stunning and percussive blow to the head)
- Breathing
- Eyes (pupil, nictitating membrane and corneal reflex, opening condition)
- Wing beats/locomotor system
- Muscle tone at the neck and beak
- Muscle tone at the wings and legs (electric stunning)

The tried and tested procedure for the electrical stunning of pigs is given here as an example for the monitoring of the efficiency of stunning within the scope of the guides to good practice referred to in Art. 13 of the Regulation by the business operator:

see Annex 2: Good practice - Description, control criteria (frequency), thresholds where applicable
- Measures with noncompliance

The "Checklist for controlling the in-house monitoring process in line with Art. 16" (following page) which is enclosed as in the manual as Appendix B.1. is used for official validation of in-house monitoring; see Annex 3: Checklist for controlling the in-house monitoring process in line with Art. 16 (stunning Checks)

Annexe 9 : Éléments révisés du rapport du 29/07/2020

Au chapitre 7.1.1 Taille de la population d'échantillonnage et de l'échantillon

« Le nombre d'individus à échantillonner pour estimer un taux de prévalence (T0) dépend : »

La mention « de la taille de la population d'échantillonnage » a été supprimée à chacune de ses occurrences conformément à la formule mathématique utilisée pour calculer la taille de l'échantillon dans le cadre de l'estimation d'un taux de prévalence (voir Annexe 3 du présent rapport).



anses

CONNAÎTRE, ÉVALUER, PROTÉGER

AGENCE NATIONALE DE SÉCURITÉ SANITAIRE
de l'alimentation, de l'environnement et du travail

14 rue Pierre et Marie Curie 94701 Maisons-Alfort Cedex
Tél : 01 42 76 40 40
www.anses.fr — @Anses_fr